

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



ELABORACIÓN DEL EXPEDIENTE TÉCNICO DEL PUENTE
LAQUIPAMPA, DISTRITO DE INCAHUASI, PROVINCIA DE FERREÑAFE,
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

AUTOR
JOSEPH MANUEL TIPACTI REQUEJO

ASESOR
ING. GUILLERMO CARRANZA CIEZA

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A mi madre, con amor y gratitud. Por que siempre fuiste y serás, guía y aliciente para mi ser.

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es la elaboración del expediente técnico del puente Laquipampa ubicado en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. Este estudio nació con la necesidad de más de 16000 personas, que conforman parte de los 79 caseríos que se ubican desde Laquipampa hasta Incahuasi, de poder conectarse con el resto del departamento ya que dicha conexión se interrumpió por la caída del puente Laquipampa el pasado fenómeno del niño del 2017. Por ello se diseñó un puente de un solo tramo de 68 metros de luz, compuesto por un reticulado en la superestructura y estribos en la infraestructura. El presupuesto se elaboró en base a precios actualizados a la fecha. Debido a que la zona de estudio está rodeada por zonas ecológicamente intangibles, por protección a la flora y fauna de la región, se elaboró la evaluación de impacto ambiental. Para el diseño, se han seguido los lineamientos establecidos por el Manual de Diseño de Puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

PALABRAS CLAVE: Puente, diseño estructural, expediente técnico.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is the elaboration of the Laquipampa's bridge technical report. Wich is located in the district of Incahuasi, province of Ferreñafe, department of Lambayeque. This study starts with the need of more than 16 000 people, who are part of the 70 hamlets that are located from Laquipampa to Incahuasi, to be able to interact with the rest of the department, due to the connection was interrupted by the fall of the Laquipampa's bridge in the past Child's phenomenon in 2017. Therefore, a single span bridge of 68 meters distance was designed, conformed by a truss as a superstructure and stirrups in the infrastructure. The budget was prepared based on prices updated to date. The enviromental impact study was developed because the study area is surrounded by ecologically intangible areas that are destined for protection of region's flora and fauna. For the design, the guidelines established by the Bridge Design Manual of the Ministry of Transportation and Communications (MTC) and the American Association of State Highway and Transportation Officers (AASHTO) have been followed.

KEYWORDS: Bridge, structural design, technical report.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
ANTECEDENTES DEL PROYECTO	4
BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
METODOLOGÍA	7
3.2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO	7
2.1.2 ESTUDIOS DE SUELOS	8
2.1.3 ESTUDIOS GEOELÉCTRICOS	12
2.1.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO	13
2.1.5 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	21
2.1.6 ESTUDIO HIDRÁULICO	22
2.1.7 ESTUDIOS DE TRÁNSITO Y PARÁMETRO DE DISEÑO VIAL	30
2.1.8 DEFENSA RIBEREÑA	34
2.1.9 DISEÑO ESTRUCTURAL	37
IV. RESULTADOS	49
ESTUDIO TOPOGRÁFICO	49
ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	50
3.1.1 ESTUDIO HIDROLÓGICOS	50
3.1.2 ESTUDIO HIDRÁULICO	68
MECÁNICA DE SUELOS	72
4.3.2 ESTUDIOS GEOLÉCTRICOS	78
DISEÑO VIAL	83
3.1.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO	83
ESTRUCTURAS	84
3.1.4 SUPERESTRUCTURA	84
3.1.5 INFRAESTRUCTURA	213
OBRAS DE PROTECCIÓN	269
3.1.6 DEFENSA RIBEÑERA	271
4.8 DISCUSIÓN Y DEBATE	279
V. CONCLUSIONES	281
VI. RECOMENDACIONES	283
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	285
VIII. ANEXOS	287
ANEXO 01: METRADOS	287
ANEXO 02: COSTOS Y PRESUPUESTOS	324
ANEXO 02.1: ADICIONALES	354
ANEXO 03 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	356
ANEXO 03.1: OBRAS PRELIMINARES	356
ANEXO 03.2: ESTRIBOS	374
ANEXO 03.3: SUPERESTRUCTURA	423
ANEXO 03.4: SUPERFICIE DE DESGASTE	431
ANEXO 03.5: VARIOS	442
ANEXO 03.6: OBRAS DE ARTE	455
ANEXO 04: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	464
ANEXO 05: DOCUMENTACIÓN	491
ANEXO 06: CUADROS	498
ANEXO 07: GRÁFICOS	506

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Detalle de etiquetas durante el levantamiento topográfico.....	8
Figura 2: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC)	14
Figura 3: Valores máximos recomendados de riesgo admisible en obras de drenaje (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC)	14
Figura 4: Periodo de retorno en función de la zona a proteger	15
Figura 5: Periodo de retorno en función de la zona a proteger	15
Figura 6: Portada programa River	18
Figura 7: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía [27]	31
Figura 8: Longitudes de tramos en tangente [27].....	31
Figura 9: Pendientes máximas [27].....	32
Figura 10: Anchos mínimos de calzada en tangente [27]	34
Figura 11: Tipología de muros flexibles [28].....	35
Figura 12: Esquema general de un muro criba [28]	36
Figura 13: Vista longitudinal de la superestructura del puente	47
Figura 14: Sección transversal del puente.....	48
Figura 15: Vista de planta y perfil longitudinal de la zona de trabajo	50
Figura 16: River - Método Estadístico – Método de Gumbel.....	52
Figura 17: River - Método Estadístico - Log. Normal	52
Figura 18: River - Método Estadístico - Pearson III	53
Figura 19: River - Resumen - Precipitación Máxima	53
Figura 20: River - Método Estadístico - Log. Normal	54
Figura 21: River - Método Estadístico - Pearson III	54
Figura 22: River - Método Estadístico – Método de Gumbel	55
Figura 23: River - Resumen - Precipitación Máxima	55
Figura 24: River - Método Estadístico - Log. Normal	56
Figura 25: River - Método Estadístico – Método de Gumbel	56
Figura 26: River - Método Estadístico - Pearson III	57
Figura 27: River - Resumen - Precipitación Máxima	57
Figura 28: Cuenca Laquipampa	58
Figura 29: Cuenca Laquipampa, Equidistancia Curvas de Nivel cada 50m	58
Figura 30: Orden de la Red Hídrica (total = 5)	59
Figura 31: Isoyetas - Cuenca Laquipampa (T=275 años)	60
Figura 32: Isoyetas - Cuenca Laquipampa (T=500 años)	61
Figura 33: Vista en planta secciones transversales HEC-RAS	68
Figura 34: Sección Transversal 0+240 con niveles de agua para el caudal de diseño	69
Figura 35: Perspectiva del modelo hidráulico del río (HEC-RAS).....	69
Figura 36: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída del eje del río ..	73
Figura 37: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída del estribo derecho	74
Figura 38: Resultados del ensayo de densidad específica aplicado en todas las muestras	76
Figura 39: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del eje del río	77
Figura 40: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del estribo derecho	77
Figura 41: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del estribo izquierdo.....	78
Figura 42: Perfil litológico del terreno en la zona del estribo izquierdo.....	81
Figura 43: Perfil litológico del terreno en la zona del estribo derecho	82

Figura 44: Diagrama comparativo del IMDA	84
Figura 45: Regla de la palanca, caso con 01 carril cargado (Fuente: Propia)	89
Figura 46: Regla de la palanca, caso con 02 carriles cargados (Fuente: Propia)	89
Figura 47: Vista en elevación de la geometría de la aleta	228
Figura 48: Perspectiva extruida de la geometría de la aleta	228
Figura 49: Modelo de bielas y tirantes planteado para la distribución de fuerzas en el tope sísmico producto de la carga de impacto	252
Figura 50: Primer modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada.....	253
Figura 51: Segundo modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada.....	254
Figura 52: Tercer modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada.....	254
Figura 53: Modelo matemático de la viga transversal en el punto de unión con los topes metálicos.....	261
Figura 54: Sección transversal de la losa de tablero	262
Figura 55: Perspectiva del borde de la losa de tablero en su unión con la vereda	267
Figura 56: Resumen de armados en la vereda de la losa de tablero.....	269
Figura 57: Tablas de tipo suelo y su clasificación según el tamaño de partículas [17]	270
Figura 58: Profundidad teórica de socavación	271
Figura 59: Cálculo del tirante hidráulico.....	271
Figura 60: Cálculo de la velocidad media de la corriente	272
Figura 61: Cálculo del número de Froude.....	272
Figura 62: Cálculo de la altura del dique	272
Figura 63: Cálculo de la profundidad de la uña para la defensa ribereña	273
Figura 64: Esquema de composición de la defensa ribereña	273
Figura 65: Verificación de la estabilidad del terraplén	274
Figura 66: Estimación de la probabilidad de falla por movimiento de la roca	275
Figura 67: Verificación de la estabilidad del revestimiento del enrocado	276
Figura 68: Cálculo del diámetro de la roca según la teoría de Lopardo [30].....	276
Figura 69: Cálculo del diámetro de la roca según la teoría de Maynard [31].....	277
Figura 70: Cálculo del diámetro de la roca según la California División of Highway	277
Figura 71: Detalles de taludes de excavación y estabilización en fase constructiva.....	278
Figura 72: Ubicación distrito de Incahuasi	466
Figura 73: Vista satelital de la ruta Ferreñafe – Laquipampa	466
Figura 74: Lista de caseríos del distrito de Incahuasi	467
Figura 75: Determinación de factores ambientales	472

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Profundidad y número de puntos de exploración mínimos para cimentación de estructuras superficiales [17].....	9
Tabla 2: Profundidad y número de puntos de exploración mínimos para cimentación de estructuras profundas [17].....	10
Tabla 3: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n [25].....	23
Tabla 4: Factor de amplificación dinámica [16]	40
Tabla 5: Rangos de temperatura de acuerdo al material base (°C) [17].....	41
Tabla 6: Temperatura para definición de gradientes (°C) [17]	42
Tabla 7: Altura adicional equivalente para sobrecarga vehicular [16].....	43
Tabla 8: Factores de amplificación para cargas permanentes [16]	46
Tabla 9: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito	48
Tabla 10: Resumen de datos de precipitaciones máximas mensuales en estaciones meteorológicas (Fuente: SENAMHI).....	51
Tabla 11: Resumen de isoyetas para el cálculo de la intensidad de precipitación para T=250 años.....	60
Tabla 12: Resumen de isoyetas para el cálculo de la intensidad de precipitación para T= 500 años.....	61
Tabla 13: Resumen de áreas y tirantes inundados en cada sección transversal del eje del río evaluada para un caudal máximo con T=275 años.	70
Tabla 14: Cálculo del ancho estable de la sección del cauce	70
Tabla 15: Cálculo del tirante hidráulico	71
Tabla 16: Cálculo de la profundidad de socavación	72
Tabla 17: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída en el estribo izquierdo.....	75
Tabla 18: Recolección de datos del estribo izquierdo (Coordenadas 17M 0672056 / UTM 9300087).....	78
Tabla 19: Recolección de datos del estribo derecho (Coordenadas 17M 0672056 / UTM 9300087).....	79
Tabla 20: Resistividad eléctrica del suelo en el estribo izquierdo	80
Tabla 21: Resistividad eléctrica del suelo en el estribo derecho.....	80
Tabla 22: Resultados del conteo de tráfico durante una semana.....	83
Tabla 23: Resultados del cálculo del IMDA	83
Tabla 24: Tráfico actual por tipo de vehículo	83
Tabla 25: IMDA actual e IMDA con proyección para la carretera de Laquipampa.....	83
Tabla 26: Cargas muertas consideradas en el análisis estructural.....	84
Tabla 27: Resumen de fuerzas actuantes en las barras del reticulado para la combinación de Resistencia I	87
Tabla 28: Resumen de fuerzas actuantes en las barras del reticulado para la combinación de Servicio II.....	88
Tabla 29: Valores del factor de sitio para el rango de largo plazo del espectro de aceleración	123
Tabla 30: Valores del factor de sitio con periodo de 0seg en el espectro de aceleración	123
Tabla 31: Resumen de armados en losa de tablero	267

I. INTRODUCCIÓN

Según Meruvia [1] el arte de construir puentes remonta su origen a épocas prehistóricas. Puede decirse que nace cuando un día vino a la mente del hombre prehistórico la idea de derribar un árbol en forma que, al caer, conectara los extremos de la ribera de una corriente sobre la que se deseaba establecer un vado.

En la actualidad, según García, Ospina y Graciano [2] las vías terrestres son vitales para el desarrollo comercial y económico de una región. La falla de un puente en un proyecto vial genera parálisis en el tráfico de bienes en su superficie, esto ocasiona cuantiosas e incalculables pérdidas mientras se logran restablecer las condiciones originales.

Según [3], en el tercer trimestre del 2016 el departamento de Lambayeque creció 2.4% económicamente. Este resultado se explica por el aumento del empleo y el continuo crecimiento del sector construcción siendo fundamental la infraestructura vial y de puentes como enlaces que conectan las poblaciones y hacen posible la interacción entre las mismas en todos sus aspectos (salud, comercio, transporte, agricultura, gestión, inclusión social, etc.).

En general para Tadeu y Lenz [4] inicialmente un puente tiene por objetivo principal superar un obstáculo para dar continuidad al camino. Sin embargo, y tomando en cuenta la literatura técnica sobre puentes, lograr esta meta sugiere considerar diversas variables tales como, condiciones del obstáculo a superar, solicitaciones de la estructura a proyectar, estados accidentales de la zona en estudio, etc.

Sin duda la complejidad que demanda el diseño de un puente queda expuesta. Sin embargo, existen condiciones extraordinarias como lo son sismos o los fenómenos costeros que siempre, aunque de forma esporádica, someterán a los puentes a condiciones extremas, para lo cual tendrán que tenerse en cuenta especiales consideraciones durante la etapa de diseño.

A pesar de dichas consideraciones, según [5] en el último fenómeno del Niño costero, un total de 549 puentes a nivel nacional quedaron afectados, de los cuáles 242 colapsaron dejando más de cien mil damnificados en todo el país.

De acuerdo con [6], en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, más de 16000 personas que forman parte de los más de 70 caseríos desde Laquipampa hasta Incahuasi quedaron totalmente aislados a causa de la caída del puente Laquipampa en el cruce con el

Río Moyan, afectando un total de 543 viviendas, 13 instituciones educativas, 04 centros de salud (VER ANEXO 6).

Según información de la Dirección de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque, del total de puentes colapsados en todo el departamento sólo se han evaluado 8 puentes y no se ha iniciado la ejecución de un diseño definitivo en ninguno.

En [7] se menciona que, el distrito de Incahuasi tiene una extensión territorial de 443,91 km². La superficie es aproximadamente de 41,735 hectáreas, tiene 79 centros poblados rurales con categoría de caseríos. Además, cuenta con una población total de 14,230 habitantes y su densidad es de 33.53 habitantes por cada km² de superficie (VER ANEXO 8).

Su estructura poblacional está conformada por un porcentaje significativo en las poblaciones de infantes (entre los 1 y 9 años), las cuales representan un 27% del total de la población. La población económicamente activa forma parte del 59% del total de la población. La mayor parte de esta población es rural (10,750 hab.). El idioma predominante es el quechua, más del 90% (10073 hab.) de la población es quechua-hablante [7].

Según la Agencia Agraria de Ferreñafe [8], la zona en estudio, y el resto de su extensión hasta la ciudad de Incahuasi, está cubierta por terrenos de vegetación natural y terrenos agrícolas. Estos tienen una producción promedio por hectárea de 7 toneladas de café, 5 toneladas de maíz amarillo duro, 5 toneladas de camote y yuca, 8 toneladas de papa entre otros productos como trigo, olluco, aguaymanto, frijol, camote, oca, arveja, haba, etc. (VER ANEXO 7). Toda esta producción abastece a la provincia de Ferreñafe y es parte fundamental en la economía de la región. Para su transporte y comercio se debe recorrer aproximadamente 4 horas desde la ciudad de Incahuasi hasta la ciudad de Ferreñafe, o desde sus respectivos lugares de cosecha y acopio en cada caserío o zona de cultivo, siendo uno de sus puntos de conexión fundamentales el cruce del Río Moyan con el caserío de Laquipampa. Tras la caída del puente Laquipampa a inicios de año a causa del fenómeno El Niño, toda la producción en estos sectores se vio afectada en casi su totalidad dañando sustancialmente la economía de la zona.

Según el último informe emitido por la municipalidad [9], en cuanto a infraestructura educativa se refiere, existen 75 centros educativos de los cuales 08 dictan el nivel inicial, 55 dictan el nivel primario, 11 dictan el nivel secundario y 01 imparte el nivel superior (Instituto Superior Tecnológico Yatraywasi). Estos centros educativos albergan un total de 4814 alumnos, 229 profesores y 32 directores con un promedio de 24 alumnos por profesor.

El último reporte actualizado de la red de salud de Ferreñafe [10], indica que en el sector salud existen 13 centros de salud entre el caserío de Laquipampa e Incahuasi, los cuáles reportan un promedio de 100 emergencias cada mes en múltiples especialidades, requiriendo la mayoría de ellas un traslado del paciente hacia el hospital provincial en Ferreñafe o Chiclayo (VER ANEXO 7).

En cuanto a las condiciones actuales en la zona de estudio, según las visitas realizadas en campo se ha podido corroborar la necesidad de los pobladores de contar con un punto de conexión estable que les permita realizar sus actividades económicas, asistenciales, sociales, etc. con normalidad. Otro punto crítico es el daño sobre los servicios básicos de agua potable, desagüe y alcantarillado. Es lamentable la inestable situación con la que lidian los pobladores día a día.

En función de lo antes expuesto, queda clara la problemática en estudio y, sobre todo, la necesidad de realizar el proyecto de Elaboración del Expediente Técnico del Puente Laquipampa, Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque. En síntesis, el proyecto se justifica de acuerdo a los siguientes puntos: Primero, en cuanto a la justificación técnica se tiene claro que el desarrollo del proyecto generará conocimiento que aportará al análisis y diseño estructural del puente en mención, al comportamiento hidráulico del Río Laquipampa en el tramo evaluado, la composición y características de los suelos en la zona de estudio, la hidrología, topografía y estudio básicos de ingeniería en general necesarios para el desarrollo del proyecto. Todo esto bajo los lineamientos de las normativas correspondientes. Segundo, con respecto a la justificación económica el proyecto conectará, con un diseño definitivo, de manera permanente a la provincia de Ferreñafe con 79 caseríos que conforman el distrito de Incahuasi permitiendo impulsar el desarrollo económico de las zonas afectadas. Tercero, el impacto social del siguiente proyecto beneficiará a más de 16000 personas que conforman los 79 caseríos del distrito de Incahuasi en los aspectos de educación, salud e inclusión social mejorando así los estándares de calidad de vida en la población. Por último, el presente proyecto aportará con una evaluación de impacto ambiental sobre la zona en estudio, con el fin de fomentar conocimiento para una correcta evaluación medioambiental, concientizar respecto a la problemática ambiental existente a causa de las actividades humanas en el sector construcción y mitigar el impacto ambiental del presente estudio durante su fase de ejecución.

II. MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Nilson Mascia y Artur Lenz. “Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales” [11].

De este artículo se recabó información acerca de las características más resaltantes en las patologías de puentes carreteros. Dichas patologías son producto de la deficiencia en la etapa de proceso constructivo o en los controles de calidad que se llevan a cabo durante la ejecución del proyecto. Tanto los materiales como las técnicas constructivas deben satisfacer las especificaciones mínimas en cuanto a su calidad, durabilidad y eficiencia. Garantizar la durabilidad de la estructura durante la etapa de operación requiere haber contemplado todas las fases constructivas durante el diseño de la estructura.

John García, Jaime Ospina y Edir Graciano. “La infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquía” [12].

Del presente trabajo, se recabó información acerca de las vías terrestres como herramienta fundamental en el desarrollo económico de una sociedad. La idea principal de este estudio refiere que, para obtener un correcto funcionamiento de estas vías terrestres y cumplir con los objetivos para las cuales fueron concebidas, se debe hacer énfasis en el mantenimiento de sus puntos de conexión y con esto nos referimos a los puentes. Este estudio trata el contexto de la ciudad de Antioquia (Colombia) y resalta el impacto negativo que ha tenido en su economía la falta de mantenimiento y cuidado en sus estructuras viales.

Eduardo Arias, Daniel. “EXPLORACION GEOTECNICA – RELACIONES GEOELÉCTRICAS” [13].

Este trabajo presenta una metodología clara para realizar ensayos geoeléctricos en el estudio de los suelos de fundación, con la finalidad de conocer sus características, composición y propiedades. Este estudio sirvió de guía teorica-práctica para la ejecución y análisis de los resultados obtenidos en los ensayos de sondaje geoeléctricos desarrollados en la presente tesis.

Aguiló, Miguel. FORMA Y TIPO EN EL ARTE DE CONSTRUIR PUENTES. [14]

Este trabajo repasa la teoría general de un puente respecto a su historia, su estética, su funcionalidad y su diseño. La línea de tiempo en la evolución de los puentes descrita en este trabajo, advierte al lector del aumento en la complejidad de los diseños y, al mismo tiempo, de la inventiva y el ingenio humano que ha permitido superar este desafío.

Monleón, Salvador. INGENIERÍA DE PUENTES, ANÁLISIS ESTRUCTURAL. [15]

Este libro aporta información sobre el cálculo estructural de determinados tipos de puentes y sus distintas fases de diseño. Dichas fases se resumen en los siguientes modelos: Existe un primer modelo de las acciones, recogido por la normativa que cada país tiene sobre las solicitaciones que actúan sobre los puentes. Existe un segundo modelo que produce la respuesta de la estructura y finalmente, existe un tercer modelo que establece las características del material resistente.

Municipalidad Distrital de Incahuasi, “Informe de evaluación de daños tras el fenómeno El Niño costero, 2017” [6].

Este informe tiene como finalidad informar acerca del estado de los caseríos del distrito de Incahuasi después de la acción del fenómeno costero El Niño del presente año. Presenta un reporte detallado del estado de los sectores: educación, salud, agricultura, agropecuario, etc. Hace mención mediante cuadros resúmenes del total de pobladores y estructuras afectadas.

BASES TEÓRICAS - CIENTÍFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 2014 – 2017) [16].

Norma Americana de puentes, aquí se establecen todos los lineamientos, consideraciones y criterios mínimos para el desarrollo de los estudios básicos de ingeniería, en particular del diseño y análisis estructural.

Manual de Puentes, Ministerio de Transportes y Comunicaciones - 2016 [17].

Norma Peruana de puentes, expone los criterios, lineamientos y consideraciones mínimas a seguir para el desarrollo de los estudios básicos de ingeniería. La presenta normativa, sustenta

su teoría en base a la normativa AASHTO, pero tiene consideraciones que únicamente son aplicables en Perú.

Requisitos de reglamento para concreto estructural - ACI 318-14 [18].

Norma Americana de diseño en concreto, aquí se establecen todos los lineamientos, consideraciones y criterios mínimos para los distintos tipos de diseño en concreto armado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con el diseño de investigación es descriptiva, ya que se conocerá las propiedades y características actuales en la zona a evaluar mediante la observación para la recolección de datos.

De acuerdo con el fin que se persigue es aplicada, ya que en todo el proceso del proyecto se aplicarán los conocimientos obtenidos en el campo de la Ingeniería Civil Ambiental, para desarrollar los objetivos planteados.

METODOLOGÍA

3.2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Debido a la naturaleza del proyecto, los planos utilizarán escalas entre 1:500 y 1:2000 con curvas de nivel a intervalos de 5m y con un levantamiento mínimo de 150m, a cada lado del puente, siguiendo el eje del río y el eje de la carretera.

El objetivo es realizar el levantamiento topográfico para la Elaboración del Expediente Técnico del Puente Laquipampa, Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque, de manera que se provea la información necesaria acerca de la demografía del terreno para poder realizar los siguientes estudios básicos de ingeniería.

TRABAJO DE CAMPO

Se realizó el levantamiento topográfico del eje del río, junto con sus márgenes, y el eje de la carretera tomando en cuenta puntos inamovibles que puedan servir como referencia para futuros replanteos en campo.

Las dimensiones de levantamiento fueron de 150 metros aguas arriba y abajo, a cada lado del puente existente, siguiendo la dirección longitudinal del río y 200 metros del eje de la carretera. Se seccionó el trabajo en progresivas cada 20 metros y se tomó 3 puntos por cada progresiva, esto con la finalidad de poder generar sus correspondientes secciones transversales y perfil longitudinal en la etapa de trabajo en gabinete.

Durante la etapa de trabajo de campo se etiquetó cada punto levantado, esto con la finalidad de su correcta identificación en la fase de gabinete. La siguiente imagen detalla la forma de trabajo que se explica:

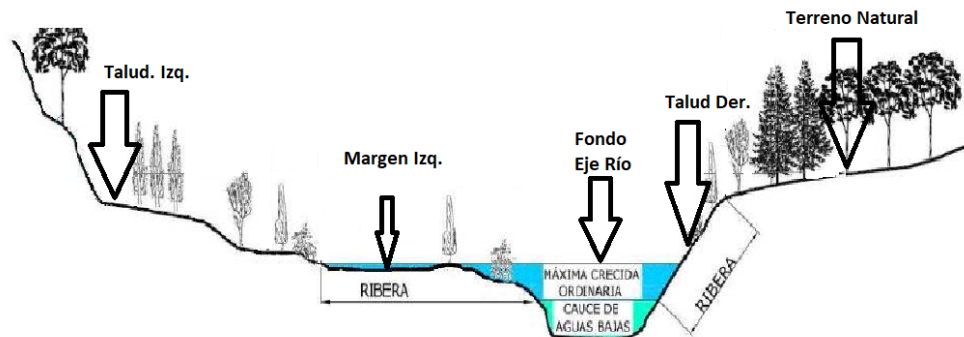


Figura 1: Detalle de etiquetas durante el levantamiento topográfico

Para este estudio se utilizó una estación total tipo TOPCOM GTS 102N, un trípode, un GPS marca GARMIN MAP 62, 3 Jalones, 3 Prismas, una Wincha, esmalte, pincel, yeso, libreta de campo y estacas.

2.1.2 ESTUDIOS DE SUELOS

Esta etapa tuvo participación en campo, laboratorio y gabinete, todas las actividades se realizaron con el fin de conocer las características físicas y mecánicas del suelo de fundación. Para evaluar los materiales constituyentes del suelo en la zona de estudio, se extrajeron muestras por medio de calicatas. De cada calicata se extrajo un total de 15 kg de muestra alterada, las que posteriormente fueron etiquetadas y transportadas desde la zona de estudio hasta el laboratorio donde se realizaron los ensayos correspondientes. Los procedimientos para su extracción, número de puntos y profundidad de exploración se ajustan a los lineamientos establecidos en el manual de diseño de puentes del MTC.

Aplicación	Ubicación y número mínimo de puntos de exploración.	Profundidad mínima de exploración
<i>Muros de contención</i>	<p>Mínimo, un punto de exploración por cada muro de contención. Para muros de contención de más de 30m de longitud, se requerirán puntos de exploración espaciado alternativamente delante y detrás del eje longitudinal del muro, espaciados entre 30 y 60m.</p> <p>Para muros anclados, adicionalmente se ubicarán puntos de exploración en la zona de anclaje, espaciados de 30 a 60m.</p> <p>Para muros tipo "soil-nailed. Serán necesarios adicionalmente, puntos de exploración a una distancia de 1.0 a 1.5 veces la altura posterior del muro, espaciados entre 3,0 y 6,0m</p>	<p>Investigar hasta una profundidad por debajo del muro hasta donde el incremento de esfuerzos debido a la carga estimada en la zapata, sea menor al diez por ciento del esfuerzo de sobrecarga efectivo (presión efectiva) existente a una profundidad por debajo de la cimentación, entre una a dos veces la altura del muro. La profundidad de exploración debe penetrar totalmente suelos blandos altamente compresibles, por ejemplo, turba, limo orgánico, o suelos blandos o de grano fino, hasta encontrar material competente con capacidad de soporte suficiente, como suelo cohesivo duro o rígido, suelo no cohesivo, denso, o el basamento rocoso.</p>
<i>Cimentación Superficial</i>	<p>Por una unidad de subestructura, por ejemplo pilares o estribos, con anchos menores o iguales a 30m, un mínimo de un punto de exploración por unidad de subestructura. Para subestructuras con anchos mayores a 30m, un mínimo de 2 puntos de exploración por unidad de subestructura</p> <p>Puntos adicionales de exploración serán requeridos, en caso se encuentren condiciones del subsuelo erráticas (p.e. presencia de suelos blandos alternando con suelos de mejor calidad, con espesores variables, que impiden tomar una decisión respecto al nivel de cimentación).</p>	<p>La profundidad de exploración debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lo suficientemente grande como para atravesar totalmente suelos no adecuados para cimentación, por ejemplo, turba, limo orgánico, o suelos blandos de grano fino, y encontrar material competente con capacidad de soporte suficiente, como suelo cohesivo duro o rígido, suelo no cohesivo denso o el basamento rocoso. • Al menos a una profundidad por debajo de la cimentación en la que el incremento de esfuerzos debido a la carga estimada en la zapata sea menor al diez por ciento del esfuerzo de sobrecarga efectivo (presión efectiva). • Si el basamento rocoso es encontrado antes de la profundidad requerida por el segundo criterio indicado anteriormente, la profundidad de exploración debe ser hasta penetrar por lo menos 5.0m en el basamento rocosa, pero la exploración en este nivel, debe ser lo suficiente como para caracterizar la compresibilidad del material de relleno en las discontinuidades horizontales, de ser necesario. <p>Nota: Donde se encuentre condiciones altamente variables del basamento rocoso (p.e. intercalación de rocas sedimentarias, de calidad variable, como lutitas con areniscas y/o lodolitas) o en áreas donde es probable la presencia de grandes bloques de roca, puede requerir de más de 5.0m de muestra de roca para verificar la calidad del basamento rocoso.</p>

Tabla 1: Profundidad y número de puntos de exploración mínimos para cimentación de estructuras superficiales [17]

Aplicación	Ubicación y número mínimo de puntos de exploración.	Profundidad mínima de exploración
Cimentación Profunda	<p>Para una unidad de subestructura, por ejemplo pilares o estribos, con anchos menores o iguales a 30m, un punto de exploración mínimo por unidad de subestructura. Para anchos mayores a 30m, un mínimo de 2 puntos de exploración por unidad de subestructura.</p> <p>Puntos adicionales de exploración serán requeridos, en caso se encuentren condiciones del subsuelo erráticas (p.e. presencia de suelos blandos alternando con suelos de mejor calidad, intercalación de rocas sedimentarias de calidad variable (p.e. presencia de estratos de lutitas con areniscas y/o lodolitas, con espesores variables), que impiden tomar una decisión respecto al nivel de cimentación), especialmente para el caso de pilotes excavados en roca.</p> <p>Para reducir el riesgo de diseño y construcción debido a la variabilidad de condiciones del subsuelo y la posibilidad de reclamo de la construcción, al menos una exploración por eje debe ser considerado para ejes de gran diámetro (ejem. Diámetro mayor que 5 ft), sobre todo cuando los ejes están encajados en la roca</p>	<p>En suelos, la profundidad de perforación debe ser como mínimo 6.0m por debajo de la punta del pilote, o un mínimo de dos veces la máxima dimensión del grupo de pilotes, el que sea más profundo.</p> <p>Todos los sondeos deberán extenderse a través de los estratos inadecuados, como rellenos no consolidados, turba, materiales altamente orgánicos, suelos de grano fino blandos y suelos de grano grueso sueltos, hasta alcanzar materiales duros o densos.</p> <p>Para pilotes en roca, se debe obtener un mínimo de 5.0m de testigo de roca, en cada punto de exploración, a fin de verificar que la perforación no termine en un bloque aislado de roca o un bolón.</p> <p>Para pilotes excavados que se apoyarán sobre un nivel rocoso o se extiendan dentro de la roca, el testigo de roca debe ser mínimo de 5.0m o tres veces el diámetro del pilote aislado, o dos veces la máxima dimensión del grupo de pilotes, el que sea más profundo; se extenderá por debajo de la punta del pilote previsto para determinar las características físicas de la roca dentro de la zona de influencia de fundación.</p> <p>Nota: Donde se encuentre condiciones altamente variables del basamento rocoso (p.e. intercalación de rocas sedimentarias, de calidad variable, como lutitas con areniscas y/o lodolitas) o en áreas donde es probable la presencia de grandes bloques de roca, puede requerir de más de 5.0m de muestra de roca para verificar la calidad del basamento rocoso.</p>

Tabla 2: Profundidad y número de puntos de exploración mínimos para cimentación de estructuras profundas [17]

Luego, se realizaron los ensayos correspondientes en laboratorio de las muestras extraídas en campo. Los procedimientos empleados en estos ensayos y la teoría que los sustenta se mencionan a continuación.

ENSAYOS DE LABORATORIO

Estos han sido realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Análisis Granulométrico por tamizado (NTP 339.013) [19]

La granulometría consiste en la separación de las partículas de un suelo para su posterior clasificación. El material extraído pasa por distintas mallas de diferente diámetro hasta el tamiz N° 200 que corresponde a 0.074 milímetros. Para conocer las características del suelo que ha pasado la Malla N° 200, se realiza el ensayo de sedimentación. La interpretación del análisis granulométrico por tamizado se obtiene por medio de la curva granulométrica.

Límite Líquido y Límite Plástico (NTP 339.129) [19]

La plasticidad de un suelo, es la capacidad que tiene este para ser trabajable o moldeable. Esta característica depende de la arcilla que contenga la muestra que pasa por la malla N° 200 pues dicho material, es el que actúa como ligante del resto del material.

Para obtener los datos requeridos, al material se le va disminuyendo el contenido de humedad de forma que primero se encuentra en estado líquido, luego en estado plástico y finalmente en estado seco. Cuando el agregado se encuentra húmedo, pero no tiene capacidad de ser moldeado, se dice que presenta un estado semilíquido, y puesto que se le va reduciendo la humedad, una vez que el suelo deja de estar húmedo y llega a presentar consistencia que le da la capacidad de ser trabajable, se dice que está en estado plástico.

Al seguir reduciendo el agua en la misma muestra, ésta llega a quebrarse, por lo cual se dice que perdió su trabajabilidad y ahora se encuentra en un estado semi-seco. Se tiene que tener claro que se considera como límite líquido al contenido de humedad en el cual el material pasa de estado semilíquido al plástico, y al límite plástico, cuando el contenido de humedad pasa de estado plástico al semi seco.

Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO [19]

La principal característica que diferencia a los suelos, es su tamaño de partículas, las cuales por lo general se encuentran entre la combinación de dos o más tipos de diferentes suelos, como pueden ser: gravas, arenas, limos, arcillas, limos arcillosos, arena limosa, etc. La determinación de la gradación, que es el rango presente en el tamaño de las partículas, se determina según ensayos de límites de consistencia. Uno de los sistemas más utilizados es el

SUCS – Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, en el cual los suelos son clasificados en 15 grupos diversos, diferenciados en su nombre y nomenclatura.

También se utiliza la clasificación AASHTO, donde los suelos pueden ser clasificados en grandes grupos, los cuales son los porosos, materiales de grano grueso y fino, material granular o no granular, y si es cohesivo, semi cohesivo o no cohesivo.

Gravedad Específica - ASTM D854 [19]

El ensayo sirve para la determinación de la gravedad específica de los sólidos que pasan el tamiz N°4 de 4.75 mm, por medio de un picnómetro de agua.

Existen suelos que pueden verse alterados por medio de este ensayo, por lo cual estos no se verán incluidos. Dichos suelos pueden presentar sustancias, o pueden ser altamente orgánicos, como es el caso de las materias fibrosas que flotan en el agua.

Determinación del coeficiente permeabilidad [19]

La permeabilidad, es la resistencia que tiene el suelo al permitir el flujo del fluido entre sí, dicho movimiento se conoce como gradiente hidráulico, el cual es el balance energético. Se utilizará la Ley de Darcy, pues tiene el parámetro “K”, por la cual se puede obtener el coeficiente de la permeabilidad.

2.1.3 ESTUDIOS GEOELÉCTRICOS

El principio de un ensayo geoelectrico radica en estimar el tipo de terreno que se registra en función de la resistividad que ofrece este al paso de corriente eléctrica inducida desde su superficie. Debido a la presencia del basamento rocoso antes de alcanzar la cota mínima de exploración, se hizo uso de ensayos de prospección geoelectrica para poder conocer la estratigrafía que acompañaba al mismo.

Se realizaron dos mediciones, una en el estribo derecho y otra en el estribo izquierdo. Posteriormente en trabajo en gabinete, se correlacionó la resistividad eléctrica de cada estrato con tablas de mecánica de suelos, de esta forma se determinó el tipo de material hallado y sus correspondientes propiedades físicas y mecánicas. Los resultados se exponen en el capítulo 4.3.2.

2.1.4 ESTUDIO HIDROLÓGICO

Se solicitó información hidrometeorológica, de las estaciones más cercanas a la zona de estudio, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), dichas estaciones fueron Puchaca, Cueva Blanca e Incahuasi.

Los registros de información solicitada cumplían con lo exigido por la norma de hidrología e hidráulica y drenaje del MTC [20], la misma que especifica un mínimo de 25 años de antigüedad en los registros de información meteorológica y que estos correspondan a los valores máximos diarios, mensuales o anuales registrados. Una vez verificada la validez del registro de datos, se pudo iniciar el estudio hidrológico.

2.1.4.1 PERIODO DE RETORNO

A continuación, se mencionan diferentes teorías para su correspondiente cálculo. Es importante resaltar que para la presente tesis se hizo uso de lo especificado en el manual de diseño de puentes del MTC [17], que va en concordancia con los lineamientos mínimos establecidos en el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC [20].

- **MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) [20].**

Según lo establecido en el presente manual, el tiempo promedio medido en años en el que se alcanza o supera un caudal pico, una vez cada “T” años, es denominado periodo de retorno. Bajo la suposición de que estos eventos que se generan una vez al año son independientes, entonces resulta posible calcular una probabilidad de ocurrencia para una determinada vida útil.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Si la obra tiene una vida útil de “n” años, la fórmula anterior permite calcular el periodo de retorno “T”, fijando el riesgo de falla admisible “R”, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra.

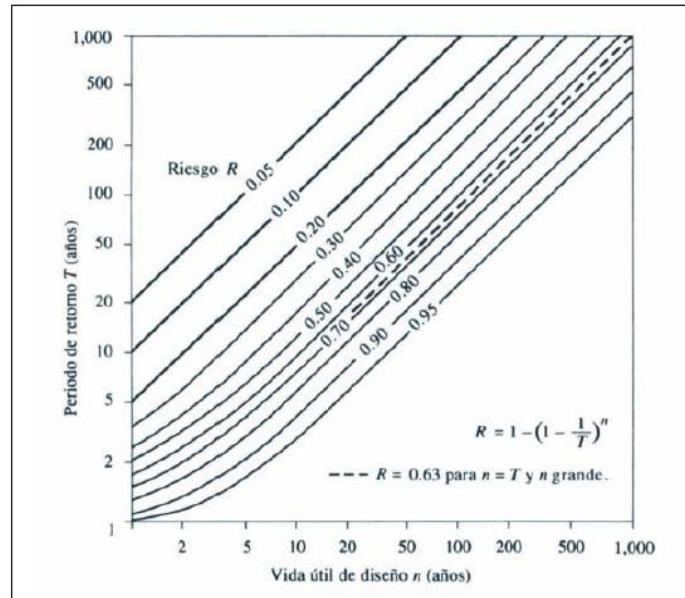


Figura 2: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC)

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - Vida Útil considerado (n)

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Figura 3: Valores máximos recomendados de riesgo admisible en obras de drenaje (Manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC)

- **MANUAL DE INGENIERÍA DE RÍOS [21]**

El periodo de retorno con el cual debe calcularse la avenida de diseño para una estructura se escoge con ayuda de la siguiente tabla en función del tipo de zona a proteger.

En adición, se debe tener en cuenta que para la selección de una avenida de diseño las cuestiones relacionadas con beneficios esperados del proyecto o probables problemas constructivos que puedan generar pérdidas materiales y humanas, delimitan los valores de diseño a considerar.

Características de la zona por proteger	Periodo de retorno, en años
Parcelas agrícolas aisladas, sin posibles pérdidas de vidas humanas	5
Distritos de riego, sin riesgo de pérdidas de vidas humanas	25
Zonas agrícolas, poco pobladas	50
Zonas agrícolas con poblados	100
Zona industrial y urbana	500
Zona densamente poblada	1000
Ciudades	1000

Figura 4: Periodo de retorno en función de la zona a proteger

- **CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS [22]**

Este texto presenta una relación del periodo de retorno con el tipo de estructura a construir.

Tipo de estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carretera importante	50 – 100
Puente sobre carretera menos importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarillas sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 - 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muros de encauzamiento	2 – 50 *

*Puede aumentar si estas obras protegen poblados de importancia.

Figura 5: Periodo de retorno en función de la zona a proteger

2.1.4.2 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño.

De acuerdo con la información disponible se elegirá el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal, el cual será verificado con las observaciones directas realizadas en el punto de interés, tales como medidas de marcas de agua de crecidas importantes y análisis del comportamiento de obras existentes.

Como se mencionó al principio de este capítulo, se deberá verificar la calidad de los datos obtenidos y, además, que estos datos cumplan con los requisitos mínimos establecidos en [17] y [20]. En adición, se debe tener en consideración que los datos correspondientes a eventos extraordinarios como el fenómeno “El niño” obligatoriamente deberán formar parte de la data hidrometeorológica.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HIDROLÓGICOS

MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

Para poder estimar los datos correspondientes a precipitaciones, caudales máximos o intensidades de lluvia, según lo que se requiera, para distintos periodos de retorno, se hace uso de modelos probabilísticos; estos pueden ser continuos o discretos. De acuerdo a las teorías estadísticas podemos hacer uso de diversas funciones de distribución de probabilidad teórica, sin embargo, se sugiere utilizar las siguientes:

- Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-u}{S}\right)^2}$$

Donde

$f(x)$ = función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x

- Distribución Gumbel

[20] La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \frac{1.2825}{\sigma}$$

Donde:

α : Parámetro de concentración

β : Parámetro de localización

Según Ven Te Chow [23], la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

Donde:

x: Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie

k: Factor de frecuencia

- Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log. Gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - u}{\sigma}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log. Gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

- **RIVER: Diseño de Defensas Ribereñas – Autoridad Nacional del Agua (ANA)**



Figura 6: Portada programa River

Este programa fue elaborado por el ingeniero Emilse Benavides, especialista de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en este estudio se hizo uso de este software para generar las funciones de probabilidad por los métodos anteriormente mencionados. Los datos obtenidos son de rigor y tienen sustento en el PERPEC, entidad supervisora y de dirección técnica en proyectos de defensa ribereña.

Los resultados obtenidos mediante el software, así como la correspondiente data que se ingresó al programa, serán presentados en el capítulo 4.2 del presente estudio, se hace hincapié en que este software es de acceso libre y la información correspondiente al manejo del mismo puede ser fácilmente conseguida en internet.

PRECIPITACIÓN PROMEDIO DE LA CUENCA

- **Método de las Isoyetas [22]**

Dentro de los métodos disponibles este es el que presenta mayor exactitud, ya que sus valores ponderados son calculados en función a áreas de influencia de precipitaciones lo cual permite obtener resultados más realistas en comparación con otras teorías como la de los Polígonos de Thiessen.

Según Bejar [22], el método consiste, básicamente, en obtener a partir de datos de estaciones meteorológicas, las líneas que unen los puntos con igual valor de precipitación (isoyetas). Este método, hasta donde la red de estaciones meteorológicas lo permita, proporciona un plano con la distribución real de la precipitación dentro de la cuenca. El valor de la precipitación media, en la cuenca, se obtendrá a partir de la siguiente expresión.

$$D = \frac{\sum_i^n a_i * D_i}{A}$$

Donde:

a_i = área entre dos isoyetas (km²)

D_i = precipitación entre dos isoyetas (mm)

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA SUBCUENCA

Para el cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca se usó el programa ArcGIS. Este programa tiene un potente sistema de procesamiento al momento de georeferenciar, analizar valores de entrada y de salida, combinar resultados, generar mapas, asignación de atributos etc.

ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Para el presente proyecto sí se contaban con datos de aforo, estos se encontraban aguas abajo de la zona en estudio, donde eran registrados por la estación hidrometeorológica de Puchaca. El motivo por el cual no se tomó en consideración estos datos es porque, en el punto de medición en la estación de Puchaca, recibían el aporte del caudal del Río Sangana y este, por inspección visual, se corroboró tenía un caudal considerable que podía sobredimensionar el diseño.

Entonces, al no tomar en cuenta los datos de aforo mencionados, se tuvo que calcular el caudal de diseño para ello se trabajó utilizando los datos correspondientes a las máximas precipitaciones. Estos fueron los valores de entrada para la obtención del caudal de diseño. La expresión matemática para el cálculo del caudal de diseño a partir de la intensidad de precipitación es la siguiente:

- Método Racional Modificado [17]

La formulación propuesta por Témez [24], permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km² y con tiempos de concentración (T_c) de entre 0.25 y 24 horas. La fórmula se detalla a continuación:

$$Q = 0,278 CIAK$$

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km²)

K: Coeficiente de uniformidad. Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

Tiempo de Concentración (T_c)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

Coeficiente de Uniformidad (K)

$$K = 1 + \frac{T^{1.25}}{T^{1.25} + 14}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)

Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (k_A)

$$k_A = 1 - \frac{\log_{10}}{15}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d$$

Donde:

k_A: Factor reductor

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

Intensidad de precipitación (I):

$$k_A = \left(\frac{P}{24} \right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

T_c: Tiempo de concentración (horas)

Coficiente de Escorrentía (C)

$$C = \left(\frac{(P_d - P_0) * ((P_d - 23 * P_0))}{(P_d + 11 * P_0)^2} \right)$$

Donde:

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

P₀: Umbral de escorrentía = $\left(\frac{5000}{CN} \right) - 50$

CN: Número de curva.

2.1.5 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó una evaluación de impacto ambiental. Mediante la cual se pudo identificar, describir y evaluar los diferentes rasgos ambientales que se vieron afectados por el desarrollo del proyecto. Mediante el uso de la matriz de Coulomb, se identificó y cuantificó los impactos negativos y positivos del proyecto en la zona de estudio. Es importante mencionar que se tuvo consideraciones adicionales en la elaboración de este estudio, puesto que la zona de Laquipampa, posee un refugio de vida silvestre.

Este capítulo fue desarrollado en armonía con las especificaciones para el proceso constructivo, puesto que los parámetros de evaluación ambiental finalmente están íntimamente ligados a la forma de ejecución del proyecto y por ende establecen la ruta adecuada a seguir durante dicha fase.

2.1.6 ESTUDIO HIDRÁULICO

Para el modelamiento hidráulico se usó el programa HEC-geoRAS (Hydrological Engineering Center - Geospatial River Analysis System), el cual es una extensión para ArcGIS desarrollado conjuntamente por el Hydrologic Engineering Center del United Army Corps of Engineering y el Environmental System Research Institute (ESRI). Antes de iniciar el procesamiento en HEC-geoRAS se realizó el levantamiento topográfico de toda la zona de estudio y parte de terreno adicional con la finalidad de tener un panorama más claro del terreno en su extensión tal y como se detalló en el capítulo 3.2.1.

El estudio hidráulico permitió determinar las zonas inundables producto del caudal de diseño, en base a estos resultados se pudo establecer cuál fue la mejor ubicación, para el punto de ubicación final del puente y que criterios adicionales se tomarían en cuenta para controlar los efectos de inundabilidad.

Se detallan a continuación dos metodologías para la realización del modelamiento hidráulico:

- PROCEDIMIENTO EN HEC-RAS:

Se detalla a continuación el proceso de elaboración del modelo hidráulico desde el programa HEC-RAS:

Desde la interfaz de inicio del CIVIL 3D, clic en OUTPUT / EXPORT TO HEC RAS, luego en la ventana abierta se selecciona la superficie, el alineamiento y los bordes tanto derecho como izquierdo y finalmente clic en EXPORT.

NUEVO PROYECTO

Una vez abierto el HEC-RAS, dar clic en FILE / NEW PROJECT, colocar el nombre y carpeta a guardar y clic en OK.

TOPOGRAFÍA

Dar clic en VIEW / EDIT GEOMETRIC DATA y en la ventana abierta ir a FILE / IMPORT GEOMETRY DATA / GIS FORMAT, seleccionar la topografía anteriormente exportada y clic en OK. Luego se mostrará una ventana donde se seleccionarán las unidades a utilizar en el proyecto y finalmente dar clic en FINISHED / IMPORT DATA.

Ya con la topografía exportada en el HEC-RAS, ir TABLES / MANNING'S n OR k VALUES donde se colocará el coeficiente de Manning respectivo para el eje y los bordes del río y clic en OK.

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n ₀	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n ₁	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n ₂	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n ₃	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n ₄	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m ₅	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Tabla 3: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n [25]

Para estimar el coeficiente de rugosidad, se usó la teoría de Cowan quién plantea la siguiente expresión:

$$n = m_5 (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$$

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n_4 : Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m_5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

Finalmente ir a FILE / SAVE GEOMETRY DATA AS, colocar un nombre para el archivo a guardar, dar clic en OK y cerrar la ventana.

CAUDALES

Ir a EDIT / ENTER STEADY FLOW DATA, en la ventana abierta, colocar el caudal ya antes calculado en el estudio hidrológico y dar clic en REACH BOUNDARY CONDITIONS, luego se colocará la pendiente promedio de la ped hídrica obtenida en el ArcGIS en la celda DOWNSTREAM.

Finalmente dar clic en OK, ir a FILE / SAVE FLOW DATA AS, colocar el nombre del archivo a guardar, dar clic en OK nuevamente y cerrar.

PLAN

Dar clic en PERFORM A STEADY FLOW SIMULATION y en la ventana abierta ir a FILE / SAVE PLAN AS para guardar el plan. Luego dar clic en Ok, seleccionar la opción SUBCRITICAL y finalmente de COMPUTE.

MODELO

Para poder visualizar las secciones con sus cotas y alturas inundables en cada tramo analizado dirigirse a VIEW CROSS SECTIONS.

Para visualizar todo el levantamiento de la zona inundada ir a VIEW 3D MULTIPLE CROSS SECTION PLOT.

- PROCEDIMIENTO EN ARCGIS EMPLEANDO LA EXTENSIÓN HEC-GEORAS

TRABAJOS PREVIOS EN AUTOCAD CIVIL

Se procede a ingresar la data del levantamiento topográfico en AutoCAD Civil y se crea la superficie de la zona de estudio con curvas de nivel.

INICIACIÓN DE UN NUEVO PROYECTO EN ARCGIS, UTILIZANDO LA EXTENSIÓN HEC-GEORAS

Iniciar ArcMap, verificar que las extensiones 3D ANALYST y el SPATIAL ANALYST estén instaladas, ir a TOOLS / EXTENSIONS y dar clic en las extensiones mencionadas.

Se procede primero a guardar la hoja de trabajo, ir a FILE / SAVE AS, seleccionar la ruta donde se guardará el proyecto y asignar un nombre.

MODELO DIGITAL DE TERRENO PARA LA ZONA DE TRABAJO

Dar clic en la pantalla de trabajo sobre DATA FRAME PROPERTIES / COORDINATE SYSTEM y asignar el sistema de coordenadas WGS 1984 UTM.

Para cargar las curvas de nivel hechas en AutoCAD, dar clic en la opción ADD DATA, seleccionar el archivo de CAD creado y presionar ADD.

Para generar el modelo digital del terreno en formato vectorial TIN (Triangular Irregular Network) se realizan los siguientes pasos:

- Seleccionar ARCTOOLBOX / TIN / CREATE TIN, clic derecho y OPEN.
- En Output TIN, seleccionar donde se guardará el TIN creado.
- Coordinate System (optional), seleccionar las coordenadas de trabajo.
- Input Feature Class (optional), seleccionar el archivo importado desde AutoCAD que se encuentra en TABLE OF CONTENTS.

Luego en TABLE OF CONTENTS, aparece el TIN creado, con el nombre “tin de cuencas”.

CREACIÓN DEL LAYER RAS

Se crean las capas Ras, que serán los datos geométricos extraídos en el ArcGIS para el análisis hidráulico en HEC-RAS. Los Layers Ras que se tiene que crear son:

- **STREAM CENTERLINE:** Añade topología y atributos del eje de río, se dejará por defecto el nombre de (River).
- **CROSS-SECTIONAL CUT LINES:** Añade atributos a las secciones transversales.
- **BANK LINES:** Añade tipología y atributos a los bordes del río.
- **FLOW PATH LINES:** El corte de estas líneas con las secciones transversales definen los puntos entre los que se medirá la distancia entre secciones por los márgenes.

Como se digitalizó al comienzo la estructura del río en AutoCAD, ahora se procede a importar ese archivo al ArcMap siguiendo los siguientes pasos:

- Presionar para seleccionar el archivo que contiene el esquema de las quebradas y dar clic en ADD.

Las capas (cauce, flows, río, secciones) se proceden a transformar a un formato llamado SHAPEFILE que consta de un número de variables de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos juntos con sus atributos o características. Los SHAPEFILE se crearán de forma independiente según las capas hechas en AutoCAD.

Primero, dar clic derecho en su archivo creado e ir a **PROPERTIES / DRAWING LAYERS**, aquí se muestran todas las capas activadas con su respectivo símbolo.

El segundo paso para crear el SHAPEFILE de la capa “río”, es dar clic derecho en su archivo creado, seleccionar **DATA / EXPORT DATA**, asignar el nombre y el lugar donde se guardará el SHAPEFILE creado. Aparecerá un mensaje para exportar los datos del SHAFILE creado, presionamos la opción **YES**, y se mostrará en la **TABLE OF CONTENTS** el **LAYERS “RIO”** con el esquema en la pantalla de trabajo. Este procedimiento se tendrá que realizar por cada capa hecha en AutoCAD con la finalidad de crear cuatro archivos tipo SHAPEFILE.

Para la creación de **LAYER RAS - STREAM CENTERLINE** se tiene que ir a la barra de herramientas de Hec-GeoRas seleccionar **CREATE RAS LAYERS** y dar clic en **STREAM CENTERLINE**, aquí se muestra una ventana con el nombre **Stream Centerline RIVER**,

dejarlo así y presionar OK, luego mostrará un mensaje indicando que el LAYER RAS se creó satisfactoriamente.

El Layer Ras River aparece en TABLE OF CONTENTS, pero en la hoja de trabajo en blanco, por lo que se tendrá que asignar la información. Presionar en la barra de EDITOR la opción START EDITING, seleccionar River y ACEPTAR. A continuación, ir a la hoja de trabajo “RIO”, dar clic sobre Río Laquipampa y presionar COPIAR y PEGAR (seleccionar en el TARGET la opción River).

Por último, para la creación de LAYER RAS-XS CUT LINES. RAS GEOMETRY / CREATE RAS LAYERS / XS CUT LINES, se muestra una ventana indicando que el CROSS-SECTIONAL CUT LINES tendrá el nombre de XSCutLines. Para asignar la información al Layer Ras XSCutLines ir a la barra de EDITOR a la opción START EDITING, seleccionar XSCutLines y ACEPTAR. A continuación, ir a la hoja de trabajo “Secciones”, dar clic sobre la línea y presionar COPIAR y PEGAR (seleccionar en el TARGET la opción XSCutLines).

Las líneas de las secciones no se pueden cortar entre ellas, por lo que otra forma de ejecutar las secciones es con el comando INTERVAL.

CREACIÓN DE FICHERO PARA HEC-RAS.

Seleccionar RAS GEOMETRY / EXPORT RAS DATA con esa opción se prepara el fichero que posteriormente será leído por HEC-RAS.

2.1.6.1 PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO

Los parámetros hidráulicos que se debe considerar para ejecutar un modelo en HEC-RAS son los siguientes:

- Secciones transversales: En cada una de las secciones transversales que contemple el estudio de las quebradas, se deberá definir los puntos que corresponda a los bancos de la derecha e izquierda, siendo los puntos los límites de la sección que se pueden considerar como parte del canal principal.
- Caudal de diseño: el caudal de diseño a considerar fue de 372.668 m³/s según lo calculado en el estudio hidrológico.

- Coeficiente de rugosidad: El coeficiente de Manning es un valor que representa la resistencia al flujo de agua en cauces y llanuras de inundación. La selección del valor “n” de Manning, tiene relación directa con la precisión de los cálculos de perfiles hidráulicos, pues es uno de los parámetros principales que intervine en la calibración del modelo hidráulico de un canal abierto.

2.1.6.2 CÁLCULO DEL ANCHO ESTABLE TEÓRICO

Teoría del Régimen [26]: Una sección y pendiente están en equilibrio con el caudal transportado; aplicado para material cohesivo y arenoso.

Un cauce estable responde a una situación de equilibrio, sin sufrir:

- Erosión del lecho
- Erosión de orillas
- Excesiva sedimentación interior
- Excesiva sedimentación en llanura de inundación

Con el empleo del programa River, se estimó el ancho estable del cauce del río. El programa considera 5 métodos: (1) Recomendación Práctica, (2) Método de Pettis, (3) Método de Simons y Henderson, (4) Método de Blench y (5) Método de Altunin - Manning. Todos estos métodos son empíricos y bajo la teoría del régimen estable.

1. RECOMENDACIÓN PRÁCTICA

Este método está en función directa del caudal; según el siguiente cuadro:

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (M ³ /S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

2. MÉTODO DE PETTIS

La expresión empleada es la siguiente:

$$B=4.44*Q^{0.5}$$

3. MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON.

Considerando un fondo de arena, orillas de cauce de grava y la expresión indicada:

Metodo de Simons y Henderson

$$B = K_1 Q^{1/2}$$

Fondo y Orillas de Arena K1 = 5.70
 Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo K1 = 4.20
 Fondo y Orillas de Material Cohesivo K1 = 3.60
 Fondo y Orillas del cauce de Grava K1 = 2.90
 Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo K1 = 2.80

4. MÉTODO DE BLENCH

Considerando un factor de fondo (Fb) de 0.8 y un factor de orilla (Fs) de 0.20 y la expresión indicada:

Metodo de Blench y Altunin

$$B = 1.81(Q F_b/F_s)^{1/2}$$

Factor de Fondo (Fb)

0.80 - Mat. Finos (Dm<0.50 mm)
 1.20 - Mat. Gruesos (Dm>0.50 mm)

Factor de Orilla (Fs)

0.10 - Mat. Suelos
 0.20 - Mat. ligeramente Cohesivos
 0.30 - Mat. Cohesivos

5. MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING

Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficientes de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.03, 16 y 0.70 respectivamente.

Metodo de Manning y Strickler

$$B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}$$

n **K** **m**

Coefficiente - Tipo de Material (K)

10 - Valor Practico
 12 - Mat. Aluvial
 16 - Mat Facilmente erosionable
 03 - Mat. muy resistente

Coefficiente Cauce (m)

0.50 - Rios de Cauces Aluviales
 0.70 - Rios de Cauces Arenosos
 1.00 - Rios de Cauce de Montaña

2.1.6.3 CÁLCULO DE EFECTOS DE SOCAVACIÓN

Para el cálculo de la socavación, se siguió lo establecido en [17], donde se indica que la socavación total está compuesta por la sumatoria de tres tipos de socavación: General, local y de contracción. El cálculo de la socavación general se realizó haciendo uso de la teoría de

Lischtvan-Levediev, la cual permite estimar los valores de socavación en el lecho del río independientemente de que exista, o no, un puente. Para ello hace uso de un caudal unitario que corresponde a una franja del cauce. Dicho caudal unitario permanece constante a lo largo del proceso de erosión y se puede aplicar, con los correspondientes ajustes, a distintas condiciones en las que se pueda encontrar el cauce.

Para el caso de la socavación por contracción y socavación localizada, estos cálculos fueron omitidos puesto que se colocaron los estribos del puente fuera del ancho natural del cauce, de esta manera se evitan los efectos de estos tipos de socavación puesto que, teóricamente, el flujo de agua no estará en contacto con las estructuras impuestas en ningún momento de su vida útil. Sin embargo, como medida preventiva para casos extraordinarios, en los que la naturaleza hace caso omiso a la teoría, se ha dispuesto una defensa ribereña cuya extensión, tipo, y dimensionamiento se detalla en el capítulo 4.6.

2.1.7 ESTUDIOS DE TRÁNSITO Y PARÁMETRO DE DISEÑO VIAL

La finalidad de este estudio es poder cuantificar y hacer una clasificación del volumen de vehículos que transiten por la zona en estudio, además de establecer los requisitos mínimos para el diseño de los accesos del proyecto.

El diseño vial se tomó en cuenta considerando el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 [27] el cual cataloga la carretera de la zona de estudio como carretera de tercera clase.

La velocidad de diseño adoptada es de 30Km/h, este valor está sujeto al tipo de camino que se analiza (trocha carrozable), y cumple con los criterios de diseño y seguridad establecidos en la normativa correspondiente.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Figura 7: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía [27]

Para el caso de longitudes máximas y mínimas en los tramos en tangente, se tomarán los siguientes valores establecidos en función a la velocidad de diseño.

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Figura 8: Longitudes de tramos en tangente [27]

De igual forma, con respecto a los radios mínimos de curvas horizontales, se tomarán en cuenta los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño definida previamente.

Radio minimo		
$R_{min} = \frac{V^2}{127*(Pmax+Fmax)}$		
Vel-diseño	30	km/h
Peralte max	0.12	%
fricción max	0.17	
Rmin =	24.44	m

Según [27], es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.2%.
- Si el bombeo es de 2.5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.5% y la mínima excepcional de 0.35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0.5%.

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día																				
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10.00	10.00
40 km/h															9.00	8.00	9.00	10.00		
50 km/h										7.00	7.00			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00		
60 km/h					6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70 km/h			5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	6.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00		
80 km/h	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00			7.00	7.00		
90 km/h	4.50	4.50	5.00		5.00	5.00	6.00		5.00	5.00							6.00	6.00		
100 km/h	4.50	4.50	4.50		5.00	5.00	6.00		5.00				6.00							
110 km/h	4.00	4.00			4.00															
120 km/h	4.00	4.00			4.00															
130 km/h	3.50																			

Notas:

1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.

2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

Figura 9: Pendientes máximas [27]

Adicionalmente, de acuerdo con [27], se hace mención que de manera excepcional el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Este criterio deberá ser justificado de forma técnica y económica.

Para el caso del presente proyecto, que presenta un acceso que cae dentro de la clasificación de carretera de tercera clase, se deberán tener en cuenta consideraciones adicionales:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contará con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50m de longitud, debe evitarse pendientes mayores a 8%, con el fin de que las pendientes del lado interior de la curva no incrementen significativamente.

Parte de la carretera destinada a la circulación del tránsito que este compuesta por uno, dos o más carriles, no tienen incluida la berma. Adicionalmente dicho número de carriles en cada calzada estará en función de lo previsto en el estudio de IMDA de diseño, además del nivel de servicio deseado.

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
Tráfico vehículos/día	> 6,000				6,000 - 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400					
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase					
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30km/h																					5.00	6.00
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
50 km/h											7.20	7.20			6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	5.00	
60 km/h					7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60	6.60			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60				
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60				
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20									
110 km/h	7.20	7.20			7.20																	
120 km/h	7.20	7.20			7.20																	
130 km/h	7.20																					

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Figura 10: Anchos mínimos de calzada en tangente [27]

2.1.8 DEFENSA RIBEREÑA

Para el caso de la defensa ribereña, se optó por usar una defensa de tipo flexible en lugar de una rígida. El criterio que se tuvo en cuenta radica en aprovechar la gran cantidad de rocas que componen la zona de estudio. Se verificó según el mapa geológico que brinda el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMET), que las rocas son competentes en cuanto a sus características físicas y mecánicas.

Sin embargo, en el caso de defensas ribereñas un tipo de falla crítica corresponde al desgaste por abrasión, efecto que se produce por los ciclos de fatiga producto de la fricción entre la roca y el agua, por ello fue que se realizó un ensayo de abrasión para garantizar que la roca resista este tipo de sollicitación.

Desde el punto de vista económico, emplear una defensa enrocada resulta beneficioso para el presente proyecto, puesto que el material de la zona es 100% reutilizable y los gatos radicarían, únicamente, en maquinaria para su construcción y mano de obra para remodelar o acomodar la bolonería.

Según Suarez [28], existen diversos tipos de defensas ribereñas, y cada uno de ellos tiene un comportamiento estructural distinto. Con la finalidad de enriquecer la teoría se mencionan algunos tipos:

- Muros masivos rígidos

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

- Muros de concreto reforzado

En el diseño de los muros en voladizo se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Garantizar la estabilidad intrínseca del muro para evitar volcamiento o deslizamiento sobre el suelo de cimentación.
- Evaluar la estabilidad general del talud o cálculo del factor de seguridad, incluyendo la posibilidad de fallas por debajo de la cimentación del muro.
- Diseñar las secciones y refuerzos internos para resistir momentos y cortantes utilizando procedimientos de ingeniería estructural. El diseño estructural interno requiere del cálculo de esfuerzos de flexión y de cortante tanto en la cimentación como en el cuerpo del muro.

- Muros masivos flexibles

Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura.

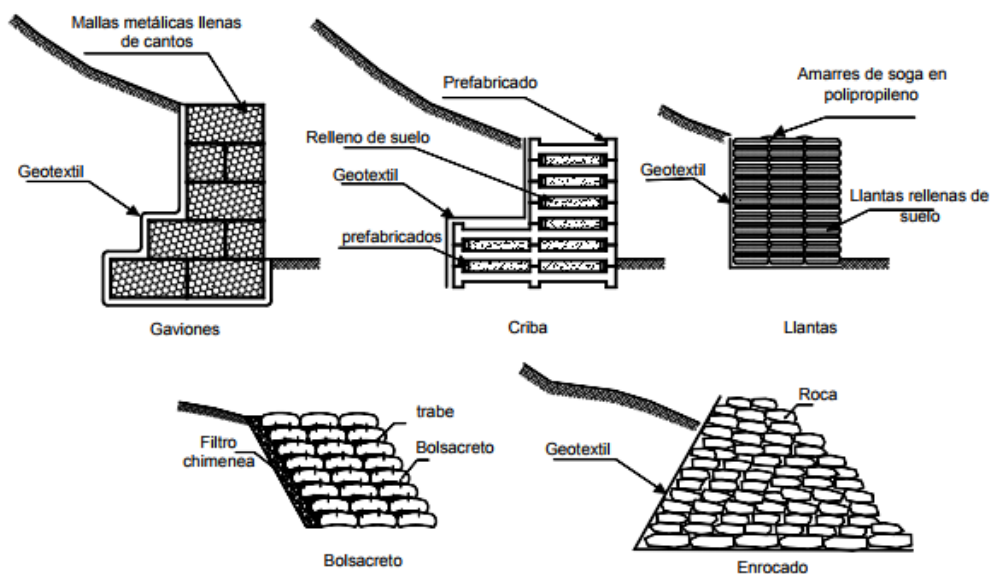


Figura 11: Tipología de muros flexibles [28]

- Muros criba

Los muros criba son construidos con elementos largos prefabricados de concretos entrelazados formando series de cajones, los cuales se rellenan con suelo granular. Son estructuras flexibles y fáciles de construir. Una variante de los muros criba es un muro llamado “Bin Wall”, el cual consiste en cajas metálicas de acero que están unidas con tornillos en unidades modulares.

Los muros criba pueden ser completamente verticales o inclinados hacia adentro del talud para mayor estabilidad. Estos pueden diseñarse con sistemas de siembra de plantas para mayor estabilidad y presentación.

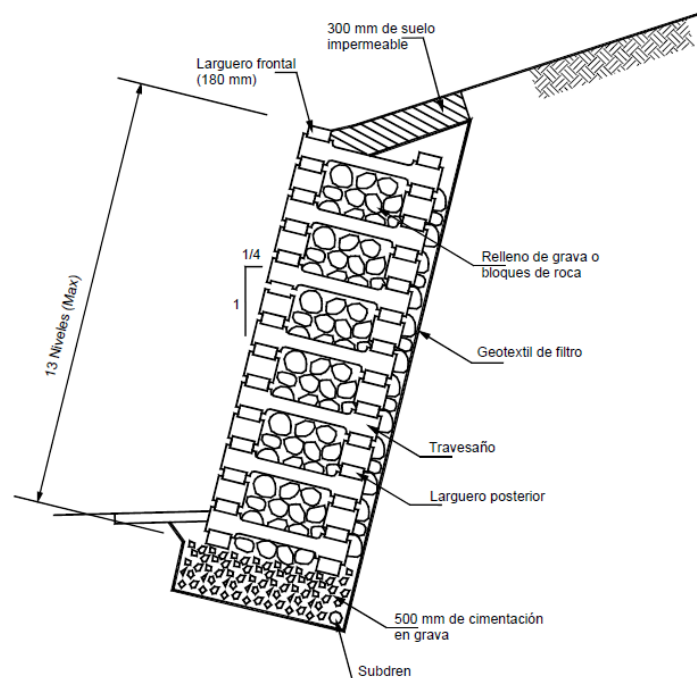


Figura 12: Esquema general de un muro criba [28]

El muro Criba teóricamente se comporta como un muro de gravedad, pero presenta el problema de que no es masivo y se debe analizar la posibilidad de que ocurran superficies de falla por encima del pie del muro. Los travesaños y los largueros deben diseñarse para resistir flexiones debidas a la presión horizontal del relleno sobre los prefabricados. Las cabezas de los travesaños deben ser diseñadas para resistir el cortante generado y deben ser capaces de transferir las fuerzas de tensión inducidas.

Los muros criba son más sensitivos a los asentamientos diferenciales que otros tipos de muros flexibles. La altura máxima a la cual puede construirse una pared criba de celda simple es

aproximadamente 5 metros y la altura máxima generalmente utilizada es de 7 metros, utilizando celdas dobles o triples. Los muros criba se construyen generalmente en alineamientos rectos, pero con el manejo adecuado de elementos especiales pueden construirse en forma curva en radios mínimos hasta de 25 metros.

Muros en Gaviones

Uno de los sistemas de protección más utilizados, cuya matriz de funcionamiento radica en cantos de roca que son encajonados con mallas de alambre galvanizado. El principal inconveniente de este sistema de protección es que se debe tener especial cuidado en el amarre entre unidades de gaviones, puesto que un mal movimiento y podría perderse el monolitismo del sistema.

2.1.9 DISEÑO ESTRUCTURAL

Se exponen a continuación las consideraciones para el desarrollo de este capítulo.

Materiales:

Acero estructural

- Plancha metálica ASTM A709 G.50 $f_y=345$ MPa
- Conectores STUDS ASTM A108 G.1015 $f_y=345$ MPa
- Pernos ASTM A490

Soldadura

- Electrodo AWS E7018

Elastómero

- Neopreno DUREZA 60 SHORE A

Acero de refuerzo

La armadura de refuerzo a emplearse para los distintos elementos estructurales será:

- Armadura en losa, estribos (ASTM A 615 grado 60) $f_y = 420$ MPa
- Módulo de elasticidad 200 000 MPa
- Coeficiente de dilatación térmica 11.7×10^{-6} mm/mm/°C

Concreto

La resistencia a la compresión del concreto emplearse será:

- Concreto en solados $f'c = 10 \text{ MPa}$
- Concreto en cimentación $f'c = 28 \text{ MPa}$
- Concreto en estribos $f'c = 28 \text{ MPa}$
- Concreto en losa de tablero $f'c = 28 \text{ MPa}$
- Concreto en losa de transición $f'c = 28 \text{ MPa}$
- Coeficiente de dilatación térmica: Para el coeficiente de dilatación térmica del concreto se toma un valor de $10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Recubrimientos:

Los recubrimientos mínimos a disponer serán:

- Tablero refuerzo superior 4.0 cm
- Tablero refuerzo inferior 3.0 cm
- Cimentaciones sobre solados 5.0 cm
- Muros de estribos y aletas (trasdós) 7.50cm
- Muros de estribos y aletas (intradós) 4.00cm

Cargas:

Cargas Permanentes (DC)

Son aquellas que actúan durante toda la vida útil de la estructura sin variar significativamente, o que varían en un sólo sentido hasta alcanzar un valor límite. Corresponden a este grupo el peso propio de los elementos estructurales y las cargas muertas adicionales tales como el peso de la superficie de rodadura o las barreras. También se consideran como cargas permanentes debido al empuje de tierra, las deformaciones permanentes originadas por los procedimientos de construcción y los efectos de asentamientos de apoyo, entre otros.

El peso propio de la estructura será calculado a partir de los siguientes valores del peso específico:

- Concreto: 25.00kN/m³
- Acero: 78.50kN/m³
- Asfalto: 23.00kN/m³

Superficie de rodadura (DW)

Representa el efecto del peso de las acciones de la superficie de desgaste de 50mm de espesor. Se considera el peso específico de 23.00kN/m³. Se determina un peso de 1.15kN/m² sobre la estructura.

Empuje en reposo (EH) y peso de tierras (EV)

Las acciones debidas al terreno sobre los muros de estribos se analizan mediante el coeficiente de empuje activo, reposo o pasivo. Se considerarán las siguientes propiedades del relleno:

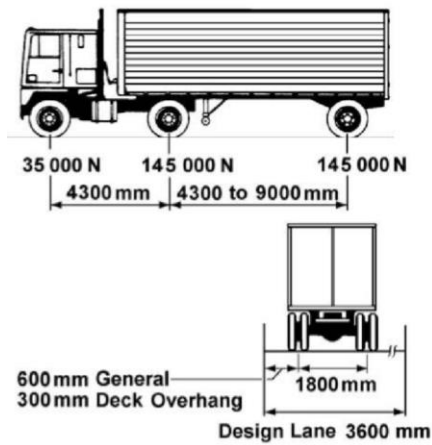
- Ángulo de rozamiento interno del relleno $\phi = 34^\circ$.
- Peso específico del suelo $\gamma_{\text{soil}} = 20 \text{ kN/m}^3$.

Cargas variables

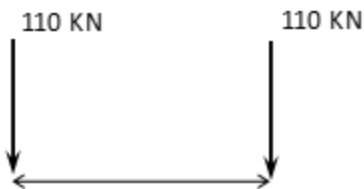
Sobrecarga vehicular HL-93

Camión de Diseño

Consiste en un camión ideal de 325kN de peso total, cuyos espaciamientos entre ejes y distribución de cargas son mostrados a continuación:



Tándem de Diseño



Es también un vehículo ficticio de diseño con los ejes de carga de 110kN espaciados 1.20m en el sentido longitudinal y 1.80m en el transversal.

Carga de Carril

La carga de carril consiste en una carga de 9.3N/mm uniformemente distribuida en la dirección longitudinal. Transversalmente, se asume que la carga de carril se distribuirá en el ancho total.

Carga de Trafico e Impacto (LL+IM)

Los efectos estáticos del camión de diseño o del tándem deberán ser incrementados, en un porcentaje indicada en la siguiente tabla, por ser cargas dinámicas.

Component	<i>IM</i>
Deck Joints—All Limit States	75%
All Other Components	
• Fatigue and Fracture Limit State	15%
• All Other Limit States	33%

Tabla 4: Factor de amplificación dinámica [16]

Fatiga

Los efectos de fatiga en estructuras de acero, serán evaluadas según lo especificado en el artículo 3.6.1.4 del AASHTO – LRFD.

Frenado (BR)

El Apartado 3.6.4 del AASHTO LRFD, establece que la fuerza de frenado podrá ser estimada como el mayor valor de:

- 25% del peso del camión de diseño o tándem de diseño.
- 5% del peso del camión de diseño más la carga distribuida o 5% del peso del tándem de diseño.

Los factores de presencia múltiple especificados en el Artículo 3.6.1.1.2 deberán ser aplicados.

Variación de temperatura uniforme (TU)

Para los cálculos se asumirá una temperatura media de la estructura de 20°C y unas temperaturas mínimas y máximas de -20°C y +50°C. Tal como se en el Apartado 2.4.3.9.2 del Manual de Diseño de Puentes [17].

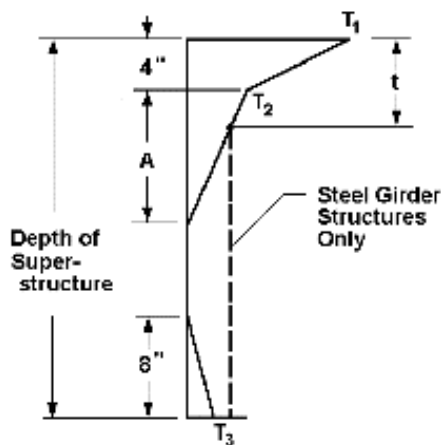
<i>Material</i>	<i>Costa</i>	<i>Sierra</i>	<i>Selva</i>
<i>Concreto armado o preesforzado</i>	<i>10° a 40°C</i>	<i>-10° a +35°C</i>	<i>10° a 50°C</i>
<i>Acero</i>	<i>5° a 50°C</i>	<i>-20° a +50°C</i>	<i>10° a 60°C</i>
<i>Madera</i>	<i>10° a 40°C</i>	<i>-10° a +35°C</i>	<i>10° a 50°C</i>

Tabla 5: Rangos de temperatura de acuerdo al material base (°C) [17]

- La variación de temperatura uniforme positiva será igual a 30°C.
- La variación de temperatura uniforme negativa será igual a -40°C.

Gradiente de temperatura (TG)

De acuerdo a lo mencionado en [17]:



El manual de puentes establece que para estructuras principalmente de acero, se pueden emplear los siguientes valores: $T_1 = 35^{\circ}\text{C}$ y $T_2 = 5^{\circ}\text{C}$ para gradientes positivos, y $T_1 = -15^{\circ}\text{C}$ y $T_2 = -2.50^{\circ}\text{C}$ para gradientes negativos.

	<i>Sin Asfalto</i>		<i>5 cm Asfalto</i>		<i>10 cm Asfalto</i>	
<i>Región</i>	T_1	T_2	T_1	T_2	T_1	T_2
<i>Costa</i>	40	15	35	15	30	15
<i>Sierra</i>	40	5	35	5	30	5
<i>Selva</i>	50	20	45	20	40	20

Tabla 6: Temperatura para definición de gradientes ($^{\circ}\text{C}$) [17]

Sobrecarga peatonal (PL)

De acuerdo a lo establecido en el apartado 2.4.3.6.1 en [17], se deberá aplicar una sobrecarga peatonal de 367kgf/m^2 (3.60kN/m^2) en todas las veredas de más de 0.60m de ancho, y esta carga se deberá considerar simultáneamente con la sobrecarga vehicular de diseño.

Sobrecarga viva sobre relleno (LS)

Según el Apartado 3.11.6.4 de AASHTO 2017 [16], para el cálculo de la sobrecarga de superficie sobre rellenos en el trasdós de los muros de estribos, se debe tener en cuenta una altura adicional equivalente a la carga vehicular, de acuerdo a la siguiente tabla:

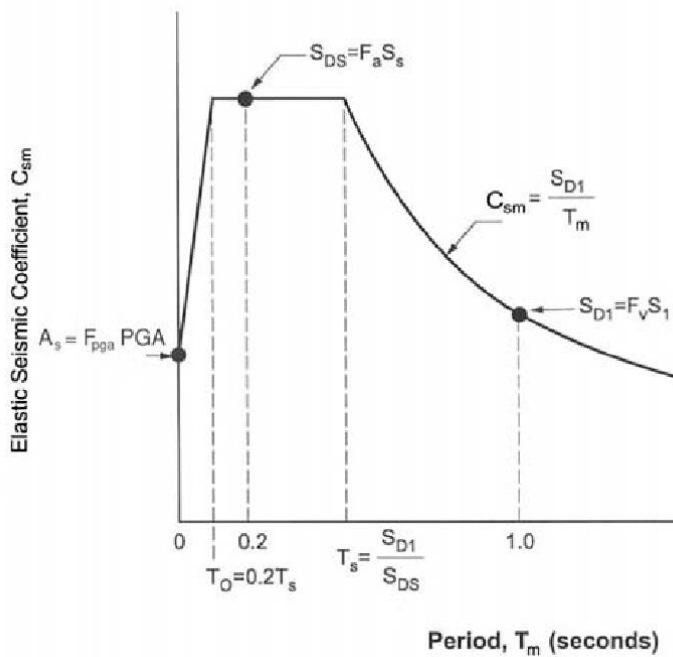
Abutment Height (ft)	h_{eq} (ft)
5.0	4.0
10.0	3.0
≥ 20.0	2.0

Tabla 7: Altura adicional equivalente para sobrecarga vehicular [16]

Por lo tanto, en función de la altura del muro, se interpolan los valores del espesor de tierras equivalente y se multiplica este valor por la densidad considerada de los rellenos.

Sismo (EQ)

Los efectos sísmicos sobre la estructura del puente, serán analizados de acuerdo a lo indicado en el Apartado 3.10 del AASHTO LRFD (2017) [16].



Los valores del espectro se definen de la siguiente manera:

Coefficientes de aceleración

- PGA: Coeficiente de aceleración pico en terreno tipo B (Roca)

- S_s : Coeficiente de aceleración espectral para un periodo de 0.20s

- S_1 : Coeficiente de aceleración espectral para un periodo de 1.00s

Factores de sitio

- F_{pga} : Factor de sitio para la aceleración pico
- F_a : Factor de sitio para la aceleración de periodo 0.20s
- F_v : Factor de sitio para la aceleración de periodo 1.00s

Definición de los puntos principales del espectro

$$A_s = F_{pga} PGA$$

$$S_{DS} = F_a S_s$$

$$S_{D1} = F_v S_1$$

Periodos que definen la meseta del espectro

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_o = 0.2T_s$$

Para valores intermedios de periodos las aceleraciones se definen de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$C_{sm}(T_m) = \left[\begin{array}{ll} A_s + (S_{DS} - A_s) \cdot \frac{T_m}{T_o} & \text{si } T_m \leq T_o \\ S_{DS} & \text{si } T_o < T_m \leq T_s \\ \frac{S_{D1}}{T_m} & \text{si } T_m > T_s \end{array} \right]$$

El empuje activo dinámico (Ead) responde a la expresión:

$$E_{ad} = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 (1 - K_v) K_{ad} \quad (1)$$

donde γ es el peso unitario del suelo de relleno, H la altura de muro de contención, K_v el coeficiente sísmico vertical y K_{ad} el coeficiente de empuje activo dinámico.

Los coeficientes de empuje activo y pasivo dinámicos se obtienen mediante expresiones que contemplan las características geométricas y el parámetro geotécnico del suelo considerado.

$$K_{ad} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cdot \cos^2\beta \cdot \cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \left[1 + \frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)} \right]^2} \quad (2)$$

donde ϕ es el ángulo de fricción interna, δ es el ángulo de fricción entre muro y suelo, i es el ángulo de inclinación del relleno, β es el ángulo de inclinación del paramento interior del estribo y θ se obtiene como:

$$\theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{Kh}{1 - K_v}\right) \quad (3)$$

El procedimiento para el diseño y verificación de estribos mediante la formulación de Mononobe-Okabe puede resumirse de la siguiente manera:

- | | |
|---|--|
| 1. Determinar el empuje activo en condiciones estáticas. | $E_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 K_a$ |
| 2. Calcular el empuje activo dinámico | $E_{ad} = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 (1 - K_v) K_{ad}$ |
| 3. Obtener el incremento dinámico de empuje ΔE_{ad} | $\Delta E_{ad} = E_{ad} - E_a$
E_a actúa a 1/3 de H medido desde la base.
ΔE_{ad} actúa a 0,6 de H medido desde la base. |
| 4. Determinar el peso del muro para resistir el vuelco y deslizamiento. | $W = C_i \cdot E_{ad}$ |

Combinaciones de carga

La condición de diseño básica que debe cumplir cada una de las componentes de la estructura es que su capacidad resistente no debe ser excedida por la solicitación amplificada, de acuerdo al estado límite de análisis.

La solicitación amplificada es tomada como: $Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i$

En donde η_i es el modificador de las cargas, γ_i son los factores de amplificación de cargas y Q_i son las solicitaciones de las cargas.

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
<i>DC</i> : Component and Attachments		1.25	0.90
<i>DC</i> : Strength IV only		1.50	0.90
<i>DD</i> : Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.40	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (2010) Method	1.25	0.35
<i>DW</i> : Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
<i>EH</i> : Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• <i>AEP</i> for anchored walls		1.35	N/A
<i>EL</i> : Locked-in Construction Stresses		1.00	1.00
<i>EV</i> : Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures			
o Metal Box Culverts, Structural Plate Culverts with Deep Corrugations, and Fiberglass Culverts		1.50	0.90
o Thermoplastic Culverts		1.30	0.90
o All others		1.95	0.90
<i>ES</i> : Earth Surcharge		1.50	0.75

Tabla 8: Factores de amplificación para cargas permanentes [16]

Los estados límites considerados para la verificación de los distintos elementos estructurales son:

- RESISTENCIA I: Combinación básica de carga relacionada con el uso vehicular normal, sin considerar el viento.
- RESISTENCIA III: Combinación de carga relacionada a la exposición del puente a la velocidad de diseño del viento.
- SERVICIO I: Combinación de carga empleada para controlar el nivel de esfuerzos para una operación normal del uso del puente incluyendo los efectos del viento.
- SERVICIO II: Combinación de carga considerando para controlar la fluencia de las estructuras de acero y el deslizamiento de las conexiones críticas, debidos a la carga viva vehicular.
- EVENTO EXTREMO I: Combinación de carga incluyendo sismo.
- FATIGA II: Combinación de carga para puentes con bajo volumen de tráfico.

Descripción de la estructura

La estructura analizada es un puente metálico compuesto por reticulados en la superestructura. Dichos reticulados son conectados en la parte inferior por vigas transversales, las mismas que reciben la losa del tablero, y en la parte superior son arriostrados por perfiles metálicos.

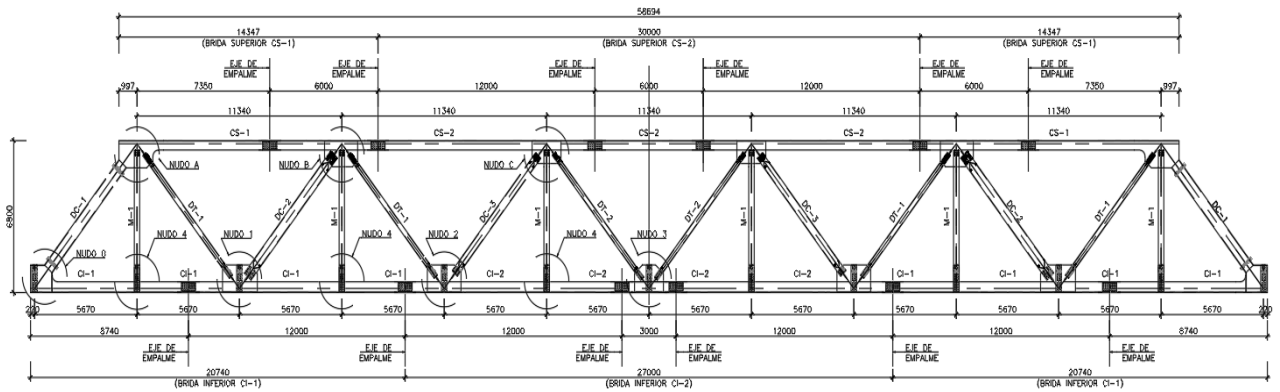


Figura 13: Vista longitudinal de la superestructura del puente

El puente es de un solo tramo y cubre una luz libre de 68 metros entre apoyos. La cimentación se solucionó mediante el empleo de estribos en voladizo de alturas variables.

Estribo Derecho: 9.4m

Estribo Izquierdo: 7.3m

La sección transversal del puente se definió con 02 carriles de 3 metros de ancho y una vereda de 1.20m de ancho libre mas 0.15m de sobrancho para la ubicación de barandas metálicas esto a corde a los requerimientos mínimos exigidos en el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito [29] y el Manual de diseño de puentes [16].

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Tabla 9: Características básicas para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

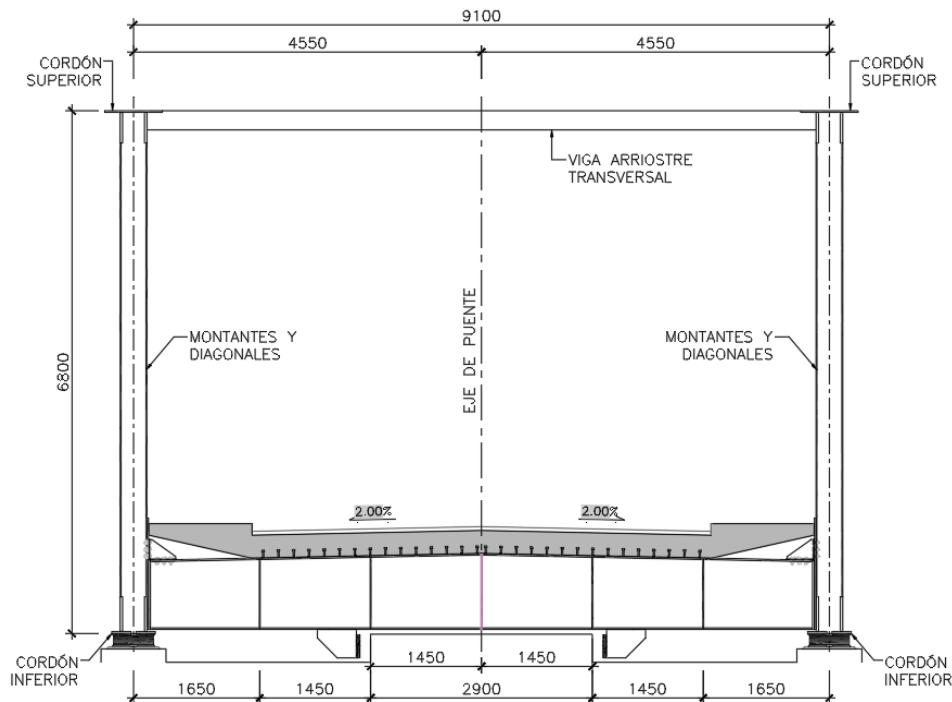


Figura 14: Sección transversal del puente.

Para el diseño estructural del puente se tomó en cuenta los lineamientos establecidos en el manual de puentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) [17] y la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO) [16].

IV. RESULTADOS

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico se comenzó en el cruce de la carretera a Incahuasi con el Río Laquipampa, en la zona donde se ubicaba anteriormente el puente Laquipampa. Se fijaron 2 BM con coordenadas:

BM1.-

ESTE: 671973.243

NORTE: 9300191.729

ELEVACIÓN: 855.735 msnm

BM2.-

ESTE: 672037.105

NORTE: 9300154.792

ELEVACIÓN: 855 msnm

Para el levantamiento topográfico se realizaron esbozos de la zona, detallando puntos referenciales y de replanteo.

TRABAJO DE GABINETE

Se importó los puntos del levantamiento topográfico al programa civil 3D. En el programa se creó la superficie con una equidistancia de 2m entre curvas de nivel menores y 5m entre las mayores, con la ubicación de las diferentes estructuras, zonas agrícolas y del badén por donde transitan los vehículos actualmente.

Además, se trazó el eje del río y sus márgenes existentes para la generación del perfil longitudinal y sus secciones transversales, estas últimas espaciadas aproximadamente cada 40m de distancia.



Figura 15: Vista de planta y perfil longitudinal de la zona de trabajo

ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

3.1.1 ESTUDIO HIDROLÓGICOS

4.2.1.1. PERIODO DE RETORNO

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

$$R=25\%$$

$$n=75 \text{ años}$$

$$T=261 \text{ años}$$

$$T=275 \text{ años (Periodo de retorno final redondeado)}$$

4.2.1.2. CAUDAL DE DISEÑO

Se presenta el registro de precipitaciones de las estaciones hidrometeorológicas de Puchaca, Cueva Blanca e Incahuasi:

Año	Estación		
	Puchaca	Cueva Blanca	Incahuasi
1990	8.5	35.1	31.5
1991	4.2	43.7	21.5
1992	12.9	25.4	22
1993	60.9	33.1	36.6
1994	96.2	27.1	26.5
1995	65.3	33.9	21.5
1996	30.3	30.0	21.6
1997	30	35.3	26.2
1998	150.5	32.0	30.7
1999	50.3	33.9	50.4
2000	40.1	28.6	32.8
2001	50.6	34.6	36.1
2002	74.7	41.8	54.4
2003	40.3	26.8	28.5
2004	73.5	26.4	22.9
2005	41.5	30.4	35.0
2006	77.4	47.4	51.6
2007	10.8	41.1	29.1
2008	45.8	51.7	55.8
2009	55.2	51.8	45.6
2010	38.2	74.1	53.8
2011	20.6	41.1	31.1
2012	60.4	32.9	25.0
2013	30.9	40.2	34.6
2014	14.2	45.4	40.2
2015	50.2	45.8	48.8
2016	22.4	39.8	46.6
2017	148.1	45.0	58.0

Tabla 10: Resumen de datos de precipitaciones máximas mensuales en estaciones meteorológicas (Fuente: SENAMHI)

Luego se procedió a calcular las precipitaciones máximas para los periodos de retorno de T=275 años, para el caso del caudal máximo de diseño, y periodo de retorno de T=500 años, para el cálculo y análisis de socavación.

Para ello se usó el programa RIVER, el cual trabaja con los métodos estadísticos de Gumbel, Pearson III, y Logaritmo Normal.

DATOS RIVER: (PARA T=275 años)

ESTACIÓN METEOROLÓGICA PUCHACA

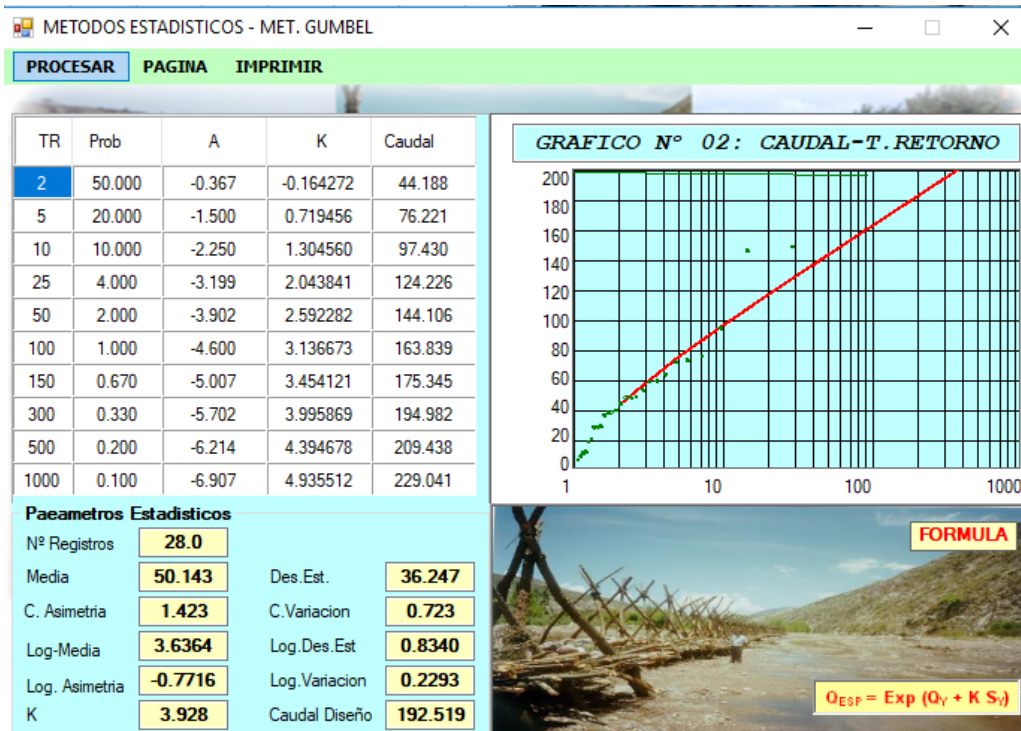


Figura 16: River – Método Estadístico – Método de Gumbel.

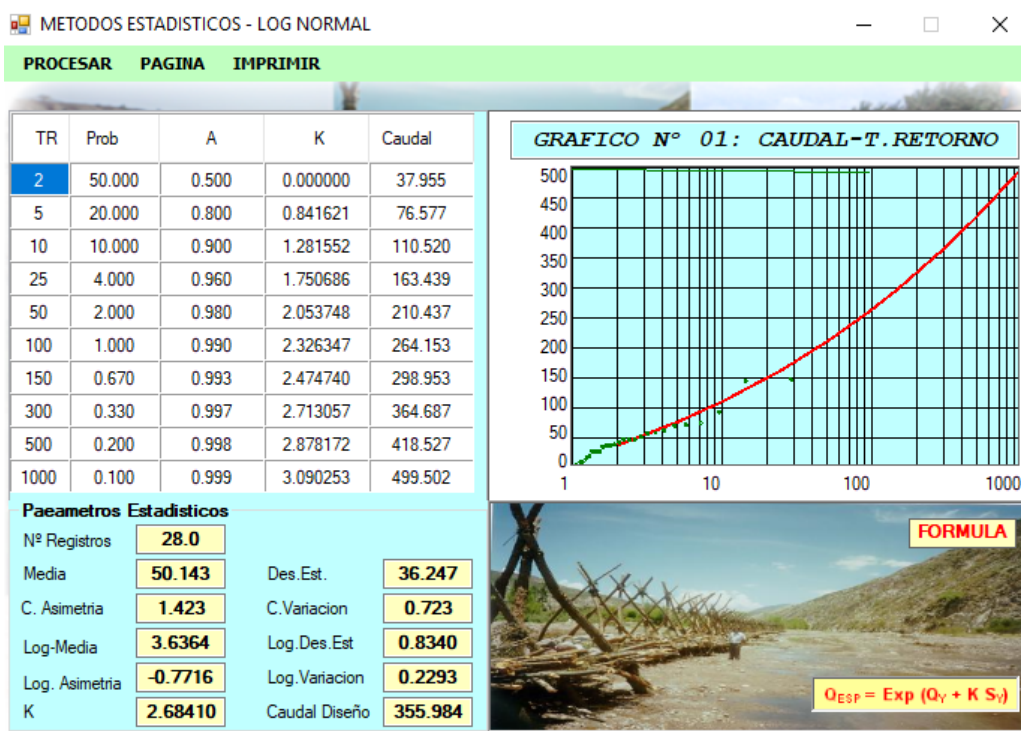


Figura 17: River – Método Estadístico – Log. Normal

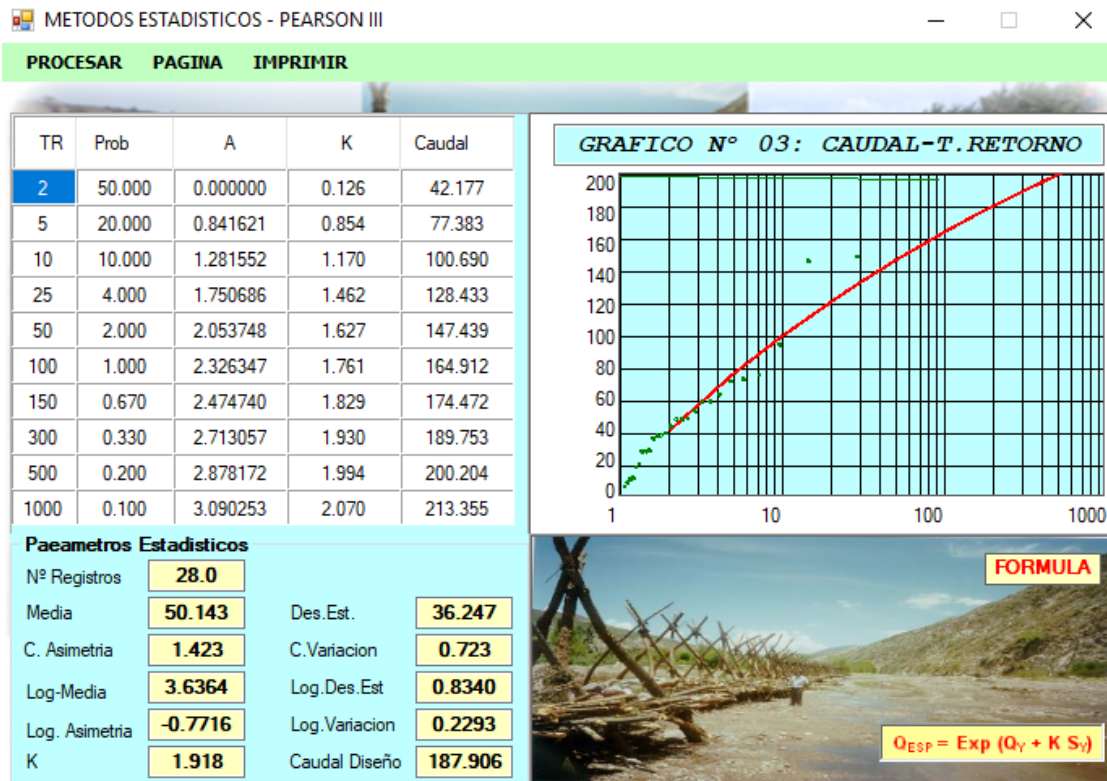


Figura 18: River – Método Estadístico – Pearson III

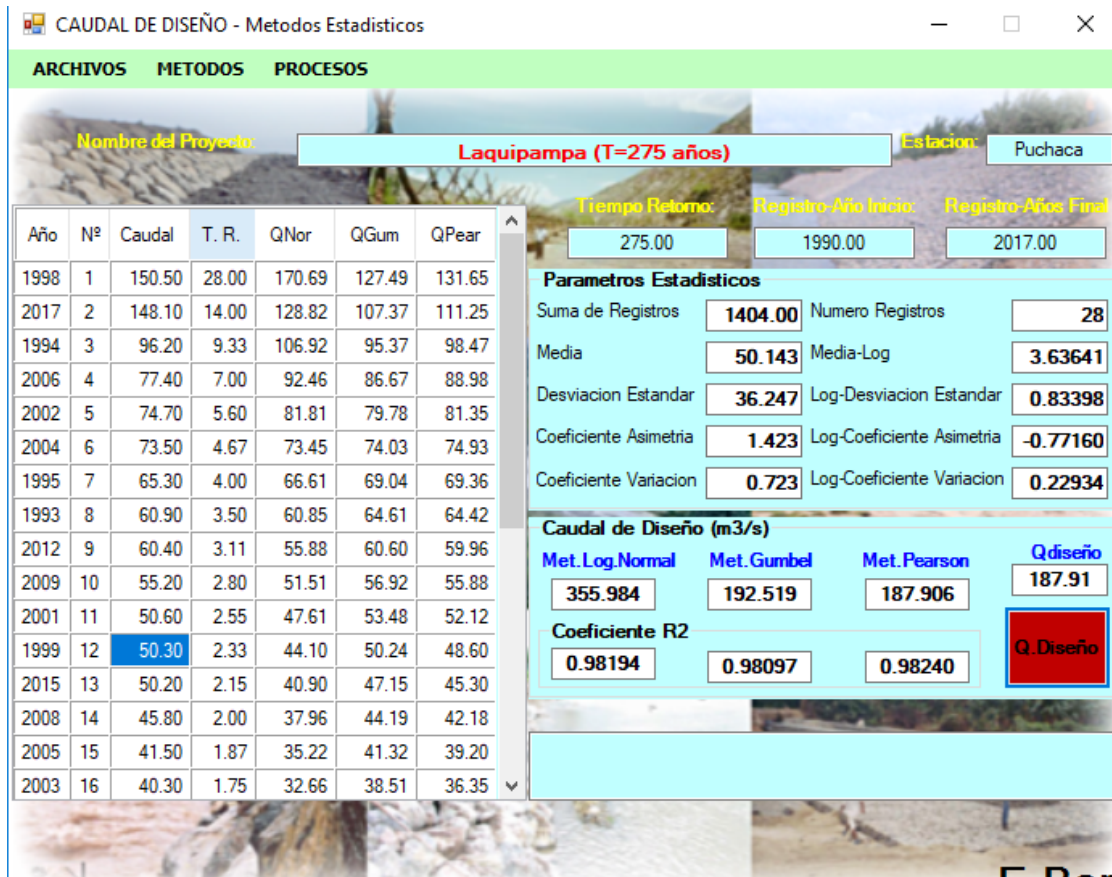


Figura 19: River – Resumen – Precipitación Máxima

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE CUEVA BLANCA:

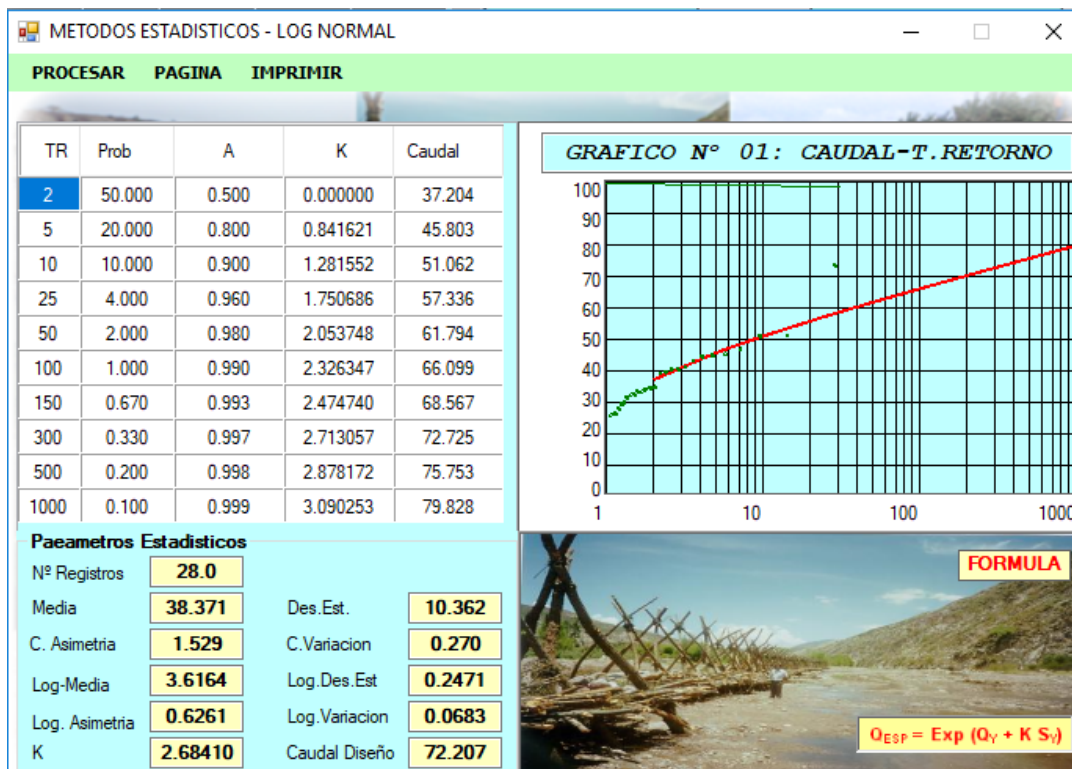


Figura 20: River – Método Estadístico – Log. Normal

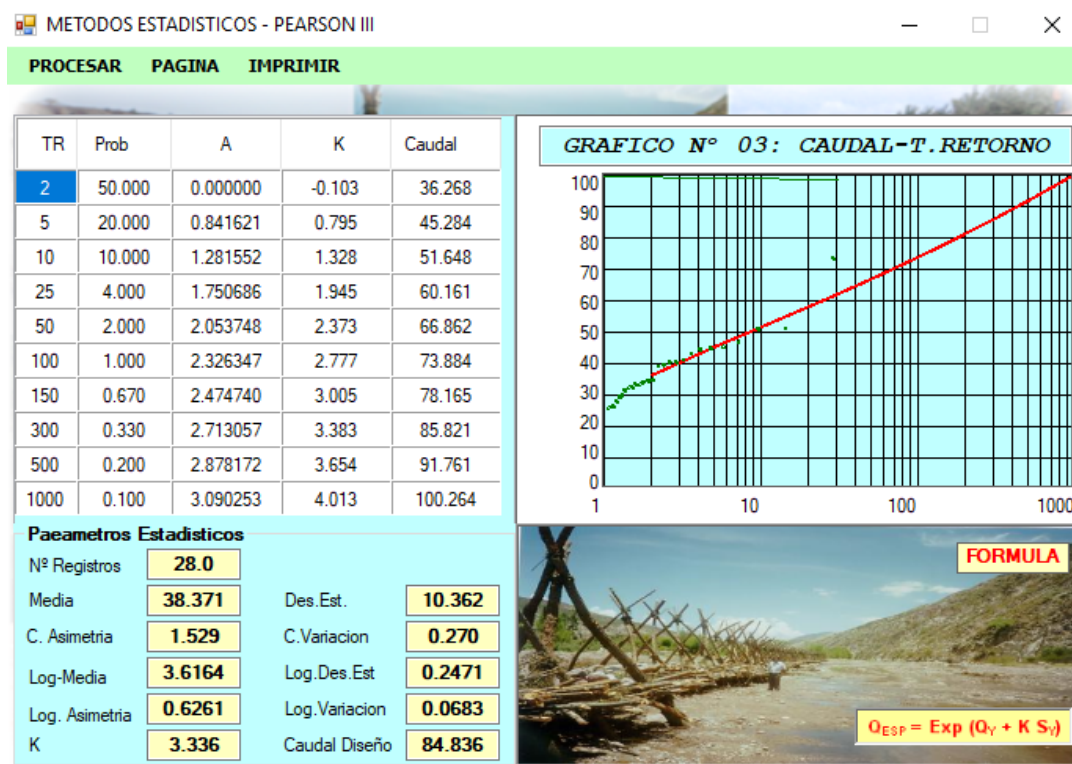


Figura 21: River – Método Estadístico – Pearson III

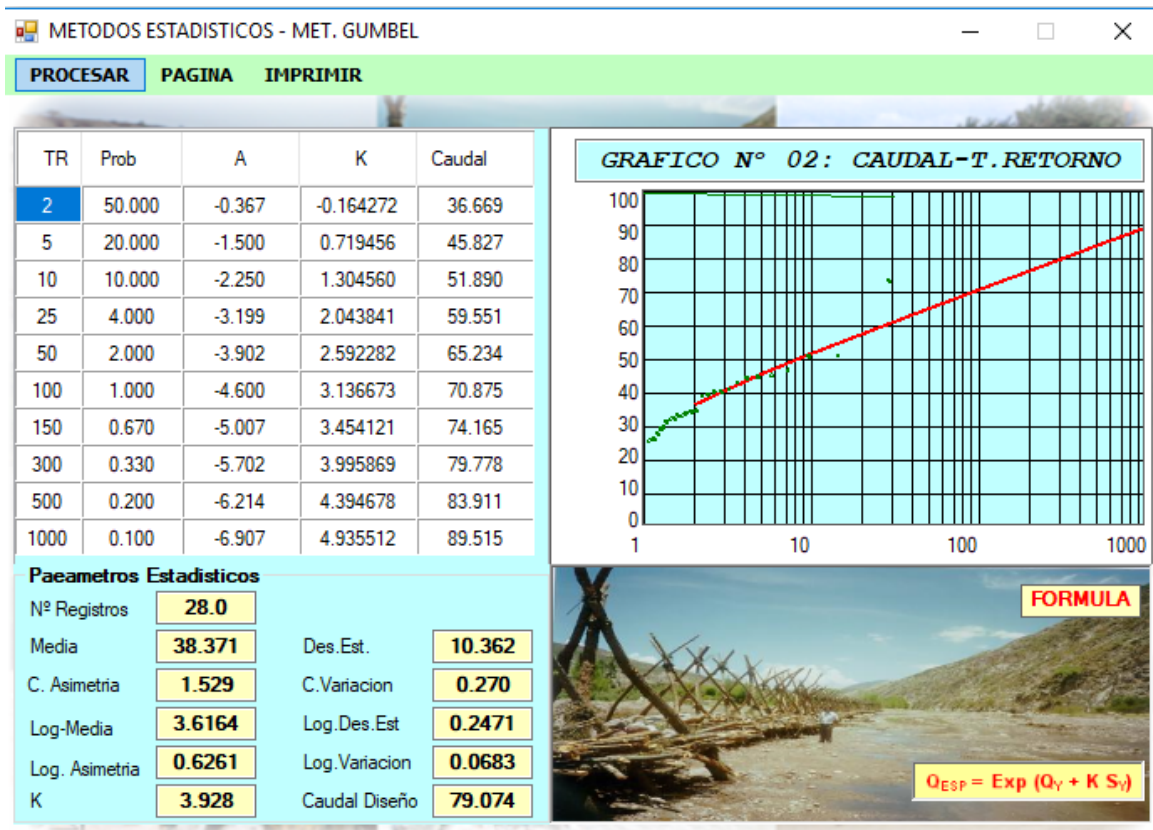


Figura 22: River – Método Estadístico – Método de Gumbel

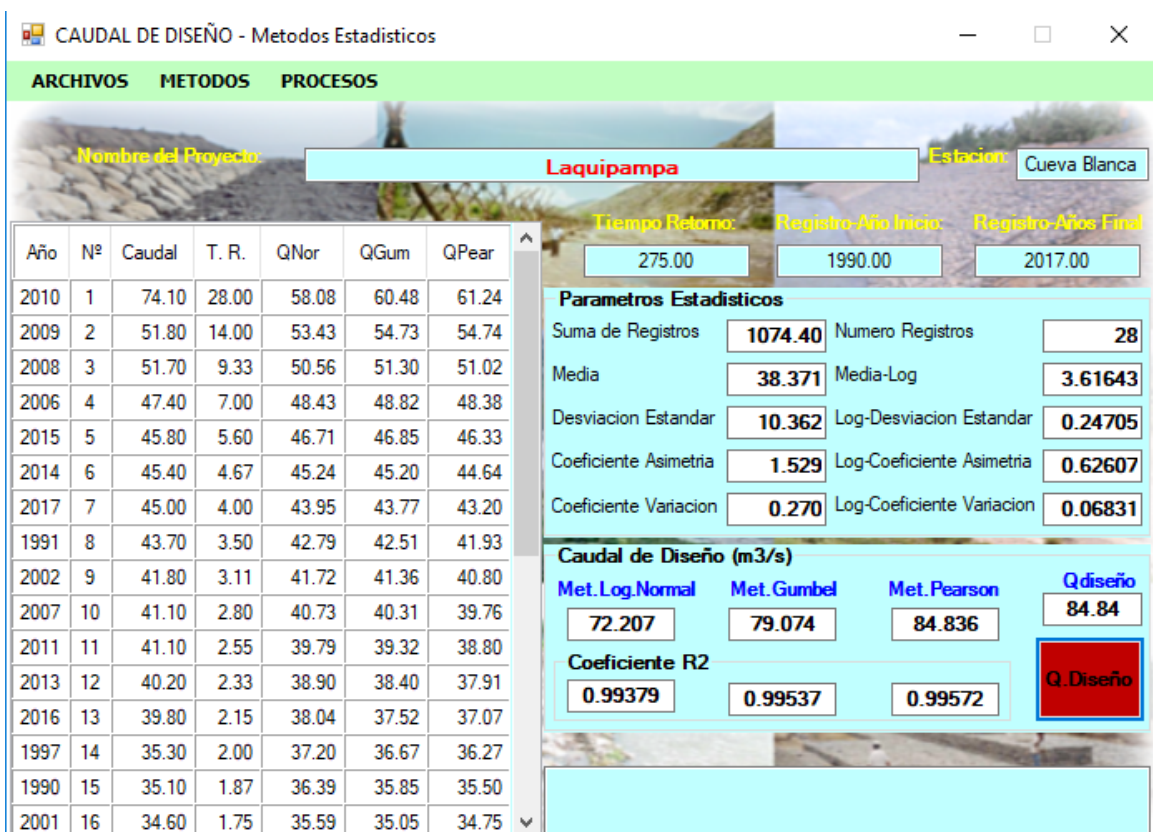


Figura 23: River – Resumen – Precipitación Máxima

ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE INCAHUASI:

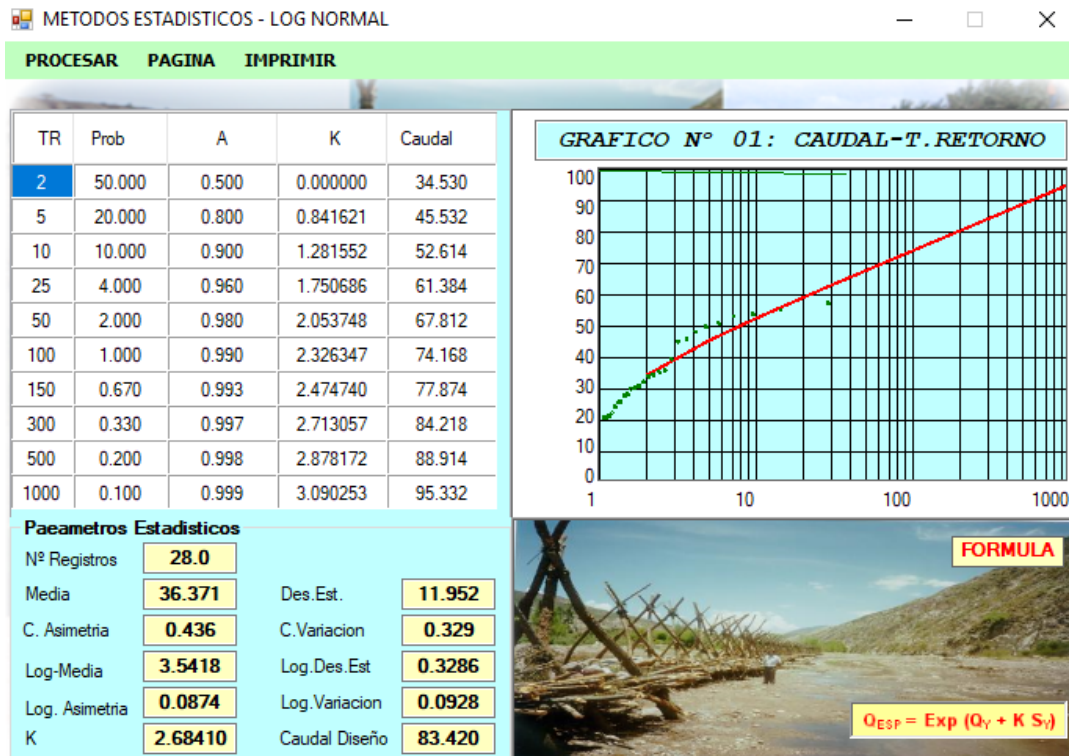


Figura 24: River – Método Estadístico – Log. Normal

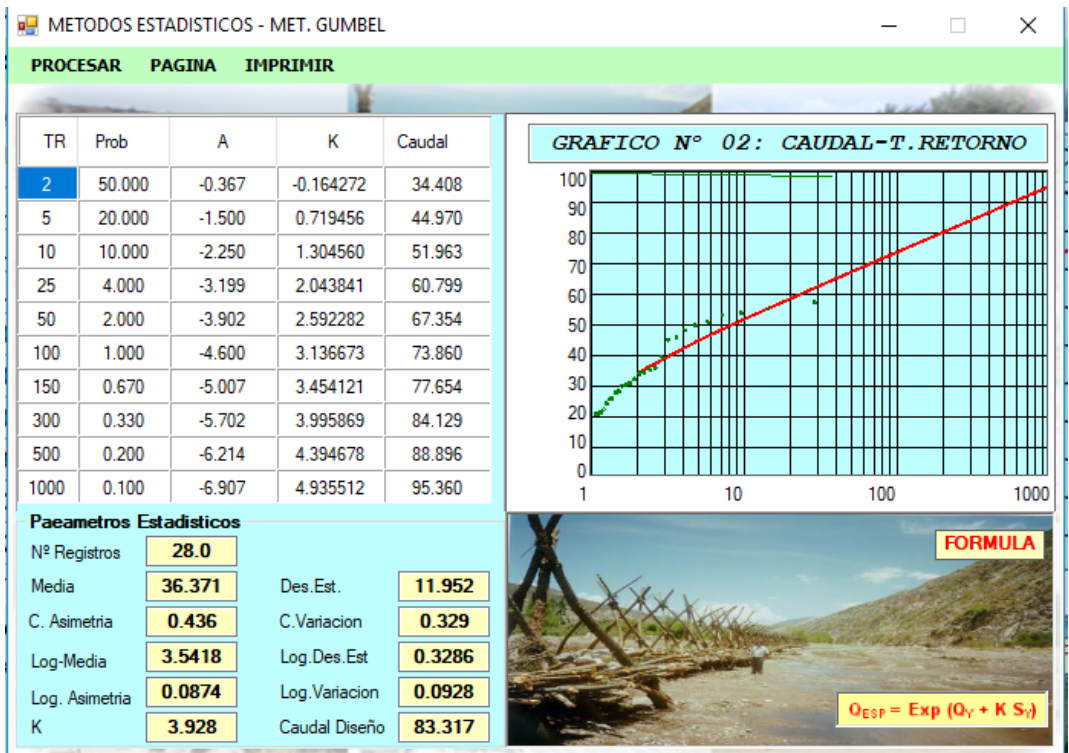


Figura 25: River – Método Estadístico – Método de Gumbel

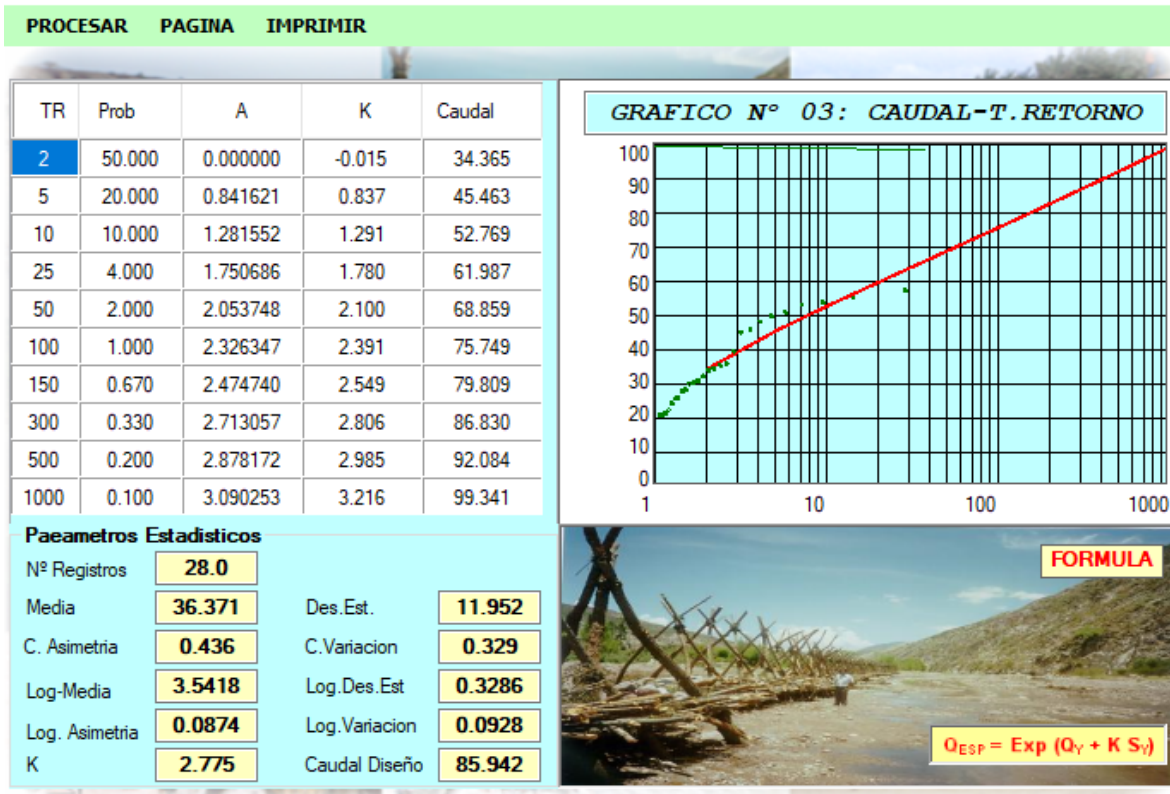


Figura 26: River – Método Estadístico – Pearson III

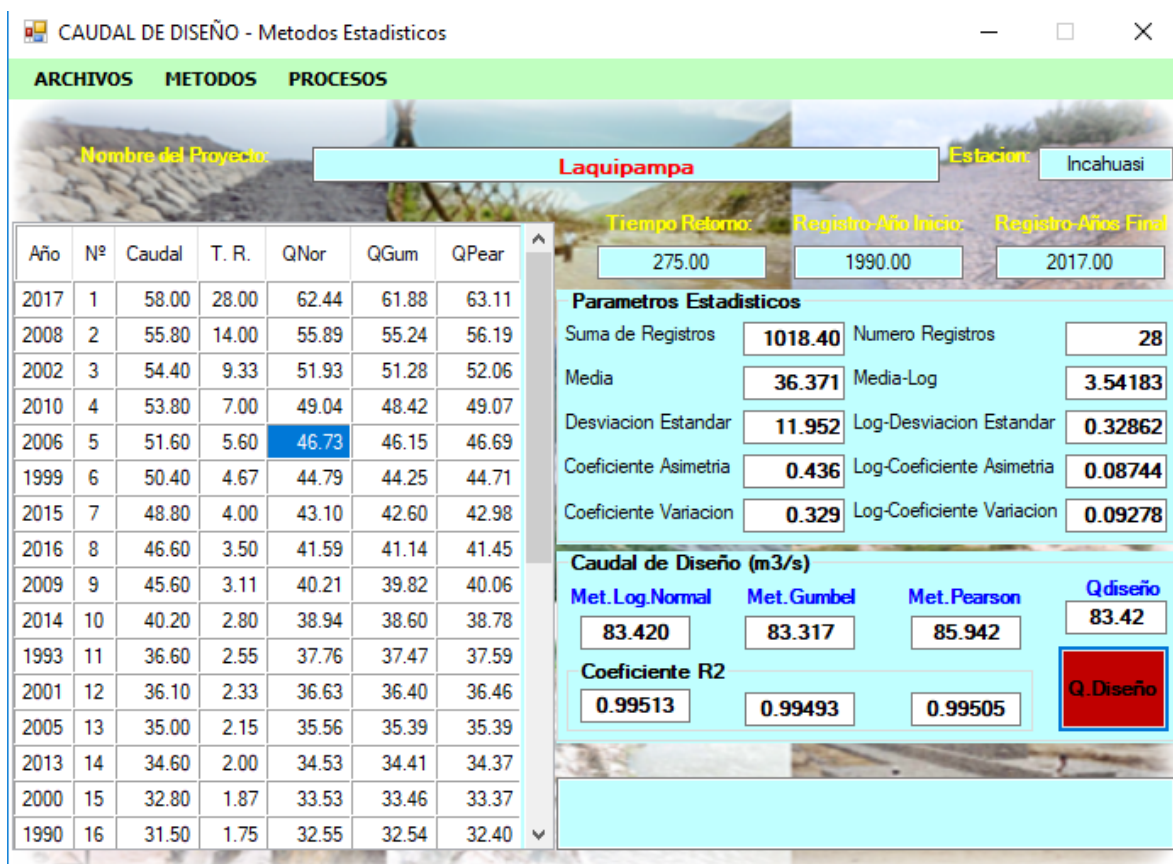


Figura 27: River – Resumen – Precipitación Máxima

4.2.1.3. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA

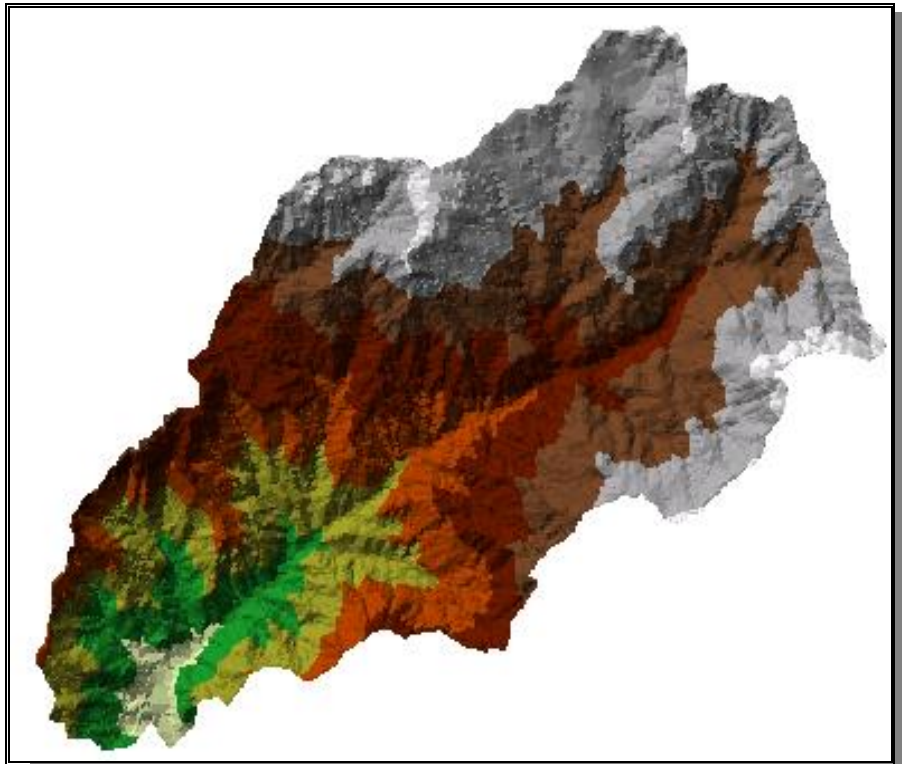


Figura 28: Cuenca Laquipampa

Descripción: Altitud

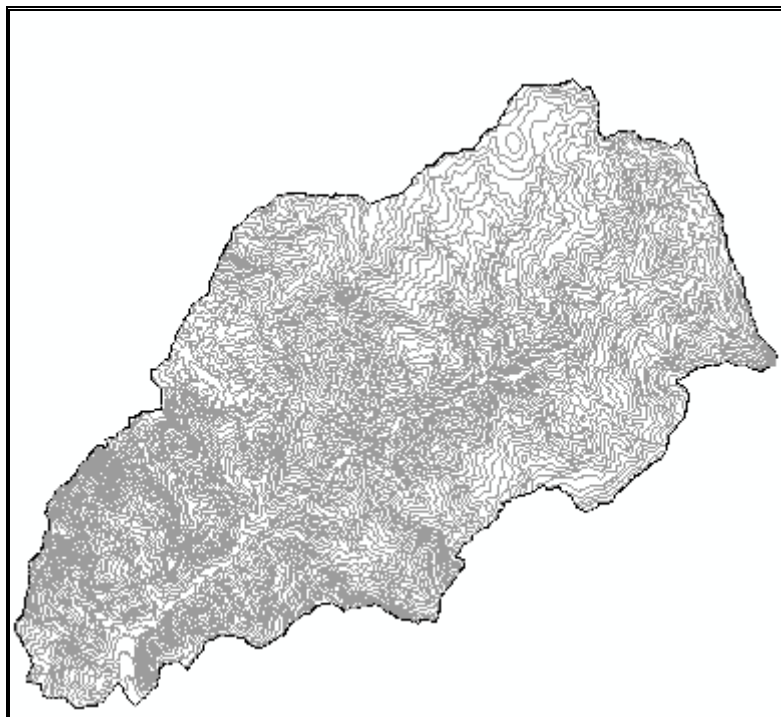


Figura 29: Cuenca Laquipampa, Equidistancia Curvas de Nivel cada 50m

Altitud media= 2795.51907

Altitud más frecuente= 4012.50

Altitud de frecuencia $\frac{1}{2}$ = 2820.2794

Descripción: Pendiente

Pendiente media de la cuenca:

Descripción: Red Hídrica

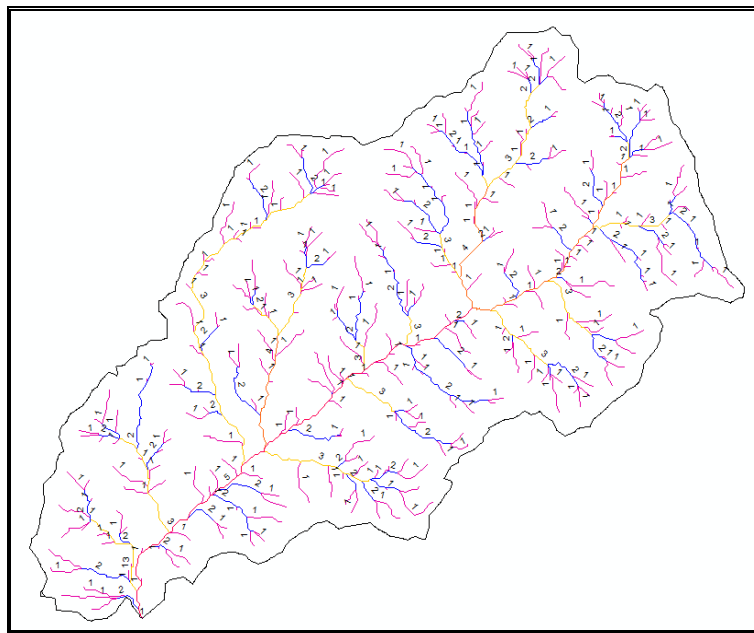


Figura 30: Orden de la Red Hídrica (total = 5)

4.2.1.4. INTENSIDAD PROMEDIO DE LAS SUBCUENCAS

Para el cálculo de la intensidad promedio de precipitaciones en las cuencas (datos fundamentales para el cálculo del caudal en la zona de estudio), se calcularon dos intensidades promedio; una para un periodo de retorno de $T=275$ años y otro para $T=500$ años.

CÁLCULO PRECIPITACIÓN PROMEDIO (T=275 años)

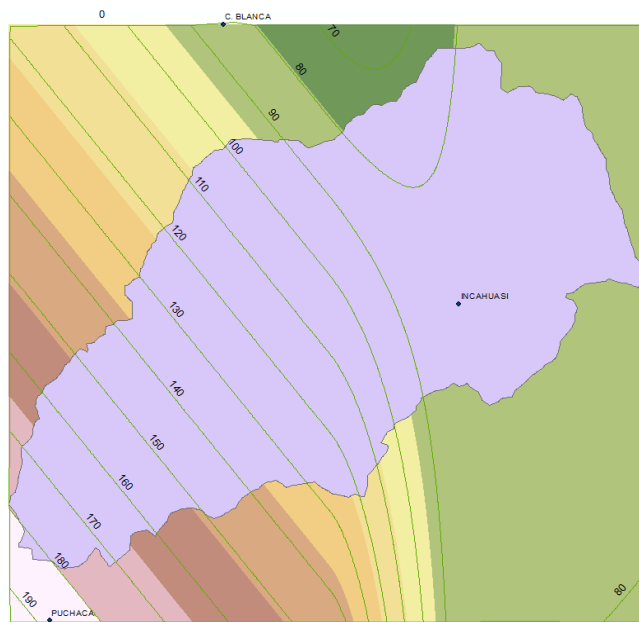


Figura 31: Isoyetas – Cuenca Laquipampa (T=275 años)

Resumen de datos del método de isoyetas:

Polígono	Área Parcial (km2)	Isoyetas de precipitación		Pmedia	A*Pmedia
1	13.707826	80	70	75	1028.08695
2	102.159803	90	80	85	8683.58326
3	22.875183	100	90	95	2173.14239
4	24.001729	110	100	105	2520.18155
5	24.763699	120	110	115	2847.82539
6	24.353572	130	120	125	3044.1965
7	19.074916	140	130	135	2575.11366
8	17.46252	150	140	145	2532.0654
9	14.881458	160	150	155	2306.62599
10	12.688422	170	160	165	2093.58963
11	8.593105	180	170	175	1503.79338
12	0.6324	190	180	185	116.994

Sumatoria 285.194633

31425.1981

Tabla 11: Resumen de isoyetas para el cálculo de la intensidad de precipitación para T=250 años

P. media de la Cuenca.- (T=275 años)

110.188603 mm

CÁLCULO PRECIPITACIÓN PROMEDIO (T=500 años)

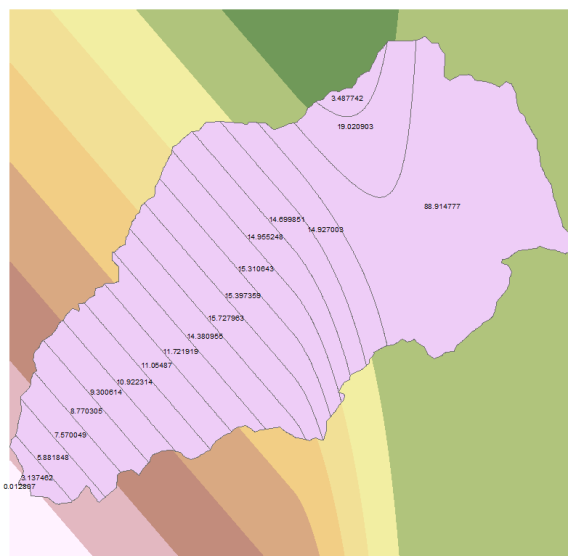


Figura 32: Isoyetas – Cuenca Laquipampa (T=500 años)

Polígono	Área Parcial (km2)	Isoyetas de precipitación		Pmedia	A *Pmedia
3	3.487742	80	70	75	261.58065
2	19.020903	90	80	85	1616.776755
1	88.914777	100	90	95	8446.903815
4	14.927003	110	100	105	1567.335315
5	14.699851	120	110	115	1690.482865
6	14.955248	130	120	125	1869.406
7	15.310643	140	130	135	2066.936805
8	15.397359	150	140	145	2232.617055
9	15.727963	160	150	155	2437.834265
10	14.380955	170	160	165	2372.857575
11	11.721919	180	170	175	2051.335825
12	11.05487	190	180	185	2045.15095
13	10.922314	200	190	195	2129.85123
14	9.300614	210	200	205	1906.62587
15	8.770305	220	210	215	1885.615575
16	7.570049	230	220	225	1703.261025
17	5.881848	240	230	235	1382.23428
18	3.137462	250	240	245	768.67819
19	0.012807	260	250	255	3.265785

Sumatoria 285.194632

38438.74983

Tabla 12: Resumen de isoyetas para el cálculo de la intensidad de precipitación para T= 500 años

P. media de la Cuenca.

- (T=500 años)

134.78076 mm

3.1.2 CÁLCULO DEL CAUDAL

CAUDAL CALCULADO PARA UN PERIODO DE RETORNO T=275 años

Tiempo de Concentración (Tc)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce mayor (km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

L= 32.902 km

S= 0.0193 m/m

Tc= 9.032 h

Coefficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Tc: Tiempo de concentración (horas)

Tc= 9.032 h

K= 1.528

Coefficiente de simultaneidad o Factor reductor (kA)

$$k_A = 1 - \frac{\log_{10}}{15}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

Área = 285.194 km²

Ka = 0.836

Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d$$

Donde:

kA: Factor reductor

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

Pd= 110.188 mm

Ka= 0.836 mm

P= 92.153 mm

Intensidad de Precipitación (I)

$$k_A = \left(\frac{P}{24} \right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc: Tiempo de concentración (horas)

P= 92.153 mm

Tc= 9.032 h

I = 9.493 mm/h

Coeficiente de Escorrentía ©

$$C = \left(\frac{(P_d - P_0) * ((P_d - 23 * P_0))}{(P_d + 11 * P_0)^2} \right)$$

Donde:

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

Po: Umbral de escorrentía = (5000/CN)-50

CN: Número de curva

Pd= 110.188 mm

P0= 30.645

CN= 62

C= 0.324

CAUDAL (Q)

Q = 0,278 CIAK

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³ /s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km²)

K: Coeficiente de uniformidad. Los factores que definen la expresión general son los siguientes:

C= 0.324

I= 9.493 mm/h

$$A = 285.194 \text{ km}^2$$

$$k = 1.528$$

$$Q = 372.668 \text{ m}^3/\text{s}$$

CAUDAL CALCULADO PARA UN PERIODO DE RETORNO T=500 años

Tiempo de Concentración (Tc)

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

$$L = 32.902 \text{ km}$$

$$S = 0.0193 \text{ m/m}$$

$$T_c = 9.03 \text{ h}$$

Coefficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14}$$

Tc= Tiempo de concentración (horas)

$$T_c = 9.03 \text{ h}$$

$$K = 1.527$$

Coefficiente de simultaneidad o Factor reductor (kA)

$$k_A = 1 - \frac{\log_{10}}{15}$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km²)

Área = 285.194 km²

K_a = 0.836

Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d$$

Donde:

K_a: Factor reductor

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

P_d = 134.780 mm

K_a = 0.836

P = 112.720 mm

Intensidad de Precipitación (I)

$$k_A = \left(\frac{P}{24} \right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

T_c: Tiempo de concentración (horas)

P = 112.720 mm

T_c = 9.032 mm/h

I = 11.612 mm

Coefficiente de Escorrentía ©

$$C = \left(\frac{(P_d - P_0) * ((P_d - 23 * P_0))}{(P_d + 11 * P_0)^2} \right)$$

Donde:

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

Po: Umbral de escorrentía = $(5000/CN)-50$

CN: Número de curva.

Pd= 134.780 mm

P0= 30.645

CN= 62.00

C= 0.392

CAUDAL (Q)

Q = 0,278 CIAK

Donde:

Q: Descarga máxima de diseño (m³ /s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km²)

K: Coeficiente de Uniformidad. Los factores que definen la expresión general son los siguientes:

C= 0.392

I= 11.612 mm/h

A= 285.194 km²

k= 1.527

Q= 552.369 km³/s

3.1.2 ESTUDIO HIDRÁULICO

Después de generar las secciones transversales en el Civil 3D se procedió a importarlas al programa HEC-RAS. Una vez aquí, se ingresó los datos de coeficiente de rugosidad, caudal de diseño y tipo de flujo del río.

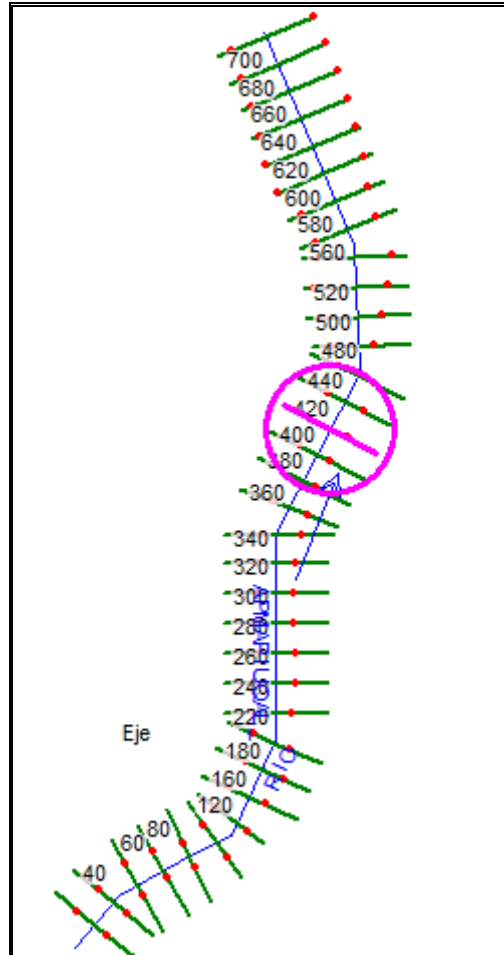


Figura 33: Vista en planta secciones transversales HEC-RAS

Luego se analizaron las zonas inundables a lo largo de todo el eje del río. Se verificó que el punto de ubicación del puente (Seccion Transversal 0+280) no sufría efectos de inundación. Los resultados se aprecian en la imagen mostrada a continuación:

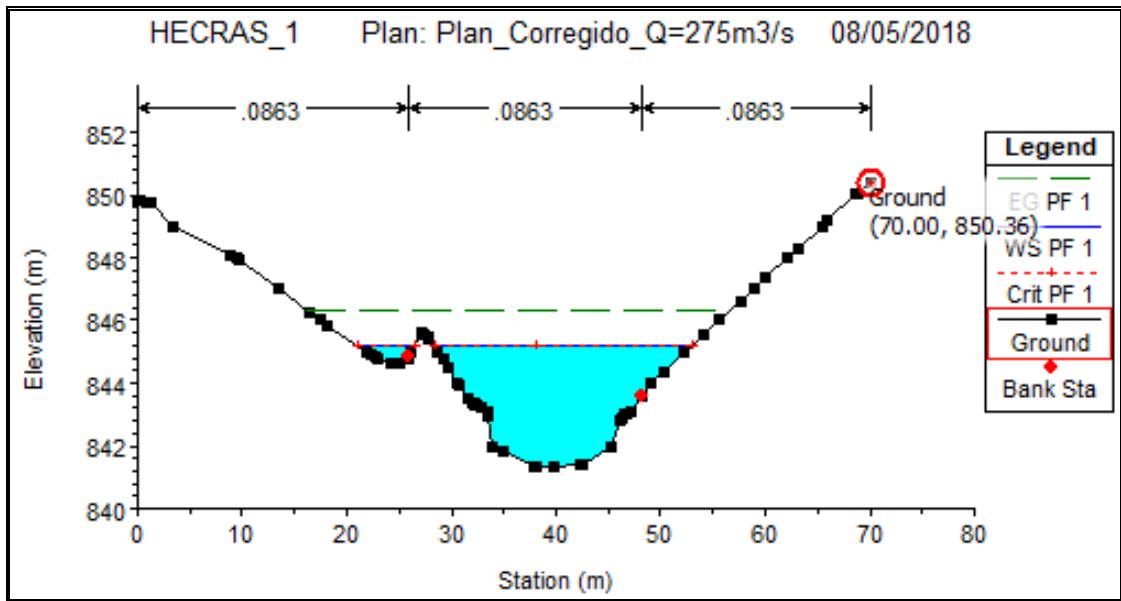


Figura 34: Sección Transversal 0+240 con niveles de agua para el caudal de diseño

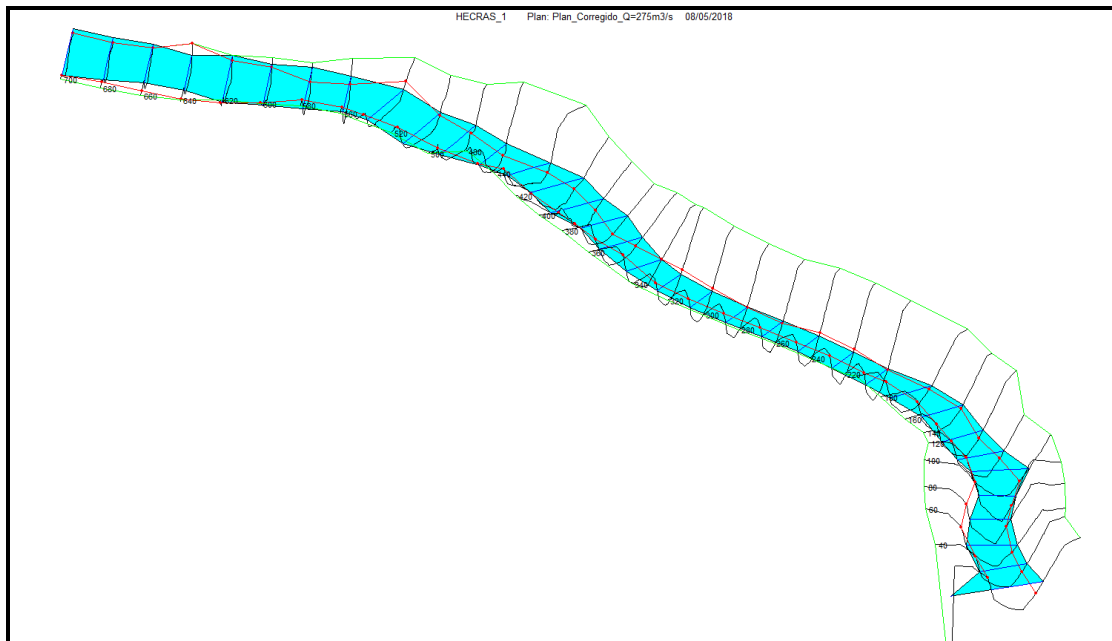


Figura 35: Perspectiva del modelo hidráulico del río (HEC-RAS)

HEC-RAS Plan: Plan_Q=275m3s River: RIO LAQUIPAMPA Reach: Eje Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Ch
Eje	700	PF 1	275.00	857.33	859.82	859.79	860.45	0.064918	3.50	78.63	59.93	0.98
Eje	680	PF 1	275.00	856.00	858.51	858.47	859.17	0.062378	3.60	76.40	53.72	0.96
Eje	660	PF 1	275.00	855.09	857.52	857.32	858.11	0.043973	3.38	81.26	48.34	0.83
Eje	640	PF 1	275.00	854.28	856.51	856.36	857.17	0.048599	3.62	75.97	44.39	0.88
Eje	620	PF 1	275.00	852.97	856.11		856.45	0.021743	2.58	107.10	59.18	0.60
Eje	600	PF 1	275.00	852.86	855.30		855.85	0.041175	3.29	83.84	51.54	0.81
Eje	580	PF 1	275.00	851.97	854.91		855.27	0.017972	2.67	105.93	52.66	0.56
Eje	560	PF 1	275.00	851.51	854.65		854.95	0.012750	2.44	113.45	46.17	0.48
Eje	540	PF 1	275.00	851.62	853.60	853.60	854.41	0.064369	4.00	68.79	42.64	1.01
Eje	520	PF 1	275.00	848.40	850.69	850.56	851.38	0.049772	3.69	74.65	44.11	0.90
Eje	500	PF 1	275.00	846.99	849.75	849.58	850.45	0.043155	3.75	75.16	41.35	0.85
Eje	480	PF 1	275.00	845.66	848.56	848.47	849.49	0.050672	4.37	65.12	31.19	0.94
Eje	460	PF 1	275.00	844.22	847.26	847.26	848.39	0.056676	4.73	59.09	26.56	0.99
Eje	440	PF 1	275.00	842.19	846.39		847.05	0.025585	3.62	78.56	32.14	0.69
Eje	420	PF 1	275.00	841.32	845.20	845.20	846.31	0.049114	4.74	61.46	30.09	0.91
Eje	400	PF 1	275.00	840.99	844.44	844.23	845.37	0.039647	4.45	66.46	28.51	0.85
Eje	380	PF 1	275.00	839.90	843.27	843.27	844.44	0.053379	4.82	58.67	26.31	0.96
Eje	360	PF 1	275.00	837.97	841.68	841.66	842.89	0.059769	4.88	56.41	23.21	1.00
Eje	340	PF 1	275.00	836.98	840.56	840.51	841.71	0.056483	4.73	58.11	24.21	0.98
Eje	320	PF 1	275.00	835.84	839.30	839.30	840.53	0.060261	4.91	56.04	23.03	1.00
Eje	300	PF 1	275.00	834.22	837.90	837.90	839.12	0.060147	4.90	56.11	23.35	1.00
Eje	280	PF 1	275.00	832.90	836.62	836.62	837.87	0.059721	4.96	55.56	22.77	1.00
Eje	260	PF 1	275.00	831.83	835.30	835.30	836.55	0.060023	4.94	55.64	22.44	1.00
Eje	240	PF 1	275.00	830.06	833.85	833.85	835.07	0.060030	4.89	56.26	23.27	1.00
Eje	220	PF 1	275.00	828.79	832.47	832.47	833.69	0.059474	4.88	56.43	23.83	1.00
Eje	200	PF 1	275.00	827.90	831.09	831.09	832.24	0.058072	4.75	58.14	26.18	0.99
Eje	180	PF 1	275.00	826.13	829.59	829.59	830.75	0.058352	4.77	57.94	25.99	1.00
Eje	160	PF 1	275.00	824.00	827.57	827.57	828.74	0.055684	4.81	58.11	25.81	0.99
Eje	140	PF 1	275.00	822.68	826.65		826.79	0.007020	1.80	166.73	34.23	0.35
Eje	120	PF 1	275.00	821.75	826.40		826.62	0.008172	2.30	144.55	35.54	0.39
Eje	100	PF 1	275.00	820.21	824.69	824.69	826.15	0.056687	5.37	52.29	18.56	0.98
Eje	80	PF 1	275.00	819.07	823.37	823.37	824.74	0.056440	5.21	53.81	20.53	0.98
Eje	60	PF 1	275.00	817.91	821.59	821.59	822.76	0.055754	4.83	58.10	25.75	0.98
Eje	40	PF 1	275.00	816.73	820.20	820.20	821.38	0.055295	4.83	58.02	25.45	0.98

Tabla 13: Resumen de áreas y tirantes inundados en cada sección transversal del eje del río evaluada para un caudal máximo con T=275 años.

4.5.2.1. ANCHO ESTABLE

Se presenta a continuación el cálculo teórico del ancho natural del cauce del río bajo las siguientes expresiones empíricas:

CALCULO HIDRÁULICO

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

Proyecto : ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO DEL PUENTE LAQUIPAMPA, DISTRITO DE INCAHUASI, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017.

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING			MÉTODO DE BLENCH			
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+S)}			B = 1.81(Q F _v /F _a) ^{1/2}			
372.66	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)			B (m)	Factores		B (m)
				Descripción	n			Factor de Fondo	F _b	
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo y orillas de grava	2.9	55.98	Torrentes con derrubio grueso y acarreo móvil = 0.045 - 0.050			26.88	Material Grueso		69.88
				Coeficiente Material del Cauce						
0.01300	MÉTODO DE PETTIS			Descripción			26.88	Factor de Orilla		69.88
	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material de cauce muy resistente = 3 a 4						
	B (m)			Coeficiente de Tipo de Río			26.88	Materiales cohesivos		69.88
	85.71			Descripción						
				Para cauces arenosos						

RESUMEN :

MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	55.98
MÉTODO DE PETTIS	85.71
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	26.88
MÉTODO DE BLENCH	69.88
RECOMENDACIÓN PRACTICA	70.00
=====> PROMEDIO B :	65.29
=====> SE ADOPTA B :	65.00

Tabla 14: Cálculo del ancho estable de la sección del cauce

Para la determinación del valor del ancho estable final se trabajó con el promedio aritmético de los valores que tendían a converger (valores más cercanos), no se tuvo en consideración los valores que se alejaron de la dispersión (valores de color rojo). Debido al empirismo de estas expresiones y a lo susceptible que son a mínimos cambios en los parámetros que las definen, es que se ha trabajado con los valores exactos obtenidos en el desarrollo de los demás estudios previos a este cálculo. El criterio estadístico utilizado para la obtención del valor promedio del ancho natural busca ser conservador al no considerar aquellos valores que se alejan demasiado de la dispersión y, de ser considerados, solo generarían un trastorno en los valores promediados.

4.5.2.2. TIRANTE HIDRÁULICO

CÁLCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$		t
Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)		(m)
Descripción	Ks	
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza = 25 - 28	25	3.76
Caudal de Diseño (m³/seg)		
Q =	372.66	
Ancho Estable - Plantilla (m)		
B =	14.36	
Pendiente del Tramo de estudio		
S =	0.01300	

Tabla 15: Cálculo del tirante hidráulico

4.5.2.3. SOCAVACIÓN

METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV				
Suelos Granulares - No Cohesivos				
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(1)$				
Suelos Cohesivos				
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots\dots(2)$				
Donde:				
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)				
t = Tirante sin socavacion (m)				
$t = 1.7$ m				
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)				
$D_m = 120$ mm				
γ_s = Peso Especifico suelo (Kg/m3)				
μ = Coeficiente de Contraccion				
α = Coeficiente >>>>>				
$\alpha = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$				
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	α
$t_m = 1.65$	552.37	$\mu = 0.99$	B = 80.00	3.04
X : Exponente que depende de : D_m para suelos Granulares No Cohesivos y γ_s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS	
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$	
x = 0.27	0.78	$\beta = 1.05$	$t_s = 2.18$ m	
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)				
$H_s = t_s - t$				
$H_s = 0.48$ m				
$H_s = 0.50$ m				

1. Perfil antes de la erosión

2. Perfil de equilibrio tras la erosión

Tabla 16: Cálculo de la profundidad de socavación

MECÁNICA DE SUELOS

Se presenta a continuación los resultados obtenidos para los ensayos de mecánica de suelos realizados en laboratorio:

4.3.1.1 GRANULOMETRÍA

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 500.00 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 490 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 500.00 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-1-b (0)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : SP
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	64.51	12.9	12.9	87.1	Arena pobremente graduada
Nº10	2.360	56.62	11.3	24.2	75.8	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	104.00	20.8	45.0	55.0	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.600	187.47	37.5	82.5	17.5	% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº50	0.300	36.92	7.4	89.9	10.1	
Nº100	0.150	32.47	6.5	96.4	3.6	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	8.23	1.6	98.0	2.0	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	0.40	0.1	98.1	1.9	Coef. Curvatura

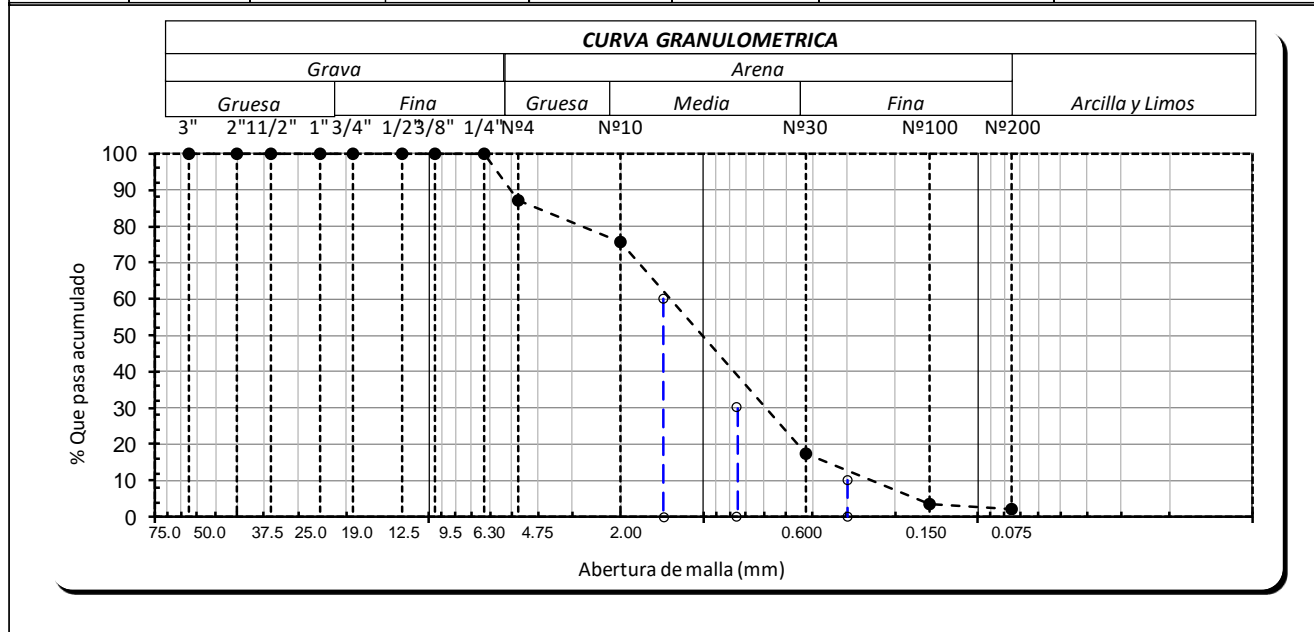


Figura 36: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída del eje del río

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 370.33 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 309 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 370.33 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 21.0 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 17.87 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 3.11 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-2-4 (0)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : SM
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	53.22	14.4	14.4	85.6	Arena limosa
Nº10	2.360	31.39	8.5	22.9	77.1	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	33.68	9.1	32.0	68.0	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.600	62.12	16.8	48.8	51.2	% HUMEDAD
Nº50	0.300	23.75	6.4	55.2	44.8	P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº100	0.150	49.73	13.4	68.6	31.4	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	55.43	15.0	83.6	16.4	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	4.32	1.2	84.8	15.2	Coef. Curvatura

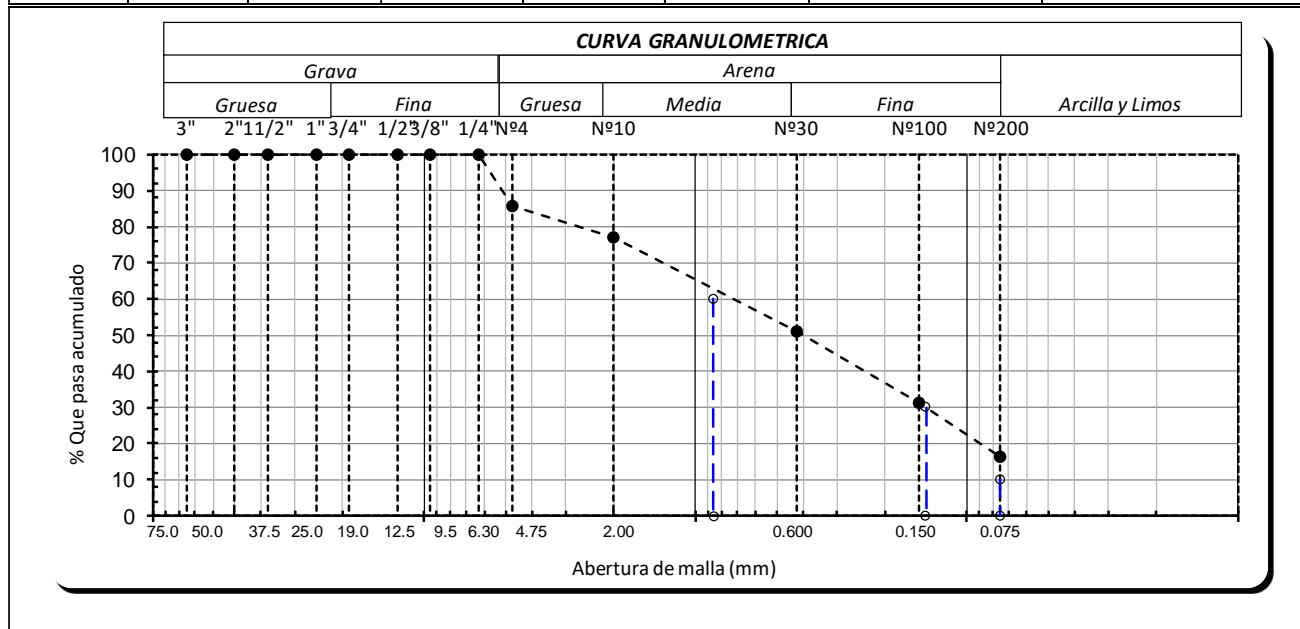


Figura 37: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída del estribo derecho

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)					
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL : 392.42 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO : 309 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO : 392.42 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO : 26.0 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO : 14.61 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD : 11.35 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS : SC
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº4	4.750	53.22	13.6	13.6	86.4	Arena arcillosa
Nº10	2.360	31.39	8.0	21.6	78.4	Ensayo Malla Nº200
Nº20	1.180	33.68	8.6	30.2	69.8	P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
N40	0.600	62.12	15.8	46.0	54.0	% HUMEDAD
Nº50	0.300	23.75	6.1	52.1	47.9	P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº100	0.150	49.73	12.7	64.8	35.2	MODULO DE FINEZA
Nº200	0.075	55.43	14.1	78.9	21.1	Coef. Uniformidad
< Nº 200	FONDO	4.32	1.1	80.0	20.0	Coef. Curvatura

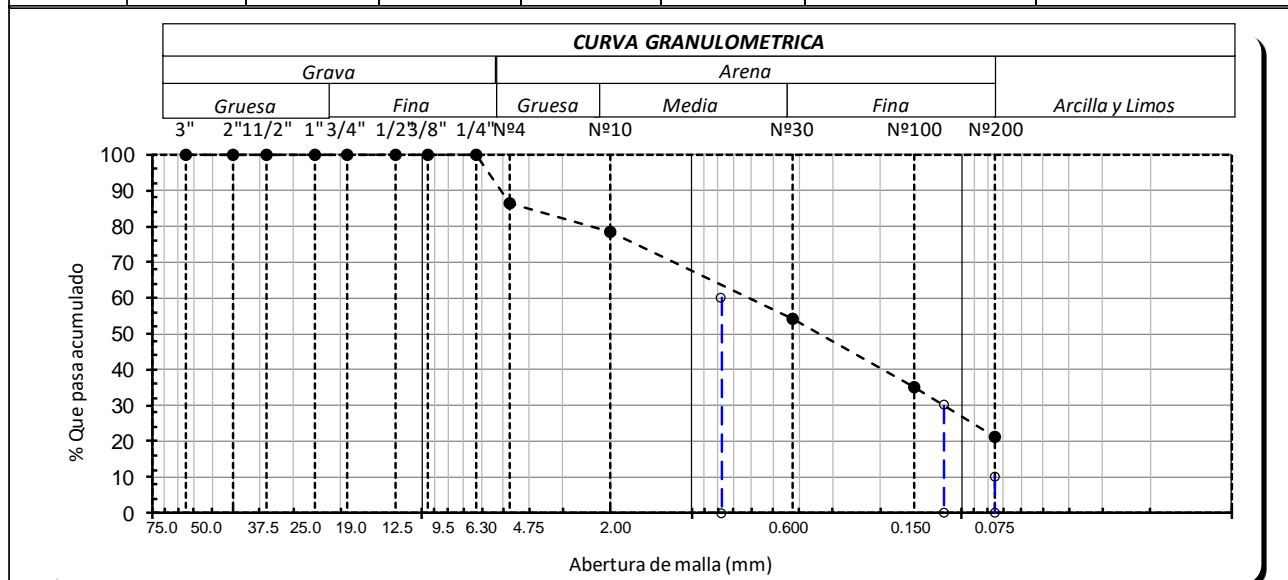


Tabla 17: Resultados del ensayo de granulometría para la muestra extraída en el estribo izquierdo

4.3.1.1 PESO ESPECÍFICO

<u>SPT</u> AFIRMADO <u>Muestra</u> M-1 <u>Profundidad</u> : 0.20 - 0.70 mt.		
Peso especifico relativo de sólidos (G_s)	g/cm ³	1.488
<u>SPT</u> T. IZQ <u>Muestra</u> M-2 <u>Profundidad</u> : 0.00-1.20 mt.		
Peso especifico relativo de sólidos (G_s)	g/cm ³	1.613
<u>SPT</u> T. DERECH <u>Muestra</u> M-3 <u>Profundidad</u> : 0.00 - 1.20 mt.		
Peso especifico relativo de sólidos (G_s)	g/cm ³	1.690
<u>SPT</u> EJE DEL RIO <u>Muestra</u> M-4 <u>Profundidad</u> : 0.00 - 1.00 mt.		
Peso especifico relativo de sólidos (G_s)	g/cm ³	1.436

Figura 38: Resultados del ensayo de densidad específica aplicado en todas las muestras

4.3.1.2 PLASTICIDAD Y TIPO DEL SUELO

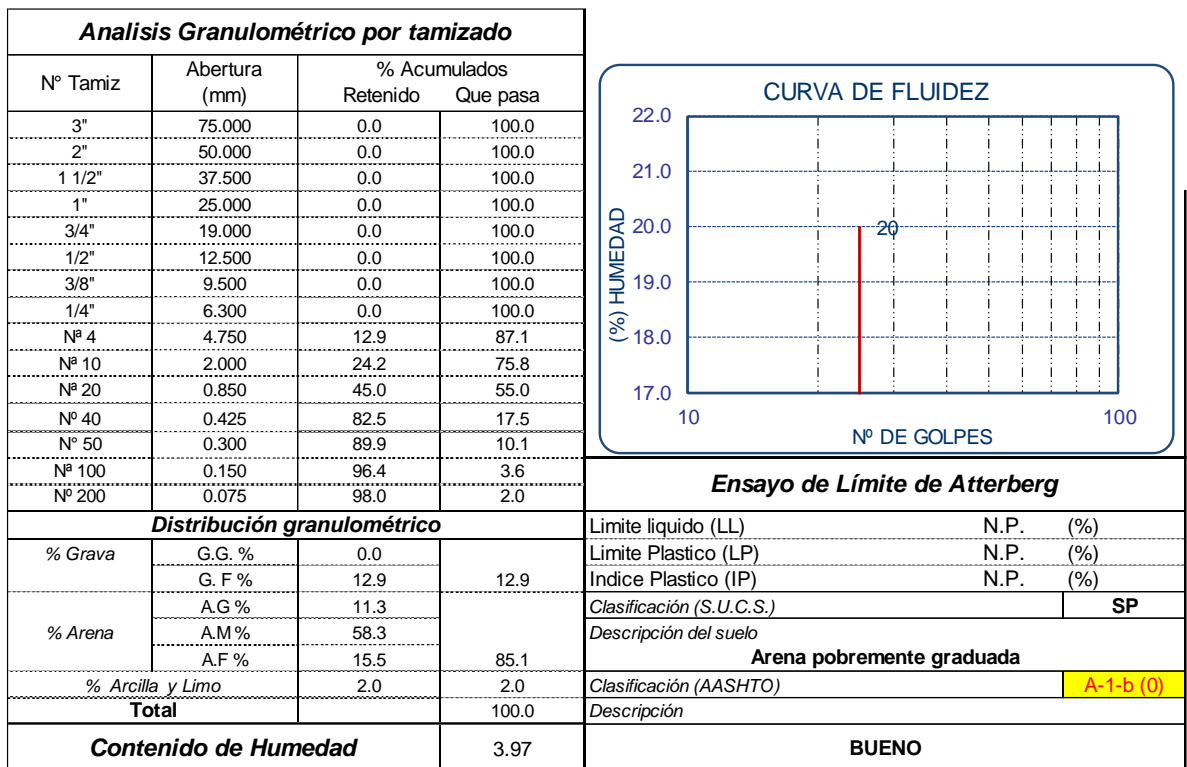


Figura 39: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del eje del río

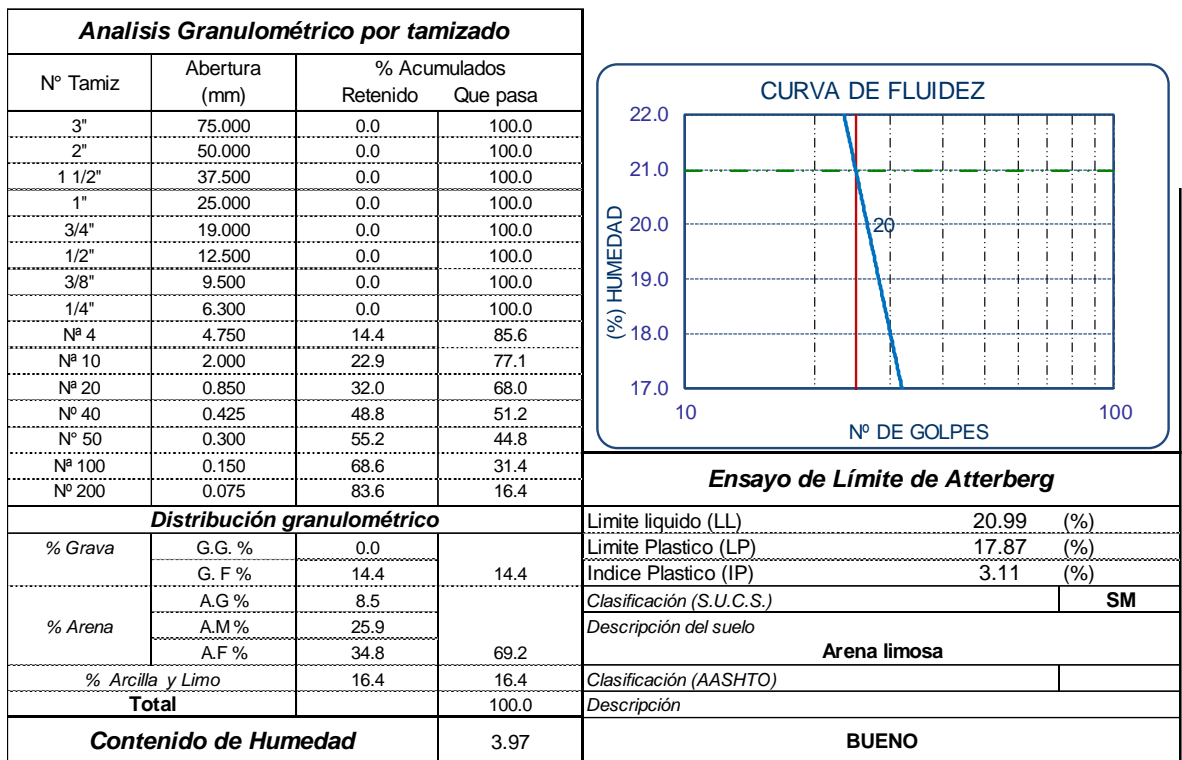


Figura 40: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del estribo derecho

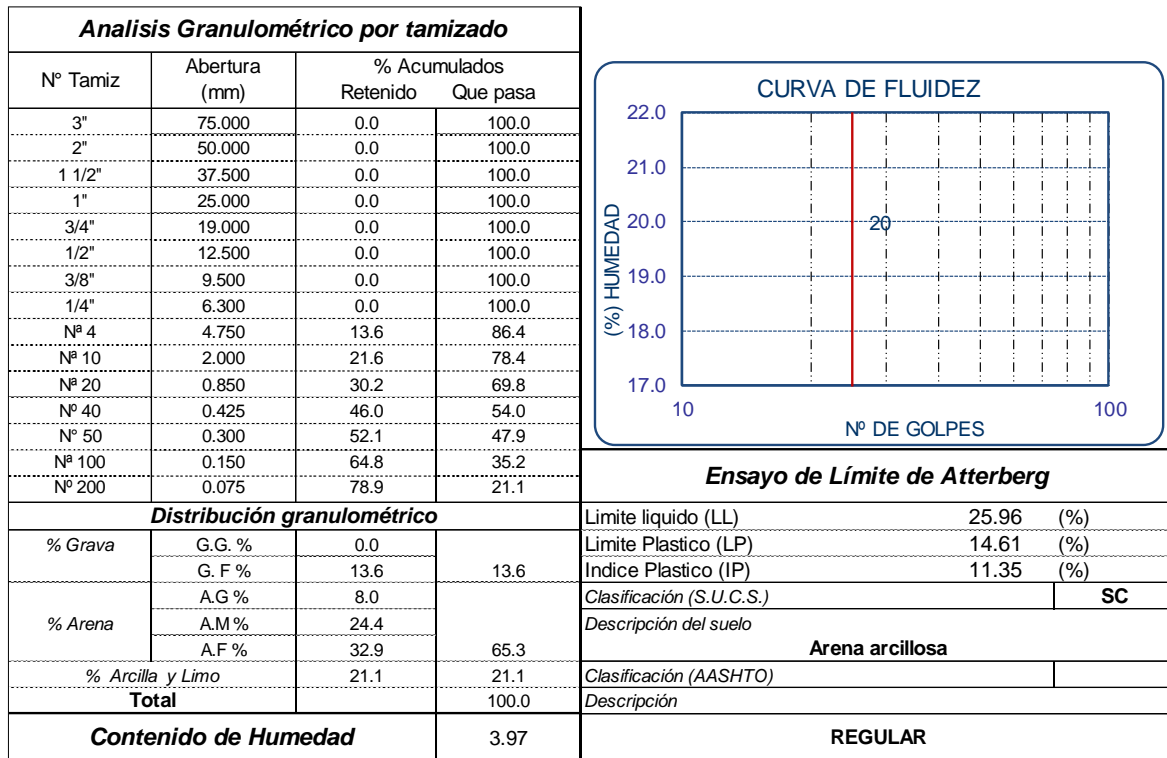


Figura 41: Resultados del ensayo de plasticidad y clasificación, en la muestra del estribo izquierdo

4.3.2 ESTUDIOS GEOLÉCTRICOS

AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	Po - Prom (ohm-m)
1	0.2	7.5398	2708	604	33.804269	2805	610	34.67072	2795	614	34.3220537	34.2656808
1.47	0.2	16.6575	1171	521	37.43941	1189	527	37.582102	1169	524	37.1614838	37.3943317
2.15	0.2	35.9909	869	707	44.237754	882	724	43.845268	892	729	44.038248	44.0404232
3.16	0.2	78.1126	1090	1838	46.323577	1120	1851	47.264242	1111	1853	46.8338363	46.8072183
3.16	0.6	25.1998	3667	1861	49.654845	3666	1860	49.667993	3674	1864	49.6695629	49.6641336
4.64	0.2	168.7789	610	1936	53.179302	607	1943	52.727119	604	1946	52.3856401	52.7640204
4.64	0.6	55.4219	1961	1916	56.723563	1963	1921	56.633623	1970	1924	56.7469558	56.7013805
6.81	0.2	363.9229	161	1627	36.012039	173	1629	38.648657	177	1628	39.5665561	38.0757505
6.81	0.6	120.4699	845	1606	63.38547	844	1609	63.192415				63.2889427
10	0.2	785.0840	30.3	571	41.660324	39.2	567	54.277412	31.3	561	43.8023693	46.5800353
10	0.6	260.8569	132	635	54.225371	130	638	53.15266	121	635	49.7065904	52.3615405
10	2	75.3982	588.4	556	79.791908	575.3	554	78.297084	568.8	549	78.1174793	78.7354904
14.68	0.2	1692.2377	91	2595	59.34244	90.9	2614	58.846368				59.094404
14.68	0.6	563.2415	322.2	2628	69.054951	321.2	2629	68.814443	322.3	2637	68.8406278	68.9033405
14.68	2	166.1136	1278	2639	80.444555	1282	2646	80.482855	1281	2652	80.2381303	80.3885136
21.54	2	361.2608	499	2038	88.453945	497	2037	88.142669	497	2035	88.2292961	88.2753034
31.62	2	782.1187	212	1785	92.890288	213	1791	93.015792	213	1789	93.1197781	93.0086194
31.62	6	252.3286	658	1797	92.394112	662	1801	92.749324	662	1806	92.4925433	92.5453265
46.42	2	1689.2473	57	1428	67.427938	57	1434	67.145813				67.2868758
46.42	6	554.7048	187	1410	73.567232	188	1420	73.43979	189	1428	73.4168118	73.4746115

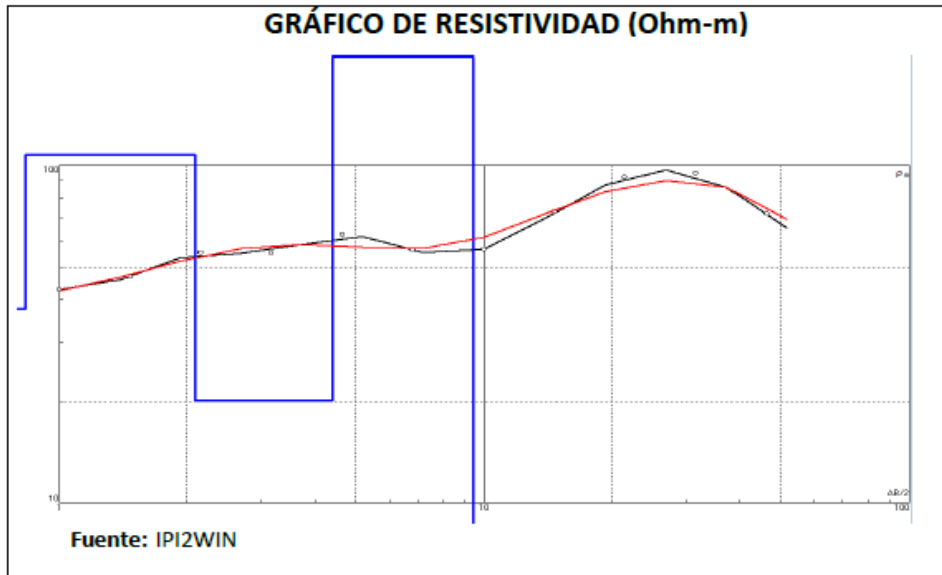
Tabla 18: Recolección de datos del estribo izquierdo (Coordenadas 17M 0672056 / UTM 9300087)

AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	V mn (mV)	Iab (mA)	Po (ohm-m)	Po - Prom (ohm-m)
1	0.2	7.5398	5406	904	45.08867	5438	910	45.05652	5456	913	45.0571181	45.067436
1.47	0.2	16.6575	3171	877	60.22911	3182	880	60.23201	3187	882	60.1898554	60.216992
2.15	0.2	35.9909	1951	924	75.99377	1948	925	75.79489	1950	925	75.8727081	75.887124
3.16	0.2	78.1126	1164	1042	87.25822	1167	1046	87.14857	1170	1050	87.0397543	87.148848
3.16	0.6	25.1998	3789	1052	90.7624	3793	1054	90.68581	3797	1055	90.6953939	90.714533
4.64	0.2	168.7789	573	1038	93.16986	573	1038	93.16986				93.169855
4.64	0.6	55.4219	1826	1039	97.40172	1831	1039	97.66843	1831	1038	97.762523	97.610892
6.81	0.2	363.9229	257	862	108.5014	257	862	108.5014				108.50138
6.81	0.6	120.4699	817	862	114.1809	821	862	114.7399	813	860	113.88608	114.26895
10	0.2	785.0840	121	998	95.18554	121	997	95.28101				95.233271
10	0.6	260.8569	383	993	100.6125	383	998	100.1084				100.36044
10	2	75.3982	1466	998	110.7553	1465	1000	110.4584	1464	999	110.493458	110.56903
14.68	0.2	1692.2377	40	748	90.49399	41	752	92.26296	41	755	91.8963519	91.551102
14.68	0.6	563.2415	129	756	96.10867	130	766	95.58929	130	767	95.464661	95.720873
14.68	2	166.1136	490	766	106.2607	490	767	106.1221				106.19139
21.54	2	361.2608	98	336	105.3677	99	341	104.8822	99	342	104.575495	104.9418
31.62	2	782.1187	54	563	75.01671	54	561	75.28415				75.150433
31.62	6	252.3286	172	559	77.63957	171	559	77.18818	171	557	77.4653332	77.431026
46.42	2	1689.2473	16.9	442	64.58887	16.9	441	64.73533				64.662097
46.42	6	554.7048	52.6	440	66.31244	52.4	439	66.21078				66.261608

Tabla 19: Recolección de datos del estribo derecho (Coordenadas 17M 0672056 / UTM 9300087)

Nomenclatura:

- Po : Valor de Resistividad Aparente (ohm-m)
B/2 : Espaciamiento de Electrodo (m)
MN : Espaciamiento de Electrodo (m)
K : Coeficiente Geométrico del Dispositivo
ΔV : Diferencia de Voltaje (mV)
I : Intensidad de Corriente Inyectada (mA)



RESISTIVIDAD [ohm·m]	ESPESOR [m]	PROFUNDIDAD [m]	ALTITUD [m]
37.60	0.83	0.83	872
108.00	1.26	2.09	871.17
20.10	2.31	4.4	869.91
576.00	17.6	22	867.6

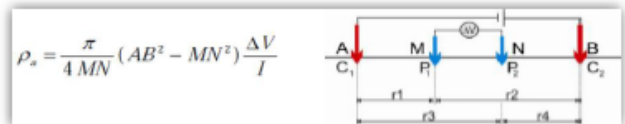
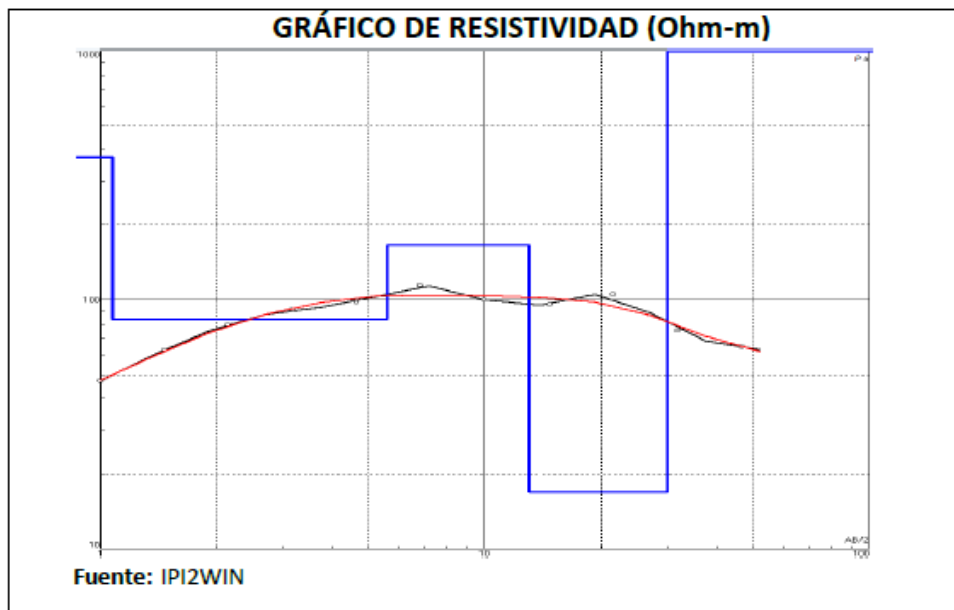


Tabla 20: Resistividad eléctrica del suelo en el estribo izquierdo



RESISTIVIDAD [ohm·m]	ESPESOR [m]	PROFUNDIDAD [m]	ALTITUD [m]
27.40	0.5	0.5	871.00
372.00	0.577	1.077	870.50
83.50	4.5	5.577	869.92
166.00	7.55	13.127	865.42
1300.00	8.873	22	857.87

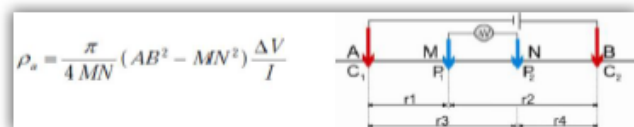


Tabla 21: Resistividad eléctrica del suelo en el estribo derecho

**PERFIL LITOLÓGICO REFERENCIAL: SEV - 01 - Margen Izquierdo Rio
Laquipampa**

COTA (msnm)	ESPESOR (m)	LITOLÓGÍA	RESISTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
872	0.83		37.6 ohm-m	Material arcilloso (Material afirmado)
870	1.26		108.0 ohm-m	Material suelto gravoso con presencia de arcillas
	2.31		20.1 ohm-m	Material arcilloso - limoso (Saturado)
				Inicio de material compuesto de roca
860	17.6		576.0 ohm-m	Material compuesto probablemente de roca dura (Basamento rocoso)
850				
22.0 m = Profundidad de exploración				

Figura 42: Perfil litológico del terreno en la zona del estribo izquierdo

**PERFIL LITOLÓGICO REFERENCIAL: SEV - 02 - Margen Derecho Rio
Laquipampa**

COTA (msnm)	ESPESOR (m)	LITOLÓGÍA	RESISTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
871	0.50		27.4 ohm-m	Material arcilloso (Terreno de cultivo)
870	0.58		372.0 ohm-m	Material arcilloso con presencia de grava
	4.50		83.5 ohm-m	Material arcillo limoso saturado
	7.55		166.0 ohm-m	Material gravoso
860				
	8.87		1300.0 ohm-m	Material compuesto probablemente de roca dura (Basamento rocoso)
850				
22.0 m = Profundidad de exploración				

Figura 43: Perfil litológico del terreno en la zona del estribo derecho

DISEÑO VIAL

3.1.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO

Tipo de Vehículo	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
AUTO	0	1	0	0	1	0	1
STATION WAGON	3	2	3	5	5	5	5
PICK - UP	1	2	4	3	3	3	3
MINIBAN	0	0	0	0	0	0	0
COMBI	13	13	11	16	16	15	15
Camión 2E	7	5	7	10	9	12	10
TOTAL	24	23	25	34	34	35	34

Tabla 22: Resultados del conteo de tráfico durante una semana

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD _s	FC	IMD _a
	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves				
AUTO	0	1	0	0	1	0	1	3	0	0.749	0
STATION WAGON	3	2	3	5	5	5	5	28	4	0.749	3
PICK - UP	1	2	4	3	3	3	3	19	3	0.749	2
MINIBAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.749	0
COMBI	13	13	11	16	16	15	15	99	14	0.749	11
Camión C2	7	5	7	10	9	12	10	60	9	0.985	8
TOTAL	24	23	25	34	34	35	34	209	30		24

Tabla 23: Resultados del cálculo del IMDA

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Auto	0	0.00
Station Wagon	3	12.50
Pick - up	2	8.33
Miniban	0	0.00
Combi	11	45.83
Camión C2	8	33.33
IMD	24	100.00

Tabla 24: Tráfico actual por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	.....	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Tráfico Normal	24	24	24	25	25	.....	33	33	34	35	37
AUTO	0	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	0
STATION WAGON	3	3	3	3	3	.....	4	4	4	4	4
PICK - UP	2	2	2	2	2	.....	2	2	2	2	3
MINIBAN	0	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	0
COMBI	11	11	11	11	11	.....	13	13	13	14	14
Camión 2E	8	8	8	9	9	.....	14	14	15	15	16
Tráfico Generado	0	9	9	10	10	.....	14	14	14	15	15
AUTO	0	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	0
STATION WAGON	0	1	1	1	1	.....	2	2	2	2	2
PICK - UP	0	1	1	1	1	.....	1	1	1	1	1
MINIBAN	0	0	0	0	0	.....	0	0	0	0	0
COMBI	0	4	4	4	4	.....	5	5	5	6	6
Camión 2E	0	3	3	4	4	.....	6	6	6	6	6
IMDA TOTAL	24	33	33	35	35	.....	47	47	48	50	52

Tabla 25: IMDA actual e IMDA con proyección para la carretera de Laquipampa

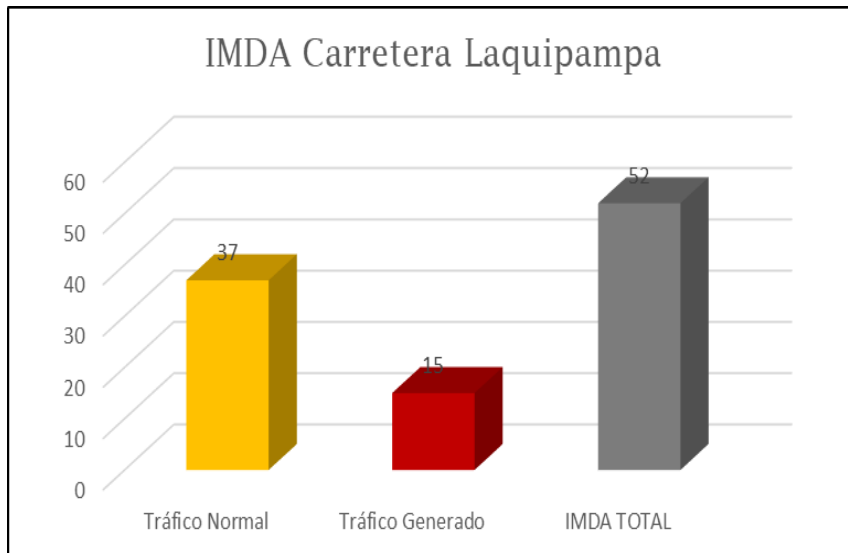


Figura 44: Diagrama comparativo del IMDA

ESTRUCTURAS

3.1.4 SUPERESTRUCTURA

Análisis Estructural – Cálculo de demandas (peso muerto + carga viva HL-93)

El análisis de las demandas sobre la estructura se realizó de dos formas. La primera por medio de un análisis manual y la otra haciendo uso del programa de elementos finitos SAP2000.

Las cargas muertas consideradas en ambos casos fueron las siguientes:

CARGA MUERTA					
	Ancho	Espesor	Área (m ²)	Peso	Carga (Tn/m)
Losa Concreto	4.35	0.30	1.31	2.40	3.132
Asfalto	3.00	0.05	0.15	2.24	0.336
Vereda	1.35	0.15	0.20	2.40	0.486
Barandas					0.15
Peso propio					Variable

Tabla 26: Cargas muertas consideradas en el análisis estructural

El peso propio está en función de las dimensiones de cada perfil y fue mayorado por 1.3 veces para considerar el peso añadido por pernos, planchas y accesorios.

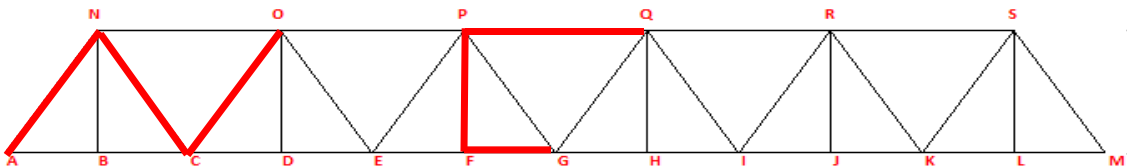
Las cargas vivas fueron consideradas de acuerdo a los vehículos de diseño establecidos en el AASHTO [16]:

Carga Viva HL-93

El análisis de las líneas de influencia, producto de la carga viva, para el caso del análisis manual, se realizó por el método de los nudos ya que el puente es isostático. Para el caso del análisis haciendo uso del software SAP2000, se hizo correr el camión de diseño HL-93 y se solicitó al programa las solicitaciones generadas en el reticulado producto de las líneas de influencia; en ambos casos se consideró la sobrecarga de carril. Se exponen a continuación los resultados de las barras más esforzadas:

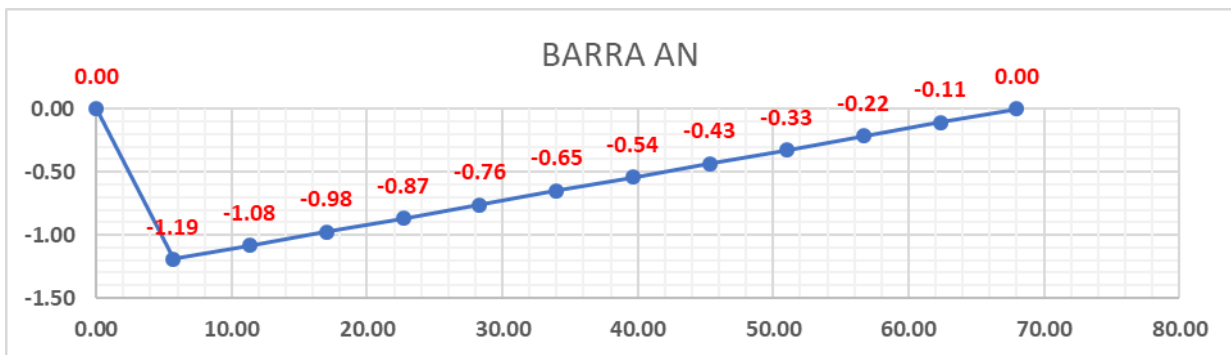
Análisis manual. –

BARRAS MÁS ESFORZADAS



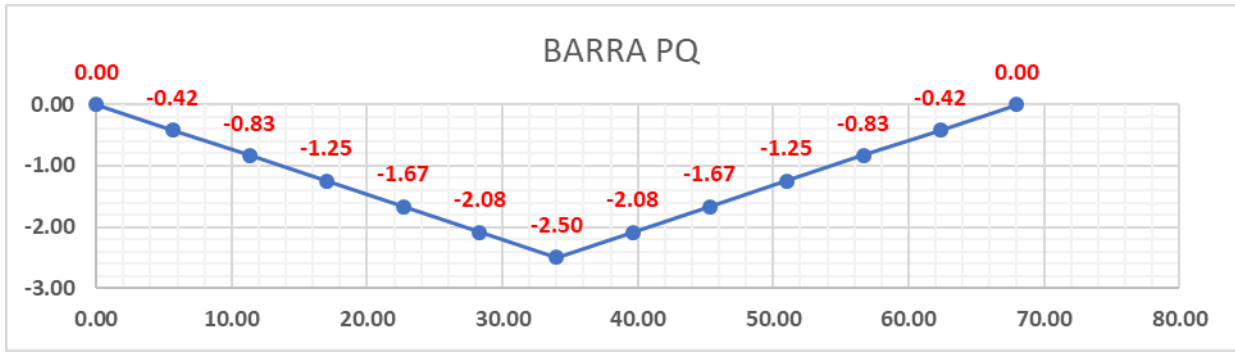
**PUENTE LAQUIPAMPA
ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR LÍNEAS DE INFLUENCIA**

BARRA AN	BRIDA DIAGONAL EN COMPRESION													$\theta = 0.876$
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00	
Esfuerzo	0.00	-1.19	-1.08	-0.98	-0.87	-0.76	-0.65	-0.54	-0.43	-0.33	-0.22	-0.11	0.00	



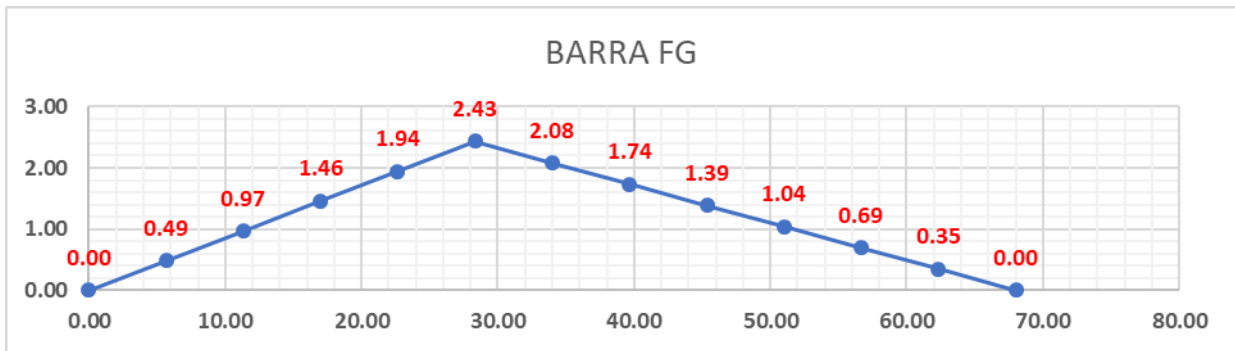
**PUENTE LAQUIPAMPA
ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR LÍNEAS DE INFLUENCIA**

BARRA PQ	BRIDA SUPERIOR EN COMPRESIÓN													$\theta = 0.876$
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00	
Esfuerzo	0.00	-0.42	-0.83	-1.25	-1.67	-2.08	-2.50	-2.08	-1.67	-1.25	-0.83	-0.42	0.00	



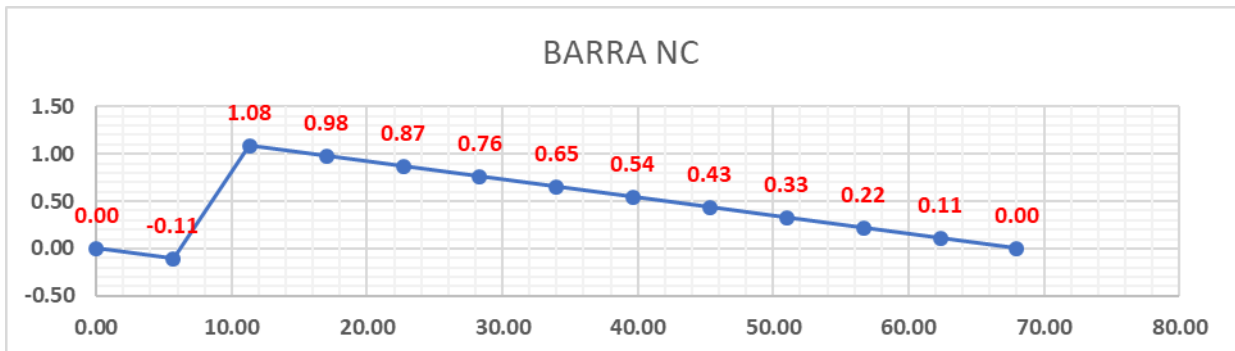
PUENTE LAQUIPAMPA
ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR LÍNEAS DE INFLUENCIA

BARRA PQ	BRIDA INFERIOR EN TRACCIÓN												$\theta = 0.695$
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00
Esfuerzo	0.00	0.49	0.97	1.46	1.94	2.43	2.08	1.74	1.39	1.04	0.69	0.35	0.00



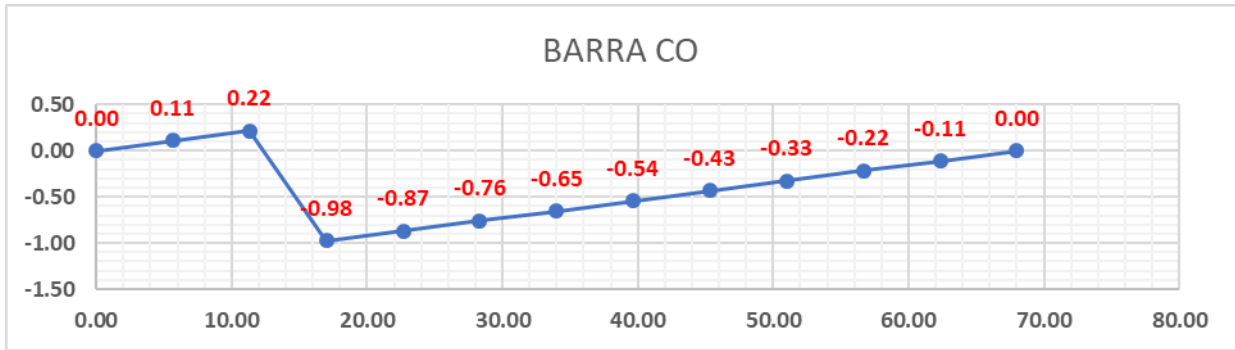
PUENTE LAQUIPAMPA
ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR LÍNEAS DE INFLUENCIA

BARRA NC	BRIDA DIAGONAL EN TRACCIÓN												$\theta = 0.876$
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00
Esfuerzo	0.00	-0.11	1.08	0.98	0.87	0.76	0.65	0.54	0.43	0.33	0.22	0.11	0.00



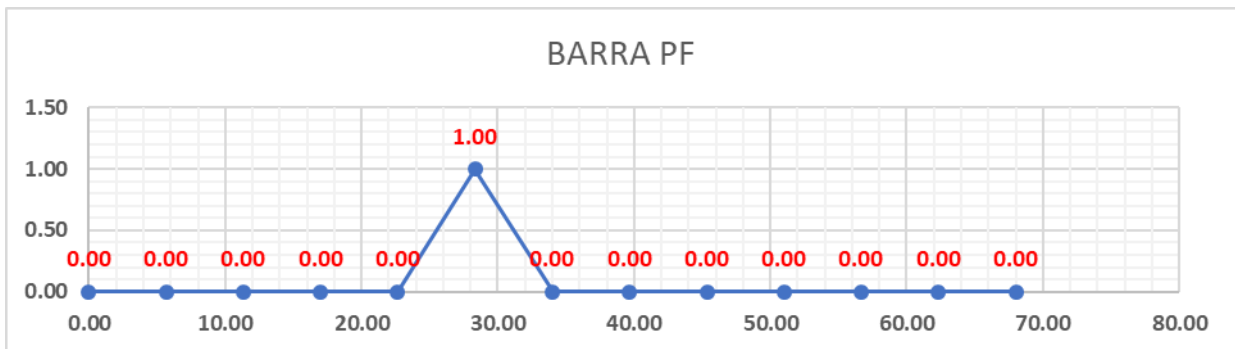
PUENTE LAQUIPAMPA
ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR LÍNEAS DE INFLUENCIA

BARRA CO	BRIDA DIAGONAL												$\theta = 0.876$
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00
Esfuerzo	0.00	0.11	0.22	-0.98	-0.87	-0.76	-0.65	-0.54	-0.43	-0.33	-0.22	-0.11	0.00



PUENTE LAQUIPAMPA

BARRA PF	MONTANTE												$\theta = 0.876$	
Distancia	0.00	5.67	11.33	17.00	22.67	28.33	34.00	39.67	45.33	51.00	56.67	62.33	68.00	
Esfuerzo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Combinaciones de diseño:

RESISTENCIA I (Tn)		
DIAGONAL	BARRA AN	-430.80
	BARRA NC	348.75
	BARRA CO	-315.70
	BARRA OE	239.60
	BARRA EP	-206.95
	BARRA PG	56.55
BRIDA SUPERIOR	BARRA PQ	-910.67
BRIDA INFERIOR	BARRA FG	829.36
MONTANTE	BARRA PF	80.27

Tabla 27: Resumen de fuerzas actuantes en las barras del reticulado para la combinación de Resistencia I

SERVICIO II (Tn)		
DIAGONAL	BARRA AN	-333.19
	BARRA NC	270.11
	BARRA CO	-243.89
	BARRA OE	185.19
	BARRA EP	-159.50
	BARRA PG	46.08
BRIDA SUPERIOR	BARRA PQ	-703.91
BRIDA INFERIOR	BARRA FG	642.78
MONTANTE	BARRA PF	60.72

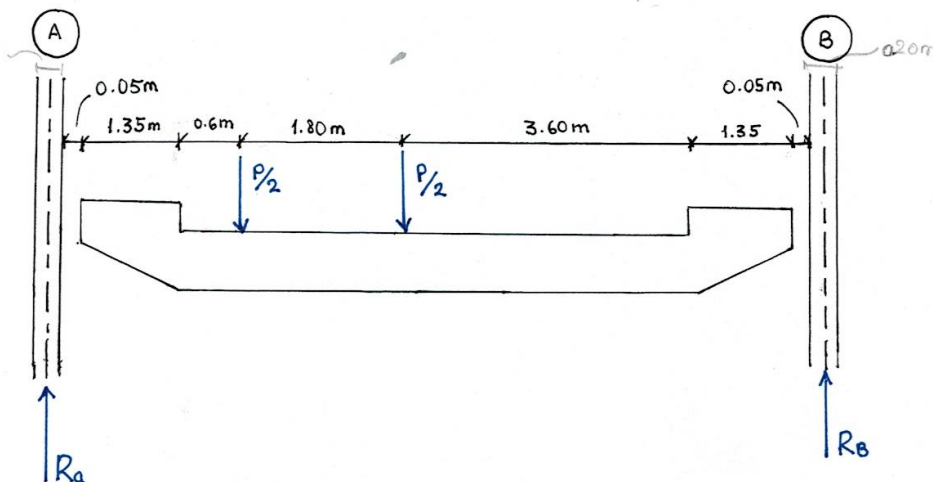
Tabla 28: Resumen de fuerzas actuantes en las barras del reticulado para la combinación de Servicio II

Análisis SAP2000.-

Se realizó la idealización matemática de la estructura en 2D y 3D. La primera es una simplificación del modelo matemático bastante conservadora, mediante la cuál se obtuvieron las demandas del reticulado. El segundo modelo, en 3D, permitió integrar las fuerzas de sismo y viento para el análisis de los elementos de arriostre (braced frames), rotaciones en los apoyos y solicitaciones sobre la losa de tablero.

Simplificar el análisis de la carga dinámica en un plano implica calcular el factor de distribución "g" para saber que porcentaje de la carga viva absorbe cada reticulado. Para ello se utilizó la regla de la palanca y se analizó el caso de uno y dos carriles cargados de acuerdo a lo especificado en el capítulo 4.6.2.2.2 del ASSHTO [16].

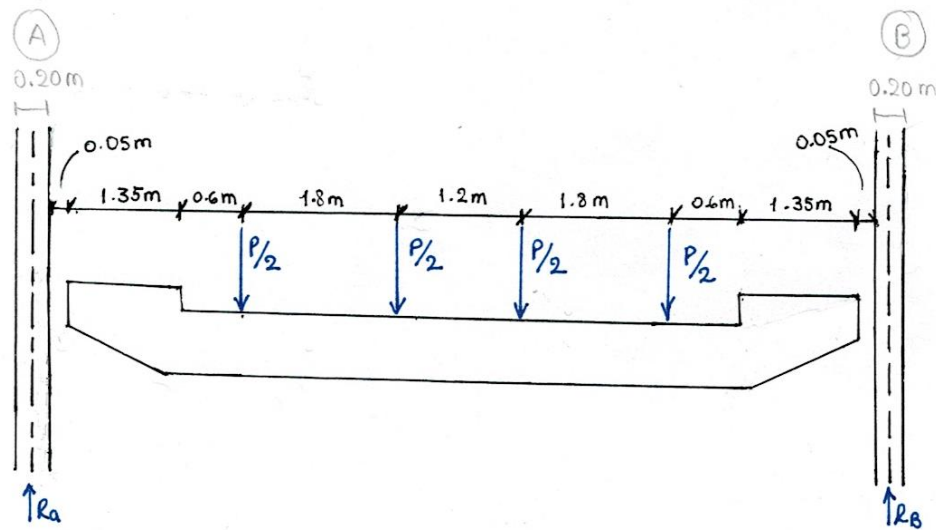
- PRIMER CASO : 01 CARRIL CARGADO



$$\begin{aligned} \underline{\Sigma M_B = 0 \oplus} \\ R_a(9) &= P/2(6.9) + P/2(5.1) \\ R_a &= P/18(6.9 + 5.1) \\ R_a &= \frac{P/18}{3} \left(\frac{2}{12}\right) = 2P/3 \\ R_a &= 0.6\bar{6}P(1.2) = 0.8P \end{aligned}$$

Figura 45: Regla de la palanca, caso con 01 carril cargado (Fuente: Propia)

- SEGUNDO CASO : 02 CARRILES CARGADOS



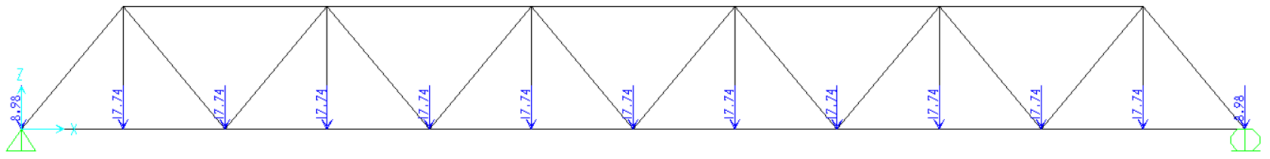
$$\begin{aligned} \underline{\Sigma M_B = 0 \oplus} \\ R_a(9) &= P/2(6.9) + P/2(5.1) + P/2(3.9) + P/2(2.1) \\ R_a(9) &= P/2(6.9 + 5.1 + 3.9 + 2.1) \\ R_a(9) &= P/2(18) = 9P \\ R_a &= P(1) \\ \boxed{R_a} &= \boxed{P} \end{aligned}$$

Figura 46: Regla de la palanca, caso con 02 carriles cargados (Fuente: Propia)

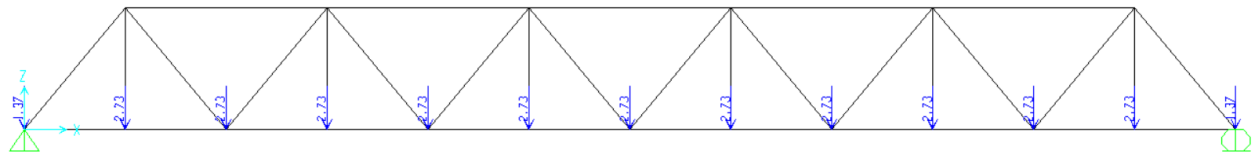
Se concluye que para el caso de dos carriles cargados cada reticulado absorbe el 100% de la carga dinámica.

En cuanto a las cargas muertas, estas fueron metradas por areas tributarias y asignadas en los nudos del reticulado siguiendo el criterio de la forma de transmisión de carga en este tipo de puente (tablero-vigas transversales-nudos de reticulados).

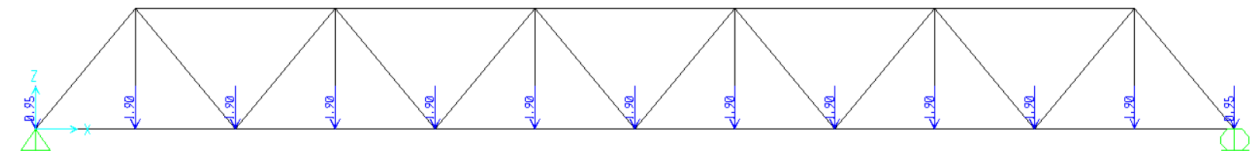
Carga de losa (tonf)



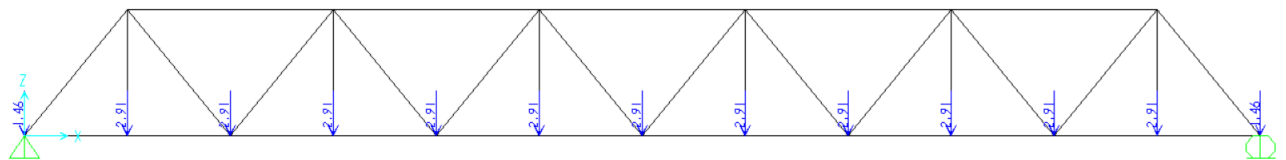
Carga de vereda (tonf)



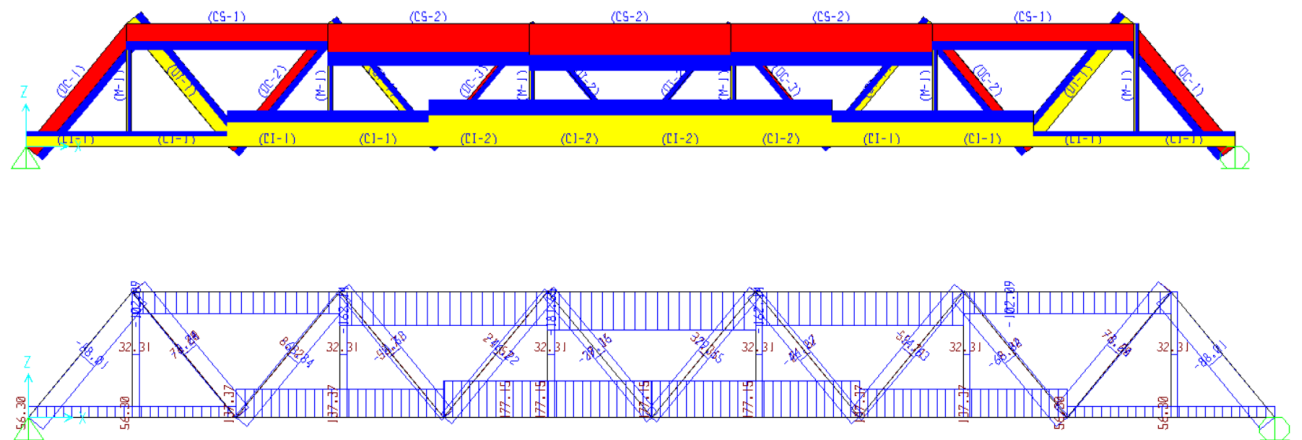
Carga de asfalto (tonf)



Carga peatonal (tonf)



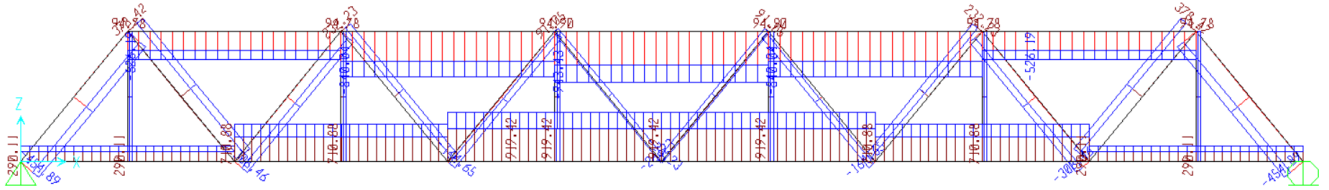
Solicitaciones en las barras del reticulado por efecto de la carga dinámica HL-93:



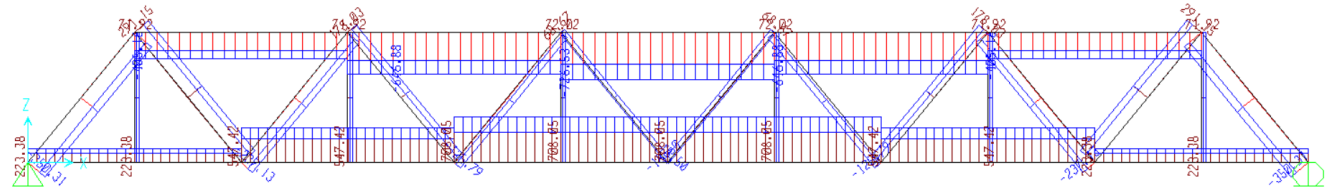
Combinaciones de diseño:

Solicitaciones en las barras del reticulado en R1, S2, y Fatiga 2:

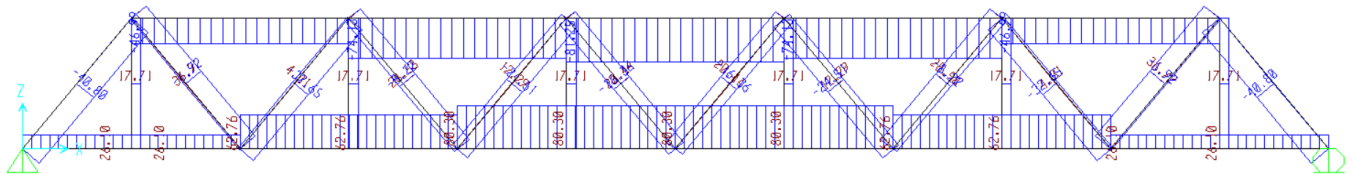
Resistencia 1:



Servicio 2:



Fatiga 2:



Resumen de fuerzas:

ESFUERZOS POR COMBO:	RESISTENCIA I	(Análisis Manual)			(Análisis SAP)			
DIAGONAL EXTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-430.80	Tn	BARRA AN	-457.00	Tn	BARRA AN	6%
DIAGONAL EN TRACCIÓN	=	348.75	Tn	BARRA NC	381.00	Tn	BARRA NC	9%
DIAGONAL INTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-315.70	Tn	BARRA CO	-311.00	Tn	BARRA CO	1%
BRIDA SUPERIOR	=	-910.67	Tn	BARRA PQ	-949.00	Tn	BARRA PQ	4%
BRIDA INFERIOR	=	829.36	Tn	BARRA FG	925.00	Tn	BARRA FG	12%
MONTANTE	=	80.27	Tn	BARRA PF	95.00	Tn	BARRA PF	18%

ESFUERZOS POR COMBO:	SERVICIO II	(Análisis Manual)			(Análisis SAP)			
DIAGONAL EXTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-333.19	Tn	BARRA AN	-352.00	Tn	BARRA AN	6%
DIAGONAL EN TRACCIÓN	=	270.11	Tn	BARRA NC	293.00	Tn	BARRA NC	8%
DIAGONAL INTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-243.89	Tn	BARRA CO	-239.00	Tn	BARRA CO	2%
BRIDA SUPERIOR	=	-703.91	Tn	BARRA PQ	-731.00	Tn	BARRA PQ	4%
BRIDA INFERIOR	=	642.78	Tn	BARRA FG	712.00	Tn	BARRA FG	11%
MONTANTE	=	60.72	Tn	BARRA PF	72.00	Tn	BARRA PF	19%

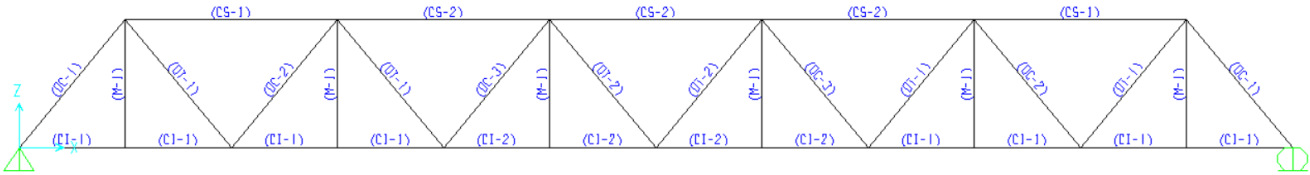
En la última columna se ve la variación porcentual entre fuerzas obtenidas de ambos análisis, se observa que la discrepancia de fuerzas en los resultados es mínima por ende, se validan los mismos. Conservadoramente se trabajó con las mayores fuerzas obtenidas de ambos análisis.

Para el caso de las fuerzas producto de la combinación en fatiga se trabajó únicamente con los resultados obtenidos del programa SAP2000.

<u>ESFUERZOS DE VERIFICACION.-</u>		FATIGA II		(Análisis SAP)
DIAGONAL EXTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-41.00	Tn	BARRA AN
DIAGONAL EN TRACCIÓN	=	37.00	Tn	BARRA NC
DIAGONAL INTERIOR EN COMPRESIÓN	=	-33.00	Tn	BARRA CO
BRIDA SUPERIOR	=	-82.00	Tn	BARRA PQ
BRIDA INFERIOR	=	81.00	Tn	BARRA FG
MONTANTE	=	18.00	Tn	BARRA PF

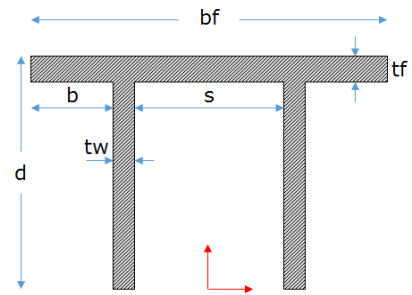
DISEÑO DEL RETICULADO (DISEÑO POR FUERZA AXIAL).-

La nomenclatura de las barras es la siguiente:



BRIDA SUPERIOR - TRAMO INTERMEDIO (CS-2)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	37.1829 ft	= 11.33 m
C	=	2092.2 Kips	= 949.00 Tn
T	=	0.0 Kips	= Tn
b _f	=	29.53 in	= 75.00 cm
t _f	=	0.79 in	= 2.00 cm
d	=	16.54 in	= 42.00 cm
t _w	=	1.26 in	= 3.20 cm
s	=	11.26 in	= 28.60 cm
b	=	7.87 in	= 20.00 cm
dx	=	0 in	20.00
dy	=	10.8413 in	c.y= 17.811743



Area T.	=	62.9301 in ²
Area ala	=	23.25 in ²
Area alma	=	19.84 in ²
I _{xx}	=	9339.4 in ⁴
R _x	=	12.18 in
I _{yy}	=	3249.40 in ⁴
R _y	=	7.19 in

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

Alma:

h: s	tw	d	h/tw	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)	d/tw	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)
11.26in	1.26in	16.54in	8.9375	36.131	24.74	13.125	18.1865	72.17

Ala:

b	tf	b/tf	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)
7.87in	0.79in	10.00in	13.579	73.64

No atiesado

4	Almas de secciones T	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
---	----------------------	-----	-----------------------------	--

Atiesado

5	Almas de secciones I con doble simetría y secciones canal.	h/t _w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
---	--	------------------	-----------------------------	--

No atiesado

1	Alas de perfiles laminados, planchas conectadas a perfiles laminados, alas de pares de ángulos conectados continuamente, alas de canales y alas de secciones T	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
---	--	-----	-----------------------------	--

2. Verificación por pandeo lateral

92.4%

λ _c	=	0.82
F _c	=	37.86 Kips/in ²
φ _c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

Columna intermedia

P máx = φ_c · F_c · A_g = 2263.51 Kips = 1026.71 Tn

3. Verificación por esbeltez

51.7%

$\frac{K \cdot L}{R} = 62.09 < 120$
(6.9.3 AASHTO 2017)

4. Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$ R_h = 1
 $0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf} = 47.50$ ksi
 F_f = 23374.4 ton/m² = 33.24 ksi

70.0%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

0.0%

Pr ≤ φ_y · F_y · A_g = 2989.181 Kips
 φ_y = 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

$b_f \geq \frac{2}{3} d \dots U = 0.90$ U = 0.9
 $b_f < \frac{2}{3} d \dots U = 0.85$

2. Por fractura o rotura del elemento

0.0%

Pr ≤ φ_u · F_u · A_n · U · R_p = 2650.6169 Kips
 φ_u = 0.8 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

U = 0.9

6.8.2.2-1 Shear Lag Factors
for Connections to Tension
Members

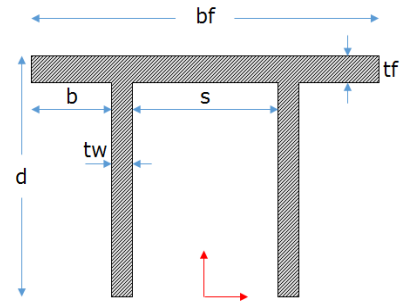
3. Verificación por esbeltez

31.0%

$\frac{K \cdot L}{R} = 62.09 < 200$
(6.8.4 AASHTO 2017)

BRIDA SUPERIOR - TRAMO INICIAL (CS-1)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50	
Fu	=	65 ksi		
E	=	29400 ksi		
L	=	37.182852 ft	=	11.33 m
C	=	1166.3 Kips	=	529.00 Tn
T	=	0.0 Kips	=	Tn
b_f	=	29.53 in	=	75.00 cm
t_f	=	0.79 in	=	2.00 cm
d	=	16.54 in	=	42.00 cm
t_w	=	0.98 in	=	2.50 cm
s	=	11.26 in	=	28.60 cm
b	=	7.87 in	=	20.00 cm
dx	=	0 in	=	20.70
dy	=	11.375141 in		



Area T.	=	54.2501085 in ²
Area ala	=	23.2500465 in ²
Area alma	=	15.500031 in ²
I _{xx}	=	8621.8 in ⁴
R _x	=	12.61 in
I _{yy}	=	2853.63 in ⁴
R _y	=	7.25 in

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

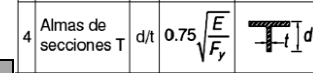
Alma:

h: s	tw	d	h/tw	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)	d/tw	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)
11.26in	0.98in	16.54in	11.44	36.131	31.66	16.8	18.187	92.38

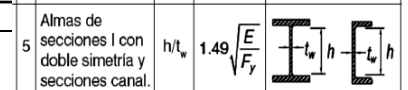
Ala:

b	tf	b/tf	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Efic.(%)
7.87in	0.79in	10.00in	13.579	73.64

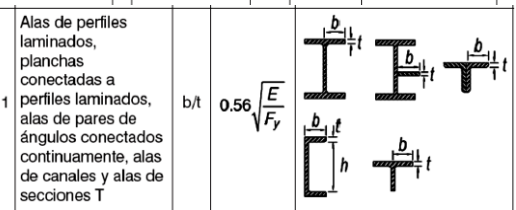
No atiesado



Atiesado



No atiesado



2. Verificación por pandeo lateral

59.5%

λ _c	=	0.81
F _c	=	38.06 Kips/in ²
φ _c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

P máx = φ_c · F_c · A_g = 1961.30 Kips = 889.62 Tn

3. Verificación por esbeltez

51.3%

$\frac{K \cdot L}{R} = 61.52 < 120$ (6.9.3 AASHTO 2017)

Columna intermedia

4. Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II)

$F_f <= 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$ R_h = 1
 0.95 · R_h · F_{yf} = 47.50 ksi
 F_f = 15114.29 ton/m² = 21.49 ksi

45.2%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

0.0%

Pr ≤ φ_y · F_y · A_g
 φ_y = 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

2576.88015 Kips

$b_f \geq \frac{2}{3} d \dots U = 0.90$ U = 0.9
 $b_f < \frac{2}{3} d \dots U = 0.85$

2. Por fractura o rotura del elemento

0.0%

Pr ≤ φ_u · F_u · A_n · U · R_p
 φ_u = 0.8 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

2285.01457 Kips

U = 0.9
 6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members

3. Verificación por esbeltez

30.8%

$\frac{K \cdot L}{R} = 61.52 < 200$ (6.8.4 AASHTO 2017)

BRIDA INFERIOR - TRAMO INTERMEDIO (CI-2)

F_y= 50 ksi **ASTM A709 Gr.50**
 F_u= 65 ksi
 E= 29400 ksi

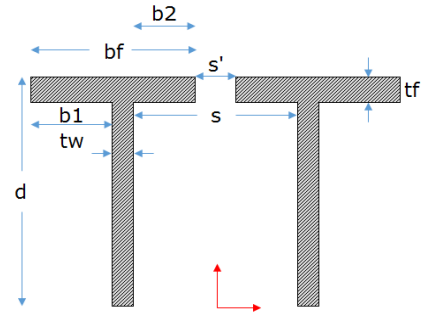
L= 18.5914 ft = 5.67 m

C= 0.0 Kips = Tn

T= 2039.3 Kips = 925.00 Tn

b_f = 9.84 in = 25.00 cm
 t_f = 0.98 in = 2.50 cm
 d = 18.70 in = 47.50 cm
 t_w = 1.26 in = 3.20 cm
 s' = 2.68 in = 6.80 cm
 s = 11.26 in = 28.60 cm
 b1 = 4.29 in = 10.90 cm
 b2 = 4.29 in = 10.90 cm
 dx = 0 in s+2*t_w= 13.78 in
 dy = 11.6466 in s+2*t_w= 35.00 cm

Diseño por Compresión



Area T. = 64.0 in²
 Area ala = 9.7 in²
 Area alma = 22.3 in²
 I_{xx} = 2350.6 in⁴
 R_x = 6.1 in
 I_{yy} = 2670.8 in⁴
 R_y = 6.5 in
 c.y= 17.8117

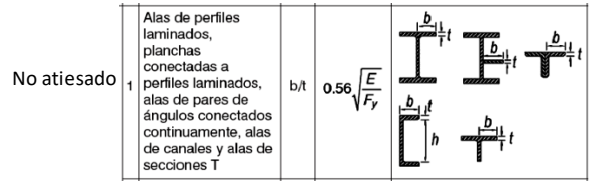
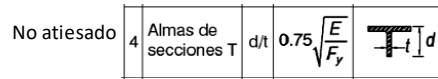
1. Verificación por pandeo Local

Alma:

d	tw	d/tw	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Eficiencia (%)
18.70in	1.26in	14.84375	18.1865335	81.619458

Ala:

bf	tf	bf/tf	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Eficiencia (%)
4.29in	0.98in	4.36	13.5792783	32.107745



2. Verificación por pandeo lateral

0.0%

λ_c = 0.48
 F_c = 45.34 Kips/in²
 φ_c = 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

Columna larga

P máx = φ_c · F_c · A_g = 2757.52 Kips 1250.78 Tn

3. Verificación por esbeltez

30.7%

$\frac{K \cdot L}{R} = 36.82 < 120$
 (6.9.3 AASHTO 2017)

4.Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$ R_h= 1
 0.95 · R_h · F_{yf}= 61.75 ksi
 F_f= 15563.7 ton/m²= 22.13 ksi

35.8%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

67.1%

P_r ≤ φ_γ · F_y · A_g = 3040.7186 Kips

φ_γ= 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

2. Por fractura o rotura del elemento

97.2%

P_r ≤ φ_u · F_u · A_n · U · R_p = 2097.1356 Kips

φ_u= 0.8 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

3. Verificación por esbeltez

18.4%

$\frac{K \cdot L}{R} = 36.82 < 200$
 (6.8.4 AASHTO 2017)

$b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90$ U= 0.85

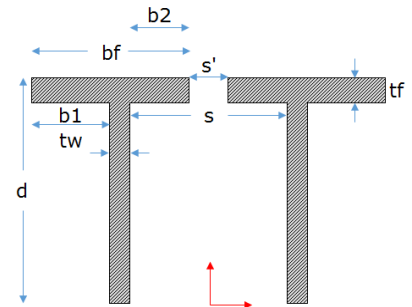
$b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85$

U = 0.7

(6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members AASHTO 2017)

BRIDA INFERIOR - TRAMO INICIAL (CI-1)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	18.591426 ft	= 5.67 m
C	=	0.0 Kips	= Tn
T	=	1574.1 Kips	= 714.00 Tn



b _f	=	9.84 in	=	25.00 cm
t _f	=	0.79 in	=	2.00 cm
d	=	18.70 in	=	47.50 cm
t _w	=	1.26 in	=	3.20 cm
s'	=	2.68 in	=	6.80 cm
s	=	11.26 in	=	28.60 cm
b1	=	4.29 in	=	10.90 cm
b2	=	4.29	=	10.90 cm
dx	=	0 in	s+2*tw=	13.78 in
dy	=	11.2864918 in	s+2*tw=	35.00 cm

Area T.	=	60.6 in ²
Area ala	=	7.8 in ²
Area alma	=	22.6 in ²
I _{xx}	=	2216.7 in ⁴
R _x	=	6.0 in
I _{yy}	=	2507.2 in ⁴
R _y	=	6.4 in
c.y= 18.67893661		

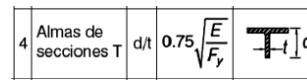
Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

Alma:

d	tw	d/tw	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Eficiencia (%)
18.70in	1.26in	14.84375	18.1865335	81.6194577

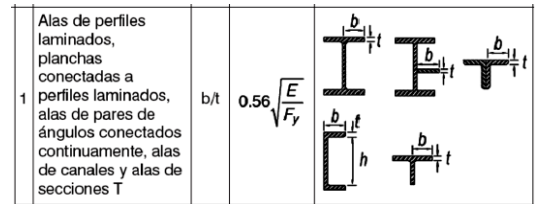
No atiesado



Ala:

bf	tf	bf/tf	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	Eficiencia (%)
4.29in	0.79in	5.45	13.5792783	40.1346807

No atiesado



2. Verificación por pandeo lateral

0.0%

λ _c	=	0.48	Columna larga
F _c	=	45.32 Kips/in ²	
φ _c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

P máx = φ_c · F_c · Ag = 2610.84 Kips 1184.25 Tn

3. Verificación por esbeltez

30.7%

$\frac{K \cdot L}{R}$	=	36.90	<	120
				(6.9.3 AASHTO 2017)

4. Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f < 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$	R _h =	1
0.95 · R _h · F _{yf} =	61.75 ksi	
F _f =	21200.51 ton/m ² =	30.15 ksi

48.8%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

54.7%

Pr	≤	φ _y · F _y · Ag	=	2880.21576 Kips
φ _y =	0.95	(6.5.4.2 AASHTO 2017)		

$b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90$
 $b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85$
 U = 0.85

2. Por fractura o rotura del elemento

79.2%

Pr	≤	φ _u · F _u · A _n · U · R _p	=	1986.43933 Kips
φ _u =	0.8	(6.5.4.2 AASHTO 2017)		

U = 0.7
 (6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members AASHTO 2017)

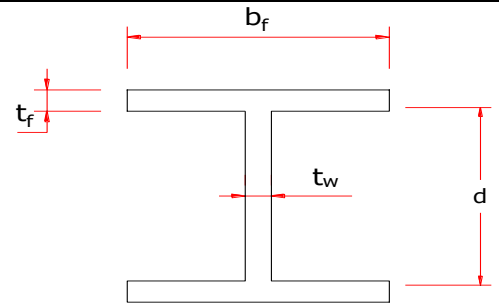
3. Verificación por esbeltez

18.4%

$\frac{K \cdot L}{R}$	=	36.90	<	200
				(6.8.4 AASHTO 2017)

MONTANTE (M-1)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	22.3097 ft	= 6.8 m
C	=	0.0 Kíps	= Tn
T	=	209.4 Kíps	= 95.00 Tn



bf	=	11.81 in	= 30.00 cm
d	=	10.315 in	= 26.200 cm
tw	=	0.472 in	= 1.200 cm
tf	=	0.472 in	= 1.200 cm

Area	=	16.03 in ²
I _{xx}	=	368.1 in ⁴
I _{yy}	=	129.8 in ⁴
Rx	=	4.79 in
Ry	=	2.85 in

d+2*tf= 11.26

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

92.2%

60.4%

No Atiezado

b/t = 12.5
 0.64 √(Kc · E / Fy) = 13.56

kc = 0.86 → 0.53 < Kc < 0.763
 kc = **0.76**

Atiezado

b/t = 21.83333333
 1.49 √(E / Fy) = 36.1

2. Verificación por pandeo lateral

0.0%

λc = 1.23
 Fc = 26.41 Kíps/in²
 φc = 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

Columna intermedia

P máx = φc · Fc · Ag = 402.23 Kíps = 182.45 Tn

3. Verificación por esbeltez

78.4%

$\frac{K \cdot L}{R} = 94.08 < 120$
 (6.9.3 AASHTO 2017)

4. Verificación Fluencia de la Sección: (Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

Ff < 0.95 * R_h * F_{yf} R_h = 1
 0.95 * R_h * F_{yf} = 47.50 ksi
 Ff = 5869.78 ton/m² = 8.35 ksi

17.6%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

27.5%

Pr ≤ φy * Fy * Ag = 761.57852 Kíps
 φy = 0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

$b_f \geq \frac{2}{3} d \dots U = 0.90$ U = 0.9
 $b_f < \frac{2}{3} d \dots U = 0.85$

2. Por fractura o rotura del elemento

31.0%

Pr ≤ φu * Fu * An * U * Rp = 675.31973 Kíps
 φu = 0.8 (6.5.4.2 AASHTO 2017)

U = 0.9
 6.8.2.2-1 Shear Lag Factors
 for Connections to Tension
 Members

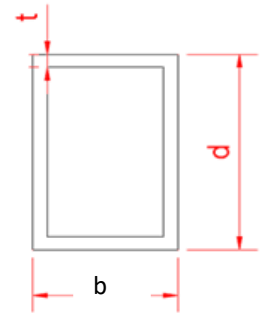
3. Verificación por esbeltez

47.0%

$\frac{K \cdot L}{R} = 94.08 < 200$
 (6.8.4 AASHTO 2017)

DIAGONAL EXTERIOR (DC-1)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	29.0407 ft	= 8.85 m
C	=	1007.5 Kips	= 457.0 Tn
T	=	0.0 Kips	= Tn



b	=	13.78 in	= 35.00 cm
d	=	21.65 in	= 55.00 cm
t	=	0.984 in	= 2.500 cm

Area	=	65.88 in ²
I _{xx}	=	4150.6 in ⁴
I _{yy}	=	2018.4 in ⁴
Rx	=	7.94
Ry	=	5.54

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

64.8%

Atiezado

$$\frac{b/t}{1.40\sqrt{E/F_y}} = \frac{22}{33.9}$$

2. Verificación por pandeo lateral

42.9%

λ_c	=	0.83	Columna intermedia
F_c	=	37.57 Kips/in ²	
ϕ_c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

$$P_{\text{máx}} = \phi_c \cdot F_c \cdot A_g = 2351.05 \text{ Kips} = 1066.41 \text{ Tn}$$

3. Verificación por esbeltez

52.5%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 62.96 < 120 \quad (6.9.3 \text{ AASHTO } 2017)$$

4. Verificación Fluencia de la Sección: (Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 R_h F_{yf}$	$R_h = 1$
$0.95 R_h F_{yf} = 47.50 \text{ ksi}$	
$F_f = 6355.5 \text{ ton/m}^2 = 9.04 \text{ ksi}$	

19.0%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

0.0%

$$P_r \leq \phi_y \cdot F_y \cdot A_g = 3129.0688 \text{ Kips}$$

$\phi_y = 0.95 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO } 2017)$

$$\frac{b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90}{b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85} \quad U = 0.9$$

2. Por fractura o rotura del elemento

0.0%

$$P_r \leq \phi_u \cdot F_u \cdot A_n \cdot U \cdot R_p = 2774.6605 \text{ Kips}$$

$\phi_u = 0.8 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO } 2017)$

$U = 0.9$
6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members

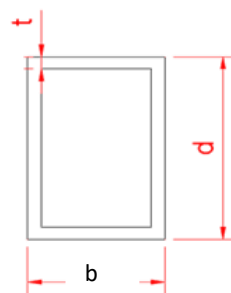
3. Verificación por esbeltez

31.5%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 62.96 < 200 \quad (6.8.4 \text{ AASHTO } 2017)$$

DIAGONAL INTERIOR (DC-2)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	29.040736 ft	= 8.85 m
C	=	685.6 Kips	= 311.0 Tn
T	=	0.0 Kips	= 0.0 Tn



b	=	13.78 in	= 35.00 cm
d	=	19.29 in	= 49.00 cm
t	=	0.787 in	= 2.000 cm

Area	=	49.60 in ²
I _{xx}	=	2588.4 in ⁴
I _{yy}	=	1522.2 in ⁴
R _x	=	7.22
R _y	=	5.54

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

72.2%

Atiezado	
b/t	= 24.5
1.40 √(E/Fy)	= 33.9

2. Verificación por pandeo lateral

38.7%

λ _c	=	0.83	Columna intermedia
F _c	=	37.59 Kips/in ²	
φ _c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

P máx = φ_c · F_c · Ag = 1771.02 Kips = 803.32 Tn

3. Verificación por esbeltez

52.4%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 62.91 < 120 \quad (6.9.3 \text{ AASHTO } 2017)$$

4. Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$	R _h = 1
0.95 · R _h · F _{yf} =	47.50 ksi
F _f =	10412.3 ton/m ² = 14.81 ksi

31.2%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

0.0%

Pr	≤	φ _y · F _y · Ag	=	2356.00471 Kips
φ _y	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)		

$b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90$	U =	0.9
$b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85$		

2. Por fractura o rotura del elemento

0.0%

Pr	≤	φ _u · F _u · A _n · U · R _p	=	2089.15618 Kips
φ _u	=	0.8 (6.5.4.2 AASHTO 2017)		

U = 0.9

6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members

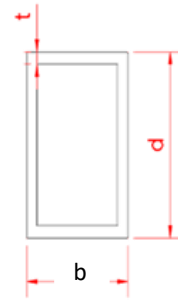
3. Verificación por esbeltez

31.5%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 62.91 < 200 \quad (6.8.4 \text{ AASHTO } 2017)$$

DIAGONAL INTERIOR (DC-3)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	29.041 ft	= 8.85 m
C	=	361.6 Kips	= 164.0 Tn
T	=	0.0 Kips	= 0.0 Tn



b	=	13.78 in	= 35.00 cm
d	=	15.04 in	= 38.20 cm
t	=	0.630 in	= 1.600 cm

Area	=	34.72 in ²
I _{xx}	=	1176.4 in ⁴
I _{yy}	=	1025.7 in ⁴
R _x	=	5.82
R _y	=	5.44

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

70.3%

Atiezado

$$b/t = 23.875$$

$$1.40 \sqrt{E/F_y} = 33.9$$

2. Verificación por pandeo lateral

29.5%

λ_c	=	0.84	Columna intermedia
F_c	=	37.17 Kips/in ²	
ϕ_c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

$$P_{\text{máx}} = \phi_c \cdot F_c \cdot A_g = 1226.06 \text{ Kips} = 556.13 \text{ Tn}$$

3. Verificación por esbeltez

53.4%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 64.12 < 120 \quad (6.9.3 \text{ AASHTO 2017})$$

4. Verificación Fluencia de la Sección:

(Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$	$R_h =$	1
$0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf} =$		47.50 ksi
$F_f =$	5580.4 ton/m ² =	7.94 ksi

16.7%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

0.0%

$$P_r \leq \phi_y \cdot F_y \cdot A_g = 1649.2 \text{ Kips}$$

$$\phi_y = 0.95 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO 2017})$$

$$b_f \geq \frac{2}{3}d \dots U = 0.90 \quad U = 0.9$$

$$b_f < \frac{2}{3}d \dots U = 0.85$$

2. Por fractura o rotura del elemento

0.0%

$$P_r \leq \phi_u \cdot F_u \cdot A_n \cdot U \cdot I = 1381.2 \text{ Kips}$$

$$\phi_u = 0.8 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO 2017})$$

$$U = 0.9$$

6.8.2.2-1 Shear Lag
Factors for Connections
to Tension Members

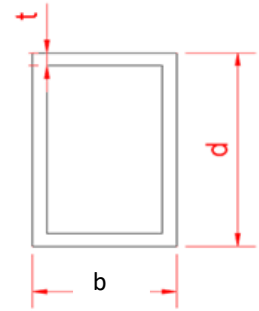
3. Verificación por esbeltez

32.1%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 64.12 < 200 \quad (6.8.4 \text{ AASHTO 2017})$$

DIAGONAL INTERIOR (DT-1)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	29.0407 ft	= 8.85 m
C	=	0.0 Kips	= Tn
T	=	840.0 Kips	= 381.0 Tn



b	=	13.78 in	= 35.00 cm
d	=	9.13 in	= 23.20 cm
t	=	0.630 in	= 1.600 cm

Area	=	27.28 in ²
I _{xx}	=	365.7 in ⁴
I _{yy}	=	703.8 in ⁴
R _x	=	3.66
R _y	=	5.08

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

64.4%

Atiesado

$$\frac{b}{t} = 21.875$$

$$1.40 \sqrt{E / F_y} = 33.9$$

2. Verificación por pandeo lateral

0.0%

λ_c	=	1.25	Columna intermedia
F_c	=	26.01 Kips/in ²	
ϕ_c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

$$P \text{ máx} = \phi_c \cdot F_c \cdot A_g = 674.16 \text{ Kips} = 305.79 \text{ Tn}$$

3. Verificación por esbeltez

79.3%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 95.18 < 120 \quad (6.9.3 \text{ AASHTO 2017})$$

4. Verificación Fluencia de la Sección: (Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf}$	$R_h = 1$
$0.95 \cdot R_h \cdot F_{yf} = 47.50 \text{ ksi}$	
$F_f = 15347.1 \text{ ton/m}^2 = 21.82 \text{ ksi}$	45.9%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

64.8%

$$P_r \leq \phi_y \cdot F_y \cdot A_g = 1295.8026 \text{ Kips}$$

$$\phi_y = 0.95 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO 2017})$$

$$b_f \geq \frac{2}{3} d \dots U = 0.90 \quad U = 0.9$$

$$b_f < \frac{2}{3} d \dots U = 0.85$$

2. Por fractura o rotura del elemento

73.1%

$$P_r \leq \phi_u \cdot F_u \cdot A_n \cdot U \cdot R_p = 1149.0359 \text{ Kips}$$

$$\phi_u = 0.8 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO 2017})$$

U = 0.9
6.8.2.2-1 Shear Lag Factors
for Connections to Tension
Members

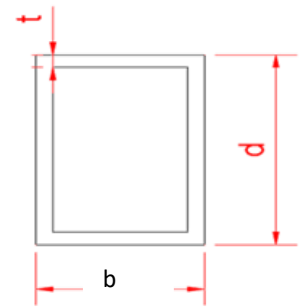
3. Verificación por esbeltez

47.6%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 95.18 < 200 \quad (6.8.4 \text{ AASHTO 2017})$$

DIAGONAL INTERIOR (DT-2)

Fy	=	50 ksi	ASTM A709 Gr.50
Fu	=	65 ksi	
E	=	29400 ksi	
L	=	29.040736 ft	= 8.85 m
C	=	0.0 Kips	= 0.0 Tn
T	=	200.6 Kips	= 91.0 Tn



b	=	13.78 in	= 35.00 cm
d	=	8.82 in	= 22.40 cm
t	=	0.472 in	= 1.200 cm

Area	=	20.46 in ²
I _{xx}	=	265.4 in ⁴
I _{yy}	=	535.5 in ⁴
R _x	=	3.60
R _y	=	5.12

Diseño por Compresión

1. Verificación por pandeo Local

85.9%

Atiezado

$$\frac{b}{t} = 29.1666667$$

$$1.40 \sqrt{E / F_y} = 33.9$$

2. Verificación por pandeo lateral

0.0%

λ_c	=	1.27	Columna intermedia
F_c	=	25.45 Kips/in ²	
ϕ_c	=	0.95 (6.5.4.2 AASHTO 2017)	

$$P_{\text{máx}} = \phi_c \cdot F_c \cdot A_g = 494.76 \text{ Kips} = 224.42 \text{ Tn}$$

3. Verificación por esbeltez

80.6%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 96.75 < 120 \quad (6.9.3 \text{ AASHTO } 2017)$$

4. Verificación Fluencia de la Sección: (Servicio II) (6.10.4.2.2 - AASHTO 2017)

$F_f \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{vf}$	$R_h = 1$
$0.95 \cdot R_h \cdot F_{vf} = 47.50 \text{ ksi}$	
$F_f = 5227.273 \text{ ton/m}^2 = 7.43 \text{ ksi}$	15.6%

Diseño por Tracción

1. Por fluencia del elemento

20.6%

$$P_r \leq \phi_y \cdot F_y \cdot A_g = 971.851944 \text{ Kips}$$

$$\phi_y = 0.95 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO } 2017)$$

$$b_f \geq \frac{2}{3} d \dots U = 0.90 \quad U = 0.9$$

$$b_f < \frac{2}{3} d \dots U = 0.85$$

2. Por fractura o rotura del elemento

23.3%

$$P_r \leq \phi_u \cdot F_u \cdot A_n \cdot U \cdot A_g = 861.776924 \text{ Kips}$$

$$\phi_u = 0.8 \quad (6.5.4.2 \text{ AASHTO } 2017)$$

$$U = 0.9$$

6.8.2.2-1 Shear Lag Factors for Connections to Tension Members

3. Verificación por esbeltez

48.4%

$$\frac{K \cdot L}{R} = 96.75 < 200 \quad (6.8.4 \text{ AASHTO } 2017)$$

DISEÑO DE VIGAS TRANSVERSALES (DISEÑO PÓR FLEXION).-

Diseño Estructural de Vigas Mixtas de Alma Llena

Puente Laquipampa

Viga : Transversal Intermedia

Secciones : Centro de Luz (Servicio, Resistencia y Fatiga)
Extremos (Cortante y Cálculo de Studs)

A. Propiedades de los Materiales

Concreto

Resistencia a compresión del concreto en la losa a los 28 días:

$$f_c := 28 \text{MPa}$$

Peso específico:

$$\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Módulo de elasticidad: $E_c := \left[120000 \cdot (0.145)^2 \cdot \left(\frac{f_c}{1 \cdot \text{ksi}} \right)^{0.33} \right] \cdot \text{ksi}$

$$E_c = 27624 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Acero de refuerzo pasivo

Esfuerzo a fluencia de barras de refuerzo pasiva (ASTM A-615 Gr. 60):

$$F_{y,r} := 412 \text{MPa}$$

Peso específico:

$$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Módulo de elasticidad:

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Acero estructural en planchas

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:

$$F_{y,50} := 345 \text{MPa}$$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:

$$F_{u,50} := 450 \text{MPa}$$

Peso específico del acero:

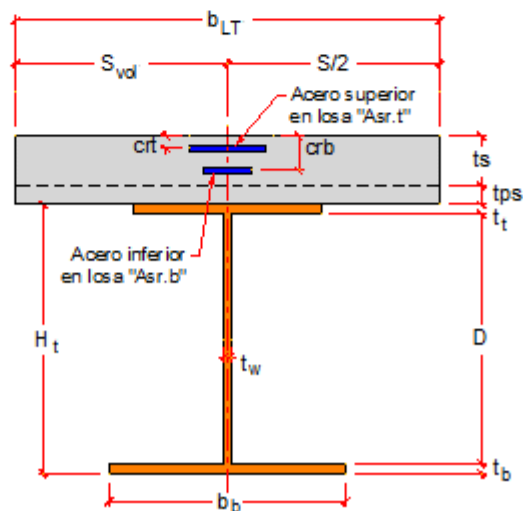
$$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Módulo de elasticidad:

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

B. Propiedades Geométricas

Ancho de ala superior:	$b_t := 300\text{mm}$
Espesor de ala superior:	$t_t := 20\text{mm}$
Peralte de alma:	$D := 900\text{mm}$
Espesor de alma:	$t_w := 12\text{mm}$
Ancho de ala inferior:	$b_b := 300\text{mm}$
Espesor de ala inferior:	$t_b := 20\text{mm}$
Altura total de viga de acero:	$H_t := D + t_t + t_b = 940\text{mm}$
Separación entre vigas:	$S := 5670\text{mm}$
Espesor bruto de Losa:	$t_{bs} := 300\text{mm}$
Espesor de placa colaborante:	$t_{ps} := 0\text{mm}$
Espesor neto de Losa:	$t_s := t_{bs} - t_{ps} = 300\text{mm}$
Ancho de losa tributario:	$b_{LT} := 5.67\text{m}$



Sección transversal típica

C. Ancho efectivo de losa y varillas de refuerzo en losa

$$\psi_{vol} := 1.00 \quad be_{vol} := \psi_{vol} \cdot \frac{S}{2} = 2835 \cdot \text{mm}$$

$$\psi_{int} := 1.00 \quad be_{int} := \psi_{int} \cdot \frac{S}{2} = 2835 \cdot \text{mm}$$

$$be := \min(be_{vol} + be_{int} \cdot 12 \cdot t_s) = 3.60 \text{ m}$$

Una vez calculado el ancho de losa efectivo, podemos obtener el número de varillas, así como su disposición en la losa.

Diámetro de refuerzo 1 capa superior: $\phi_{rt.1} := 1 \text{ in}$

Número de varillas de refuerzo 1: $n_{rt.1} := 1 + \text{floor}\left(\frac{be}{0.125 \text{ m}}\right) = 29.00 \quad (*)$

Diámetro de refuerzo 2 capa superior: $\phi_{rt.2} := 0 \text{ in}$

Número de varillas de refuerzo 2: $n_{rt.2} := 1 + \text{floor}\left(\frac{be}{0.20 \text{ m}}\right) = 18.00$

Área de refuerzo capa superior en ancho efectivo:

$$A_{rt} := \left[n_{rt.1} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_{rt.1}^2 \right) \right] + \left[n_{rt.2} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_{rt.2}^2 \right) \right]$$

Dist. de fibra sup. de losa a ref. capa superior: $c_{rt} := 30 \text{ mm}$

Diámetro de refuerzo capa inferior: $\phi_{rb} := 1 \text{ in}$

Número de varillas de refuerzo inferior: $n_{rb} := 1 + \text{floor}\left(\frac{be - b_t}{0.20 \text{ m}}\right) = 17.00$

Área de refuerzo capa inferior en ancho efectivo: $A_{rb} := n_{rb} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_{rb}^2 \right)$

Dist. de fibra sup. de losa a ref. capa inferior: $c_{rb} := t_{bs} - 40 \text{ mm} - \frac{\phi_{rb}}{2} = 247.30 \cdot \text{mm}$

(*) El comando "floor(x)" redondea "x" al mínimo entero.

D. Propiedades de Alas y Almas

	<u>Ala Superior</u>	<u>Alma</u>	<u>Ala Inferior</u>
Área sección transversal:	$A_{ft} := b_t \cdot t_t$	$A_w := D \cdot t_w$	$A_{fb} := b_b \cdot t_b$
Resistencia del acero a fluencia:	$F_{y.ft} := F_{y.50}$	$F_{y.w} := F_{y.50}$	$F_{y.fb} := F_{y.50}$

E. Factores de Amplificación para Combinaciones de Carga

De acuerdo a lo especificado en el Artículo 3.4.1 del AASHTO LRFD, se tienen los siguientes factores de amplificación, necesarios para el diseño de la estructura:

	<u>EL Servicio II-1</u>	<u>EL Servicio II-2</u>
Cargas peso propio:	$\phi_{SII1_DC} := 1.00$	$\phi_{SII2_DC} := 1.00$
Carga de Asfalto:	$\phi_{SII1_DW} := 1.00$	$\phi_{SII2_DW} := 1.00$
Retracción plástica:	$\phi_{SII1_SH} := 0.00$	$\phi_{SII2_SH} := 1.00$
Sobrecarga vehicular:	$\phi_{SII1_LLIM} := 1.30$	$\phi_{SII2_LLIM} := 1.30$

	<u>ELU Resis. I-1</u>	<u>ELU Resis. I-2</u>
Cargas peso propio:	$\phi_{RI1_DC} := 1.25$	$\phi_{RI2_DC} := 1.25$
Carga de Asfalto:	$\phi_{RI1_DW} := 1.50$	$\phi_{RI2_DW} := 1.50$
Retracción plástica:	$\phi_{RI1_SH} := 0.00$	$\phi_{RI2_SH} := 1.00$
Sobrecarga vehicular:	$\phi_{RI1_LLIM} := 1.75$	$\phi_{RI2_LLIM} := 1.75$

F. Factores de modificación de carga

Factor asociado a la ductilidad:	$\eta_D := 1.00$
Factor asociado a la redundancia:	$\eta_R := 1.00$
Factor asociado a la importancia:	$\eta_I := 1.00$
Factor de modificación de carga:	$\eta := \eta_D \cdot \eta_R \cdot \eta_I = 1.00$

G. Fuerzas resultantes del análisis estructural

	<u>Axiales</u>	<u>Momentos Flectores</u>	<u>Cortantes</u>
Estructura metálica:	$N_{DC1} := 0\text{kN}$	$M_{DC1} := 0\text{kN}\cdot\text{m}$	$V_{DC1} := 0\text{kN}$
Losa:	$N_{DC2} := 0\text{kN}$	$M_{DC2} := 550\text{kN}\cdot\text{m}$	$V_{DC2} := 150\text{kN}$
Asfalto + Barreras + Barandas:	$N_{DW} := 0\text{kN}$	$M_{DW} := 35\text{kN}\cdot\text{m}$	$V_{DW} := 8\text{kN}$
Sobrecarga de construcción:	$N_{SCC} := 0\text{kN}$	$M_{SCC} := 81\text{kN}\cdot\text{m}$	$V_{SCC} := 7\text{kN}$
Carga Viva HL93:	$N_{LLIM} := 0\text{kN}$	$M_{LLIM} := 500\text{kN}\cdot\text{m}$	$V_{LLIM} := 180\text{kN}$

H. Verificación de las Proporciones Límites de la Sección Transversal

Los requisitos a cumplir, según el Artículo 6.10.2 del AASHTO-LRDF son:

Almas

Debido a que se considerarán rigidizadores longitudinales, se deberá cumplir : $\frac{D}{t_w} \leq 300$

Según las propiedades geométricas se tiene: $\frac{D}{t_w} = 75 \leq 300$

Ala Superior

$$\frac{b_t}{2t_t} = 8 \leq 12$$

$$b_t = 300\text{-mm} \geq \frac{D}{6} = 150\text{-mm}$$

$$t_t = 20\text{-mm} \geq 1.1t_w = 13\text{-mm}$$

Ala Inferior

$$\frac{b_b}{2t_b} = 8 \leq 12$$

$$b_b = 300\text{-mm} \geq \frac{D}{6} = 150\text{-mm}$$

$$t_b = 20\text{-mm} \geq 1.1t_w = 13\text{-mm}$$

Relación inercial de alas

$$b_{fc} := \begin{cases} b_t & \text{if Momento = "Positivo"} \\ b_b & \text{if Momento = "Negativo"} \end{cases}$$

$$b_{ft} := \begin{cases} b_b & \text{if Momento = "Positivo"} \\ b_t & \text{if Momento = "Negativo"} \end{cases}$$

$$t_{fc} := \begin{cases} t_t & \text{if Momento = "Positivo"} \\ t_b & \text{if Momento = "Negativo"} \end{cases}$$

$$t_{ft} := \begin{cases} t_b & \text{if Momento = "Positivo"} \\ t_t & \text{if Momento = "Negativo"} \end{cases}$$

$$I_{yc} := \frac{t_{fc} \cdot b_{fc}^3}{12} = 4500.00 \cdot \text{cm}^4$$

$$I_{yt} := \frac{t_{ft} \cdot b_{ft}^3}{12} = 4500.00 \cdot \text{cm}^4$$

$$0.10 \leq \frac{I_{yc}}{I_{yt}} = 1.00 \leq 10.00$$

I. Relación Modular "n"

$$n := \text{round}\left(\frac{E_s}{E_c}\right) = 7$$

J. Propiedades geométricas de la sección transversal

Se definen los siguientes parámetros:

Área de sección transversal :	A_s
Distancia vertical del eje centroidal a fibra más lejana del ala superior:	Y_t
Distancia vertical del eje centroidal a fibra más lejana del ala inferior:	Y_b
Momento de inercia alrededor del eje centroidal:	I_{xx}
Módulo de sección superior:	S_t
Módulo de sección inferior:	S_b

J.1) Viga Metálica (Non Composite)

	Área	Centro geométrico	Momen. Inercia
Ala Superior:	$A_{ft} = 6000 \cdot \text{mm}^2$	$y_{ft} := t_b + D + 0.5 \cdot t_t$ $y_{ft} = 930 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{ft}} := \frac{1}{12} \cdot b_t \cdot t_t^3$ $I_{xx_{ft}} = 200000 \cdot \text{mm}^4$
Alma:	$A_w := D \cdot t_w$ $A_w = 10800 \cdot \text{mm}^2$	$y_w := t_b + 0.5 \cdot D$ $y_w = 470 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_w} := \frac{1}{12} \cdot t_w \cdot D^3$ $I_{xx_w} = 729000000 \cdot \text{mm}^4$
Ala Inferior:	$A_{fb} = 6000 \cdot \text{mm}^2$	$y_{fb} := 0.5 \cdot t_b$ $y_{fb} = 10 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{fb}} := \frac{1}{12} \cdot b_b \cdot t_b^3$ $I_{xx_{fb}} = 200000 \cdot \text{mm}^4$

Área sección viga metálica: $A_{s_{NC}} := A_{ft} + A_w + A_{fb} = 228 \cdot \text{cm}^2$

Distancia de fibra inferior al centro geométrico de viga metálica:

$$Y_{b_{NC}} := \frac{A_{ft} \cdot y_{ft} + A_w \cdot y_w + A_{fb} \cdot y_{fb}}{A_{s_{NC}}} = 470 \cdot \text{mm}$$

Distancia de fibra superior al centro geométrico de viga metálica:

$$Y_{t_{NC}} := H_t - Y_{b_{NC}} = 470 \cdot \text{mm}$$

Momento de inercia de viga metálica:

$$I_{xx_{NC}} := \left[I_{xx_{ft}} + A_{ft} \cdot (y_{ft} - Y_{b_{NC}})^2 \right] + \left[I_{xx_w} + A_w \cdot (y_w - Y_{b_{NC}})^2 \right] + \left[I_{xx_{fb}} + A_{fb} \cdot (y_{fb} - Y_{b_{NC}})^2 \right]$$

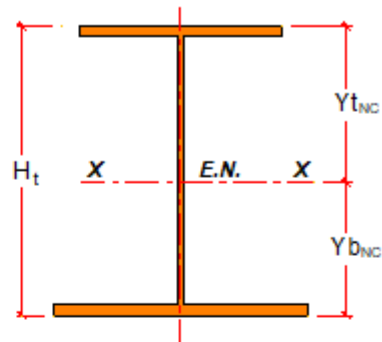
$$I_{xx_{NC}} = 326860 \cdot \text{cm}^4$$

Módulo de sección a fibra superior:

$$S_{t_{NC}} := \frac{I_{xx_{NC}}}{Y_{t_{NC}}} = 6954 \cdot \text{cm}^3$$

Módulo de sección a fibra inferior:

$$S_{b_{NC}} := \frac{I_{xx_{NC}}}{Y_{b_{NC}}} = 6954 \cdot \text{cm}^3$$



J.2) Sección Compuesta para Cargas Transitorias (Short-Term) / $n = 7.00$

Ancho de Losa en área de acero: $B_{ST} := \frac{b_e}{n} = 514 \cdot \text{mm}$

	Área	Centro geométrico	Momen. Inercia
Viga:	$A_{s_{NC}} = 22800 \cdot \text{mm}^2$	$Y_{b_{NC}} = 470 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{NC}} = 3268600000 \cdot \text{mm}^4$
Losa:	$A_{c_{ST}} := B_{ST} \cdot t_s$	$y_{c_{ST}} := H_t + t_{ps} + 0.5 \cdot t_s$	$I_{xx_{c.ST}} := \frac{1}{12} \cdot B_{ST} \cdot t_s^3$
	$A_{c_{ST}} = 154286 \cdot \text{mm}^2$	$y_{c_{ST}} = 1090 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{c.ST}} = 1157142857 \cdot \text{mm}^4$

Área sección compuesta: $A_{s_{ST}} := A_{s_{NC}} + A_{c_{ST}} = 1771 \cdot \text{cm}^2$

Distancia de fibra inferior al centro geométrico de sección compuesta:

$$Y_{b_{ST}} := \frac{A_{s_{NC}} \cdot Y_{b_{NC}} + A_{c_{ST}} \cdot y_{c_{ST}}}{(A_{s_{NC}} + A_{c_{ST}})} = 1010 \cdot \text{mm}$$

Distancia de fibra superior al centro geométrico de sección compuesta:

$$Y_{t_{ST}} := H_t - Y_{b_{ST}} = -70 \cdot \text{mm}$$

Momento de inercia de sección compuesta:

$$I_{xx_{ST}} := \left[I_{xx_{NC}} + A_{s_{NC}} \cdot (Y_{b_{NC}} - Y_{b_{ST}})^2 \right] + \left[I_{xx_{c.ST}} + A_{c_{ST}} \cdot (y_{c_{ST}} - Y_{b_{ST}})^2 \right]$$

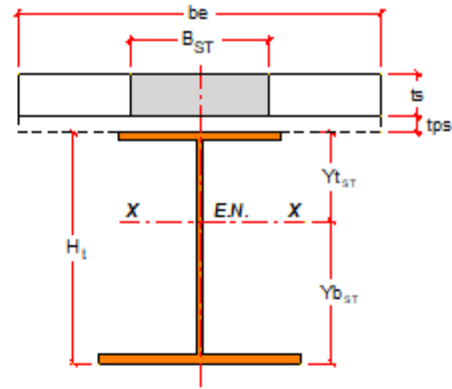
$$I_{xx_{ST}} = 1206165 \cdot \text{cm}^4$$

Módulo de sección a fibra superior de secc. compuesta:

$$S_{tST} := \frac{I_{xxST}}{Y_{tST}} = -171881 \cdot \text{cm}^3$$

Módulo de sección a fibra inferior de secc. compuesta:

$$S_{bST} := \frac{I_{xxST}}{Y_{bST}} = 11940 \cdot \text{cm}^3$$



K. Zonas en Compresión y Tensión

Ala en Compresión

$$A_{fc} := \begin{cases} A_{ft} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ A_{fb} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases}$$

Área total
sección trans: $A_{fc} = 6000 \cdot \text{mm}^2$

$$F_{yc} := \begin{cases} F_{y.ft} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ F_{y.fb} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases}$$

Esfuerzo
fluencia: $F_{yc} = 345 \cdot \text{MPa}$

Ala en Tensión

$$A_{ft} := \begin{cases} A_{fb} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ A_{ft} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases}$$

$A_{ft} = 6000 \cdot \text{mm}^2$

$$F_{yt} := \begin{cases} F_{y.fb} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ F_{y.ft} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases}$$

$F_{yt} = 345 \cdot \text{MPa}$

L. Momento Plástico de la Sección Transversal

Las fuerzas plásticas desarrolladas en los elementos que conforman la sección transversal están dadas por:

$$\begin{array}{l} \text{Acero de Refuerzo} \\ \text{Capa Superior en Losa :} \end{array} \quad P_{rt} := \begin{cases} 0 \text{kN} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ F_{y.r} \cdot A_{rt} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases} \quad P_{rt} = 0.00 \cdot \text{kN}$$

$$\begin{array}{l} \text{Losa :} \end{array} \quad P_s := \begin{cases} 0.85 \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_s & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ 0 & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases} \quad P_s = 25704.00 \cdot \text{kN}$$

$$\begin{array}{l} \text{Acero de Refuerzo} \\ \text{Capa Inferior en Losa :} \end{array} \quad P_{rb} := \begin{cases} 0 \text{kN} & \text{if Momento} = \text{"Positivo"} \\ F_{y.r} \cdot A_{rb} & \text{if Momento} = \text{"Negativo"} \end{cases} \quad P_{rb} = 0.00 \cdot \text{kN}$$

$$\begin{array}{l} \text{Ala a Compresión :} \end{array} \quad P_c := F_{yc} \cdot A_{fc} = 2070.00 \cdot \text{kN}$$

$$\begin{array}{l} \text{Alma :} \end{array} \quad P_w := F_{yw} \cdot A_w = 3726.00 \cdot \text{kN}$$

$$\begin{array}{l} \text{Ala a tensión :} \end{array} \quad P_t := F_{yt} \cdot A_{ft} = 2070.00 \cdot \text{kN}$$

Para el cálculo del momento plástico a desarrollar por la sección (M_p) y de la posición del eje plástico neutro (PNA), se hace uso del Item D6.1 indicada en la norma AASHTO LRFD. Debido a las fuerzas plásticas mostradas líneas arriba, así como el tipo de momento (positivo o negativo) se tienen los siguientes resultados:

Tabla = "D6.1-1"

Caso = "V"

Ubicación de eje plástico neutro: PNA = "En Losa, arriba de Prb, debajo de Prt"

Momento plástico: $M_p = 5696 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Distancia de PNA a borde superior de losa: $D_p = 92 \text{ mm}$

Peralte del alma en compresión en momento plástico: $D_{cp} = 0 \text{ mm}$

M. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Cálculo de esfuerzos por Retracción "SH"

Relación modular: $n = 7.00$

Multiplicador del creep para la retracción: $\psi_L = 0.55$

Coefficiente de flujo plástico: $\phi = 2.938$

Relación modular en el tiempo: $n_L := n \cdot (1 + \psi_L \cdot \phi) = 18.31$

Deformación unitaria por retracción: $\epsilon_{sh} := -37.80 \times 10^{-5}$

Módulo elastico efectivo del concreto: $E_{c_eff} := \frac{E_c}{(1 + \psi_L \cdot \phi)} = 10560.05 \text{ MPa}$

Área sección concreto en viga mixta: $A_{conc} := b_{LT} \cdot t_s = 1.70 \text{ m}^2$

Carga Axial en secc. mixta por efectos de retracción: $N_o := |\epsilon_{sh}| \cdot E_{c_eff} \cdot A_{conc}$

$$N_o = 6790 \text{ kN}$$

Ancho de Losa en área de acero en el tiempo: $B_{LT} := \frac{b_{LT}}{n_L} = 310 \text{ mm}$

	Área	Centro geométrico	Momen. Inercia
Viga:	$A_{s_{NC}} = 22800 \cdot \text{mm}^2$	$Y_{b_{NC}} = 470 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{NC}} = 3268600000 \cdot \text{mm}^4$
Losa:	$A_{c_{LT}} := B_{LT} \cdot t_s$	$y_{c_{LT}} := H_t + t_{ps} + 0.5 \cdot t_s$	$I_{xx_{c.LT}} := \frac{1}{12} \cdot B_{LT} \cdot t_s^3$
	$A_{c_{LT}} = 92893 \cdot \text{mm}^2$	$y_{c_{LT}} = 1090 \cdot \text{mm}$	$I_{xx_{c.LT}} = 696700944 \cdot \text{mm}^4$

Área sección compuesta: $A_{s_{LT}} := A_{s_{NC}} + A_{c_{LT}} = 1157 \cdot \text{cm}^2$

Distancia de fibra inferior al centro geométrico de sección compuesta:

$$Y_{b_{LT}} := \frac{A_{s_{NC}} \cdot Y_{b_{NC}} + A_{c_{LT}} \cdot y_{c_{LT}}}{(A_{s_{NC}} + A_{c_{LT}})} = 968 \cdot \text{mm}$$

Distancia de fibra superior al centro geométrico de sección compuesta:

$$Y_{t_{LT}} := H_t - Y_{b_{LT}} = -28 \cdot \text{mm}$$

Momento de inercia de sección compuesta:

$$I_{xx_{LT}} := \left[I_{xx_{NC}} + A_{s_{NC}} \cdot (Y_{b_{NC}} - Y_{b_{LT}})^2 \right] + \left[I_{xx_{c.LT}} + A_{c_{LT}} \cdot (y_{c_{LT}} - Y_{b_{LT}})^2 \right]$$

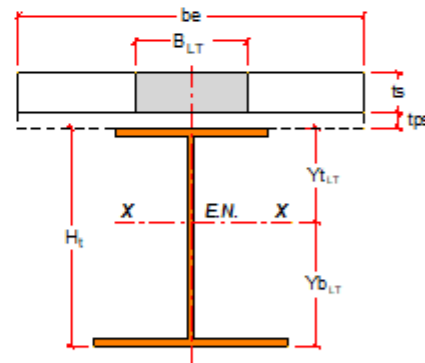
$$I_{xx_{LT}} = 1100241 \cdot \text{cm}^4$$

Módulo de sección a fibra superior de secc. compuesta:

$$S_{t_{LT}} := \frac{I_{xx_{LT}}}{Y_{t_{LT}}} = -395556 \cdot \text{cm}^3$$

Módulo de sección a fibra inferior de secc. compuesta:

$$S_{b_{LT}} := \frac{I_{xx_{LT}}}{Y_{b_{LT}}} = 11368 \cdot \text{cm}^3$$



Excentricidad de carga de retracción respecto al eje neutro de sección compuesta:

$$\text{exc}_{LT} := (H_t + t_{ps} + 0.50 \cdot t_s) - Y_{b_{LT}} = 122 \cdot \text{mm}$$

Momento flector en sección mixta por efectos de retracción: $M_o := N_o \cdot \text{exc}_{LT} = 829.62 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Esfuerzos en viga metálica:

$$f_{tf.SH} := \left[\frac{-N_o}{A_{s_{LT}}} - \frac{M_o \cdot [\text{exc}_{LT} - (0.50 \cdot t_s + t_{ps})]}{I_{xx_{LT}}} \right] = -56.59 \cdot \text{MPa} \quad \text{Fibra Superior}$$

$$f_{bf.SH} := \left[\frac{-N_o}{A_{s_{LT}}} + \frac{M_o \cdot (Y_{b_{LT}})}{I_{xx_{LT}}} \right] = 14.29 \cdot \text{MPa} \quad \text{Fibra Inferior}$$

Los esfuerzos máximos desarrollados en las planchas de acero debido a las cargas aplicadas, serán:

Ala Superior

Ala Inferior

Estructura metálica:

$$f_{tf.DC1} := \left(\frac{N_{DC1}}{A_{sNC}} \right) - \left(\frac{M_{DC1}}{S_{tNC}} \right)$$

$$f_{bf.DC1} := \left(\frac{N_{DC1}}{A_{sNC}} \right) + \left(\frac{M_{DC1}}{S_{bNC}} \right)$$

Losa:

$$f_{tf.DC2} := \left(\frac{N_{DC2}}{A_{sNC}} \right) - \left(\frac{M_{DC2}}{S_{tNC}} \right)$$

$$f_{bf.DC2} := \left(\frac{N_{DC2}}{A_{sNC}} \right) + \left(\frac{M_{DC2}}{S_{tNC}} \right)$$

Asfalto:

$$f_{tf.DW} := \left(\frac{N_{DW}}{A_{sST}} \right) - \left(\frac{M_{DW}}{S_{tST}} \right)$$

$$f_{bf.DW} := \left(\frac{N_{DW}}{A_{sST}} \right) + \left(\frac{M_{DW}}{S_{bST}} \right)$$

Retracción:

$$f_{tf.SH} = -56.59 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{bf.SH} = 14.29 \cdot \text{MPa}$$

Sobrecarga vehicular:

$$f_{tf.LLIM} := \left(\frac{N_{LLIM}}{A_{sST}} \right) - \left(\frac{M_{LLIM}}{S_{tST}} \right)$$

$$f_{bf.LLIM} := \left(\frac{N_{LLIM}}{A_{sST}} \right) + \left(\frac{M_{LLIM}}{S_{bST}} \right)$$

Sobrecarga de construcción:

$$f_{tf.SCC} := \left(\frac{N_{SCC}}{A_{sNC}} \right) - \left(\frac{M_{SCC}}{S_{tNC}} \right)$$

$$f_{bf.SCC} := \left(\frac{N_{SCC}}{A_{sNC}} \right) + \left(\frac{M_{SCC}}{S_{bNC}} \right)$$

Verificación de Esfuerzos por Estado Límite de Servicio II

Las combinaciones de carga, así como sus factores son establecidos en la Tabla 3.4.1-1 del AASHTO-LRFD.

$$f_S = \sum_i (\phi_i \times f_i)$$

Esfuerzo en ala superior: $f_{tf,DC} := f_{tf,DC1} + f_{tf,DC2}$

Esfuerzo en ala inferior: $f_{bf,DC} := f_{bf,DC1} + f_{bf,DC2}$

Esfuerzos en E.L. Servicio en ala superior:

$$f_{tf,SII1} := \phi_{SII1_DC} \cdot f_{tf,DC} + \phi_{SII1_DW} \cdot f_{tf,DW} + \phi_{SII1_SH} \cdot f_{tf,SH} + \phi_{SII1_LLIM} \cdot f_{tf,LLIM}$$

$$f_{tf,SII2} := \phi_{SII2_DC} \cdot f_{tf,DC} + \phi_{SII2_DW} \cdot f_{tf,DW} + \phi_{SII2_SH} \cdot f_{tf,SH} + \phi_{SII2_LLIM} \cdot f_{tf,LLIM}$$

Esfuerzos en E.L. Servicio en ala inferior:

$$f_{bf,SII1} := \phi_{SII1_DC} \cdot f_{bf,DC} + \phi_{SII1_DW} \cdot f_{bf,DW} + \phi_{SII1_SH} \cdot f_{bf,SH} + \phi_{SII1_LLIM} \cdot f_{bf,LLIM}$$

$$f_{bf,SII2} := \phi_{SII2_DC} \cdot f_{bf,DC} + \phi_{SII2_DW} \cdot f_{bf,DW} + \phi_{SII2_SH} \cdot f_{bf,SH} + \phi_{SII2_LLIM} \cdot f_{bf,LLIM}$$

Esfuerzo máximo en E.L. Servicio a compresión:

$$f_{S2,c} := \left| \min(f_{tf,SII1}, f_{tf,SII2}, f_{bf,SII1}, f_{bf,SII2}) \right| = 131.69 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo máximo en E.L. Servicio a tracción:

$$f_{S2,t} := \left| \max(f_{tf,SII1}, f_{tf,SII2}, f_{bf,SII1}, f_{bf,SII2}) \right| = 150.74 \cdot \text{MPa}$$

Factor de Reducción por Hibridez (Rh)

Mayor distancia del eje neutro de la sección compuesta al borde interno de ala :

$$D_n = 990 \cdot \text{mm}$$

Suma de áreas de alas y demás elementos correspondientes a "Dn":

$$A_{fn} = 6000 \cdot \text{mm}^2$$

Esfuerzo de fluencia de elementos correspondiente a "Dn" :

$$f_n = 345 \cdot \text{MPa}$$

Además se definen los siguientes parámetros:

$$\rho := \min\left(1.0, \frac{F_{yw}}{f_n}\right) = 1.00$$

$$\beta := \frac{2 \cdot D_n \cdot t_w}{A_{fn}} = 3.96$$

El factor de reducción por hibridez:

$$R_h := \frac{12 + \beta \cdot (3\rho - \rho^3)}{12 + 2 \cdot \beta} = 1.000$$

Verificación del acero por flexión

El coeficiente de reducción de la capacidad a flexión es:

i) Alas en Compresión en Sección Compuesta

$$f_{S2,c} = 131.69 \cdot \text{MPa} \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yc} = 327.75 \cdot \text{MPa} \quad \boxed{\text{OK}}$$

ii) Alas en Tensión en Sección Compuesta

$$f_{S2,t} = 150.74 \cdot \text{MPa} \leq 0.95 \cdot R_h \cdot F_{yt} = 327.75 \cdot \text{MPa} \quad \boxed{\text{OK}}$$

N. ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA I

Diseño por Flexión

Peralte de alma en compresión:

$$D_c := \left(\frac{f_{S2,c}}{f_{S2,c} + f_{S2,t}} \right) H_t - t_t = 418 \cdot \text{mm}$$

Momento Positivo

Debido a que se tiene lo siguiente:

i) Ala Totalmente Efectiva

iii) Esfuerzos de fluencia en elementos:

ii) Relación de proporción de alma:

$$F_{y,ft} = 345 \cdot \text{MPa} \leq 485 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{D}{t_w} = 75 \leq 300$$

$$F_{y,ww} = 345 \cdot \text{MPa} \leq 485 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{y,fb} = 345 \cdot \text{MPa} \leq 485 \cdot \text{MPa}$$

iv) Relación geométrica en sección plastificada:

$$D_{cp} = 0 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} = 0 \leq 3.76 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{F_{yc}}} = 90.53$$

Al cumplirse todas estas restricciones, se tendrá:

Tipo_Sección = "Compacta"

Ductilidad:

$$D_t := H_t + t_{ps} + t_s = 1240 \cdot \text{mm}$$

$$D_p = 92 \cdot \text{mm} \leq 0.42 \cdot (D_t) = 521 \cdot \text{mm} \quad \boxed{\text{OK}}$$

SECCIÓN COMPACTA

Artículo 6.10.7.1.2 AASHTO-LRFD.

Distancia del borde superior de la losa
al eje neutro plástico de la sección compuesta: $D_p = 92 \text{ mm}$

El momento flector nominal de la sección es tomado como:

$$M_{n1} := \begin{cases} M_p & \text{if } D_p \leq 0.1 \cdot D_t \\ M_p \cdot \left(1.07 - 0.7 \cdot \frac{D_p}{D_t} \right) & \text{if } D_p > 0.1 \cdot D_t \end{cases} \quad M_{n1} = 5695.74 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Momento flector adicional que origina la fluencia en cualquiera de las alas en la sección compuesta a corto plazo:

$$M_{AD,c} := \left[F_{yc} - \left[\frac{1.25 \cdot (M_{DC1} + M_{DC2})}{S_{tNC}} + \frac{1.50 \cdot M_{DW}}{S_{tST}} \right] \right] \cdot S_{tST}$$

$$M_{AD,t} := \left[F_{yt} - \left[\frac{1.25 \cdot (M_{DC1} + M_{DC2})}{S_{bNC}} + \frac{1.50 \cdot M_{DW}}{S_{bST}} \right] \right] \cdot S_{bST}$$

$$M_{AD} := \min(|M_{AD,c}|, |M_{AD,t}|) = 2886.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_y := \eta \cdot [1.25(M_{DC1} + M_{DC2}) + 1.50 \cdot (M_{DW}) + M_{AD}]$$

$$M_{n2} := 1.3 \cdot R_h \cdot M_y = 4714.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_n := \min(M_{n1}, M_{n2}) = 4714.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector por cargas permanentes está dado por:

$$M_{DC} := M_{DC1} + M_{DC2} = 550 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Y el momento último en Estado Límite de Resistencia 1:

$$M_u := \eta \cdot [1.25 \cdot (M_{DC}) + 1.50 \cdot (M_{DW}) + 1.75 \cdot (M_{LLIM})]$$

Factor de Reducción por Flexión: $\phi_f := 1.00$

Se debe cumplir:

$$M_u = 1615 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq \phi_f \cdot M_n = 4714 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

OK

SECCIÓN COMPACTA

Artículo 6.10.7.1.2 AASHTO-LRFD.

Distancia del borde superior de la losa
al eje neutro plástico de la sección compuesta: $D_p = 92\text{-mm}$

El momento flector nominal de la sección es tomado como:

$$M_{n1} := \begin{cases} M_p & \text{if } D_p \leq 0.1 \cdot D_t \\ M_p \cdot \left(1.07 - 0.7 \cdot \frac{D_p}{D_t} \right) & \text{if } D_p > 0.1 \cdot D_t \end{cases} \quad M_{n1} = 5695.74 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Momento flector adicional que origina la fluencia en cualquiera de las alas en la sección compuesta a corto plazo:

$$M_{AD.c} := \left[F_{yc} - \left[\frac{1.25 \cdot (M_{DC1} + M_{DC2})}{S_{tNC}} + \frac{1.50 \cdot M_{DW}}{S_{tST}} \right] \right] \cdot S_{tST}$$

$$M_{AD.t} := \left[F_{yt} - \left[\frac{1.25 \cdot (M_{DC1} + M_{DC2})}{S_{bNC}} + \frac{1.50 \cdot M_{DW}}{S_{bST}} \right] \right] \cdot S_{bST}$$

$$M_{AD} := \min(|M_{AD.c}|, |M_{AD.t}|) = 2886.48 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_y := \eta \cdot [1.25(M_{DC1} + M_{DC2}) + 1.50(M_{DW}) + M_{AD}]$$

$$M_{n2} := 1.3 \cdot R_h \cdot M_y = 4714.43 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_n := \min(M_{n1}, M_{n2}) = 4714.43 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector por cargas permanentes está dado por:

$$M_{DC} := M_{DC1} + M_{DC2} = 550 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

Y el momento último en Estado Límite de Resistencia 1:

$$M_u := \eta \cdot [1.25 \cdot (M_{DC}) + 1.50(M_{DW}) + 1.75 \cdot (M_{LLIM})]$$

Factor de Reducción por Flexión: $\phi_f := 1.00$

Se debe cumplir:

$$M_u = 1615 \cdot \text{kN}\cdot\text{m} \leq \phi_f \cdot M_n = 4714 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

OK

O. CONSTRUCTIBILIDAD

La combinación de cargas para el cálculo de las demanda por el efecto de la Constructibilidad viene dado por:

$$U = 1.25 DC + 1.50 SCC$$

Donde "U", "DC" y "SCC", representan a la constructibilidad, las cargas permanentes y sobrecarga de construcción, repectivamente. Así se tienen los siguientes esfuerzos máximos:

$$\text{Ala a compresión: } f_{U,c} := \eta \cdot [1.25(f_{tf,DC1} + f_{tf,DC2}) + 1.50(f_{tf,SCC})] = -116.33 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{Ala a tensión: } f_{U,t} := \eta \cdot [1.25(f_{bf,DC1} + f_{bf,DC2}) + 1.50(f_{bf,SCC})] = 116.33 \cdot \text{MPa}$$

Ala a Compresión

i) Resistencia al Pandeo Local

El apartado 6.10.8.2.2 del AASHTO-LRFD especifica los cálculos en el presente ítem.

El esfuerzo en el ala a compresión al inicio de la fluencia de la sección transversal, incluyendo los efectos residuales es:

$$F_{yr} := \max(0.5 \cdot F_{yc}, \min(0.7 F_{yc}, F_{yw})) = 241.50 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{Relación de esbeltez para el ala en compresión: } \lambda_f := \frac{b_{fc}}{2t_{fc}} = 7.50$$

Las relaciones de esbeltez para alas compactas y no compactas son:

$$\lambda_{pf} := 0.380 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{F_{yc}}} = 9.15 \quad \lambda_{rf} := 0.560 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{F_{yr}}} = 16.12$$

El esfuerzo resistente al pandeo local en el ala a compresión es:

$$F_{nc, LB} := \begin{cases} R_b \cdot R_h \cdot F_{yc} & \text{if } \lambda_f \leq \lambda_{pf} \\ \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h \cdot F_{yc}} \right) \cdot \left(\frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \cdot R_b \cdot R_h \cdot F_{yc} & \text{otherwise} \end{cases} \quad F_{nc, LB} = 345.00 \cdot \text{MPa}$$

ii) Resistencia al Pandeo Lateral Torsional

Longitud no arriostrada del ala a compresión: $L_b := 2100\text{mm}$

Modificador por gradiente de momentos: $C_b := 1.00$

Radio de giro efectivo por pandeo lateral torsional: $r_t := \frac{b_{fc}}{\sqrt{12 \cdot \left(1 + \frac{D_c \cdot t_w}{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}}\right)}} = 76.58\text{-mm}$

Esfuerzo elástico por pandeo lateral torsional: $F_{cr} := \frac{C_b \cdot R_b \cdot \pi^2 \cdot E_s}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} = 2624.99\text{-MPa}$

Las longitudes no arriostradas límites son:

$$L_p := r_t \cdot \sqrt{\frac{E_s}{F_{yc}}} = 1843.84\text{-mm} \quad L_r := \pi \cdot r_t \cdot \sqrt{\frac{E_s}{F_{yr}}} = 6923.48\text{-mm}$$

Calculando el esfuerzo resistente por pandeo lateral torsional en el ala a compresión se tiene:

$$F_{nc.LTB} := \begin{cases} R_b \cdot R_h \cdot F_{yc} & \text{if } L_b \leq L_p \\ C_b \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{F_{yr}}{R_h \cdot F_{yc}}\right) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right)\right] \cdot R_b \cdot R_h \cdot F_{yc} & \text{if } L_p \leq L_b \leq L_r \\ \min(F_{cr}, R_b \cdot R_h \cdot F_{yc}) & \text{if } L_b \geq L_r \end{cases}$$

$$F_{nc.LTB} = 339.78\text{-MPa}$$

El esfuerzo resistente nominal se calcula como:

$$F_{nc} := \min(F_{nc.LB}, F_{nc.LTB}) = 339.78\text{-MPa} \quad \phi_f = 1.00$$

[AASHTO LRFD 6.5.4.2]

Se debe verificar:

$$|f_{U,c}| = 116.33\text{-MPa} \leq \min(\phi_f \cdot R_h \cdot F_{yc}, \phi_f \cdot F_{nc}) = 339.78\text{-MPa} \quad \boxed{\text{OK}}$$

Ala en Tensión

El esfuerzo a tensión máximo viene dado por: $F_{nt} := R_h \cdot F_{yt} = 345.00\text{-MPa}$

El factor de reducción para el esfuerzo a tensión es: $\phi_f := 1.00$ [AASHTO LRFD 6.5.4.2]

De deberá cumplir también:

$$f_{U,t} = 116.33\text{-MPa} \leq \phi_f \cdot F_{nt} = 345.00\text{-MPa} \quad \boxed{\text{OK}}$$

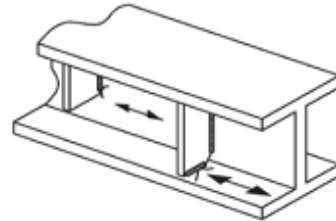
P. ESTADO LÍMITE DE FATIGA Y FRACTURA

Las cargas axiales y momentos flectores máximos y mínimos debido al camión de fatiga son:

$$\text{Momento Flector: } M_{\max.\text{FAT}} := 250\text{kN}\cdot\text{m} \quad M_{\min.\text{FAT}} := 0\text{kN}\cdot\text{m}$$

Estado Límite de Fatiga I

El Umbral de Fatiga de Amplitud Constante es tomado de la Tabla 6.6.1.2.5-3 del AASHTO LRFD, en nuestro caso tendremos:



$$\text{Categoría "C": } \Delta F_{\text{TH}} := 12\text{ksi} = 83\cdot\text{MPa}$$

El factor de amplificación de cargas para ELU Fatiga I es: $\gamma_F := 1.50$

[AASHTO LRFD Tabla 3.4.1-1]

Los esfuerzos máximos y mínimos por efectos del camión de fatiga son:

$$\sigma_{\max.\text{FAT}} := \frac{M_{\max.\text{FAT}}}{S_{b_{\text{ST}}}} = 21\cdot\text{MPa}$$

$$\sigma_{\min.\text{FAT}} := \frac{M_{\min.\text{FAT}}}{S_{b_{\text{ST}}}} = 0\cdot\text{MPa}$$

La variación de esfuerzos en las alas son:

$$\Delta f_{\text{FAT.I}} := \gamma_F \cdot (|\sigma_{\max.\text{FAT}}| + |\sigma_{\min.\text{FAT}}|) = 31\cdot\text{MPa}$$

$$\text{Se debe verificar: } \Delta f_{\text{FAT.I}} = 31\cdot\text{MPa} \leq \Delta F_{\text{TH}} = 83\cdot\text{MPa} \quad \boxed{\text{Ok!}}$$

Estado Límite de Fatiga II

Para el cálculo del esfuerzo resistente a la fatiga se debe recurrir al Artículo 6.6.1.2.5 del AASHTO LRFD, para ello se emplearán los siguientes parámetros:

$$\text{Tabla 6.6.1.2.5-1: } A := 44 \times 10^8 \times \text{ksi}^3$$

$$\text{Tabla 6.6.1.2.5-2: } n := 1$$

$$\text{Artículo 3.6.1.4: } \text{ADTT}_{\text{SL}} := 454$$

así se tienen:

$$N_f := (365) \cdot (75) \cdot n \cdot (\text{ADTT}_{\text{SL}}) = 12428250$$

$$\Delta F_n := \left(\frac{A}{N_f} \right)^{\frac{1}{3}} = 48.78\cdot\text{MPa}$$

El factor de amplificación de cargas para ELU Fatiga II es: $\gamma_F := 0.75$

[AASHTO LRFD Tabla 3.4.1-1]

La variación de esfuerzos en las alas son:

$$\Delta f_{\text{FAT.II}} := \gamma_F \cdot (|\sigma_{\max.\text{FAT}}| + |\sigma_{\min.\text{FAT}}|) = 16\cdot\text{MPa}$$

$$\text{Se debe verificar: } \Delta f_{\text{FAT.II}} = 16\cdot\text{MPa} \leq \Delta F_n = 49\cdot\text{MPa} \quad \boxed{\text{Ok!}}$$

Q. CONECTORES DE CORTE

Diámetro de los Studs:	$\varnothing_{sc} := 19\text{mm}$
Altura de Studs:	$H_s := 100\text{mm}$
Número de Studs por columna:	$n_s := 2$
Esfuerzos a fluencia de Studs:	$F_{y.sc} := F_{y.50} = 345\text{MPa}$
Esfuerzos último de Studs:	$F_{u.sc} := F_{u.50} = 450\text{MPa}$

Revisión por Estado Limite de Fatiga

Variación neta de la fuerza en los arriostres del ala superior según los resultados del modelo para carga de fatiga: $F_{rc} := 0\text{kN}$

Longitud efectiva de la losa (no aplica): $w := 1220\text{mm}$

Rango de la fuerza cortante de fatiga radial por unidad de longitud: $F_{FAT} := \frac{F_{rc}}{w} = 0.00 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Rango de fuerza cortante en viga por efecto de fatiga: $V_F := 119\text{kN}$

Momento de inercia de la sección compuesta para cargas transitorias (Short-Term): $I_{xxST} = 1206165 \cdot \text{cm}^4$

Primer momento del área transformada de concreto para cargas transitorias: $Q := [(B_{ST}) \cdot t_s] \cdot (Y_{tST} + t_{ps} + 0.5 \cdot t_s)$
 $Q = 12315.97 \cdot \text{cm}^3$

Rango de la fuerza cortante de fatiga longitudinal por unidad de longitud: $V_{FAT} := \frac{V_F \cdot Q}{I_{xxST}} = 121.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Rango de la fuerza cortante de fatiga horizontal por unidad de longitud: $V_{sr} := \sqrt{(V_{FAT})^2 + (F_{FAT})^2} = 121.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Además se tienen: $N_f = 12428250$ $\alpha := 238 - 29.50 \log(N_f) = 28.71$

La resistencia cortante por fatiga en un Stud viene dado por: $Z_r := \max\left(\alpha \cdot \varnothing_{sc}^2, \frac{38 \cdot \varnothing_{sc}^2}{2}\right) \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 10366.08 \text{N}$

Se debe verificar: $p_s \leq \frac{n_s \cdot Z_r}{V_{sr}} = 171 \cdot \text{mm}$

El espaciamiento de los Studs ha colocar serán: $p_s := 120\text{mm}$ OK

Revisión por Estado Límite de Resistencia

Se revisará a continuación el requerimiento especial para puntos de cargas de contraflexión permanente.

Factor de resistencia para los conectores por cortante: $\phi_{sc} := 0.85$ [AASHTO LRFD 6.5.4.2]

Diámetro de Studs: $\phi_{sc} = 19\text{-mm}$

Área de la sección transversal de un Stud: $A_{sc} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_{sc}^2 = 284\text{-mm}^2$

La resistencia por cortante nominal por Stud embebido en la losa de concreto es: $Q_n := \min(0.50 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c \cdot E_c}, A_{sc} \cdot F_{u,sc}) = 124.68\text{-kN}$

Por lo que la resistencia factorada es: $Q_r := \phi_{sc} \cdot Q_n = 105.98\text{-kN}$

Cálculo de la fuerza cortante longitudinal en la losa de concreto en el punto de máximo momento positivo para cargas vivas incluyendo impacto "Pp":

$P_{1p} := 0.85 \cdot f_c \cdot b_e \cdot t_s = 25704.00\text{-kN}$ $P_{2p} := F_{y,ft} \cdot A_{ft} + F_{y,w} \cdot A_w + F_{y,fb} \cdot A_{fb} = 7866.00\text{-kN}$

$P_p := \min(P_{1p}, P_{2p}) = 7866.00\text{-kN}$

Por ser un puente recto, la fuerza cortante radial total en la losa sobre el apoyo interior para cargas vivas incluyendo impacto será:

$F_p := 0\text{-kN}$

Resistencia cortante nominal en la zona de contraflexión es: $P := \eta \sqrt{P_p^2 + F_p^2} = 7866.00\text{-kN}$

El número de Studs en estado límite de Resistencia en la zona en consideración es:

$n_T := \frac{P}{Q_r} = 74$

Como hay 2 Studs por columna, serán necesarios el siguiente número de filas:

$n_F := \frac{n_T}{n_s} = 37$

Longitud de viga:

$L_{viga} := 8.68\text{m}$

Espaciamiento máximo de conectores:

$p_{s,max} := \frac{0.5 \cdot L_{viga}}{n_F} = 0.12\text{m}$

$p_{s,max} := \text{round}\left(\frac{p_{s,max}}{\text{m}}, 2\right) \cdot \text{m}$

Espaciamiento considerado para conectores:

$p_s := 0.12\text{m}$

Condicion := if($p_s \leq p_{s,max}$, "OK", "NO CUMPLE") = "OK"

CÁLCULO DE LA FUERZA SISMICA.-

Según [16] en el capítulo 3.10.9, se indica que la fuerza mínima de diseño en toda conexión del puente se obtiene de la expresión:

$$S=W*As$$

$$As=F_{pga} * PGA$$

Donde:

W: Peso de la Estructura considerando el (100% carga muerta + 25% de la carga viva)

As: Coeficiente de aceleración sísmica que estará en función de la zona sísmica y el tipo de suelo que conforma la misma.

Site Class	Spectral Acceleration Coefficient at Period 1.0 sec (S_1) ¹				
	$S_1 < 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 > 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F ²	*	*	*	*	*

Tabla 29: Valores del factor de sitio para el rango de largo plazo del espectro de aceleración

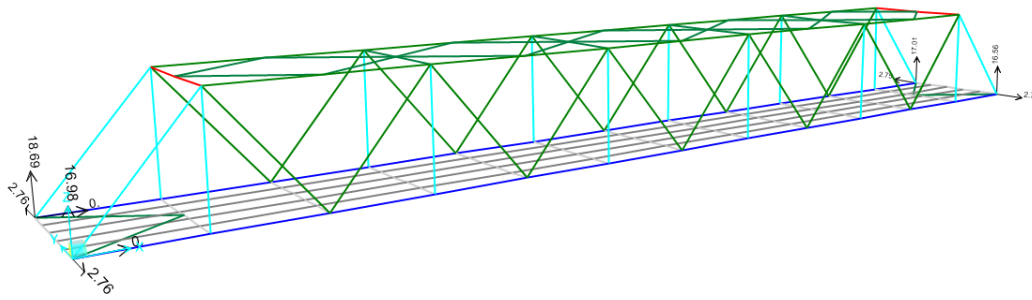
Site Class	Peak Ground Acceleration Coefficient (PGA) ¹				
	$PGA < 0.10$	$PGA = 0.20$	$PGA = 0.30$	$PGA = 0.40$	$PGA > 0.50$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F ²	*	*	*	*	*

Tabla 30: Valores del factor de sitio con periodo de 0seg en el espectro de aceleración

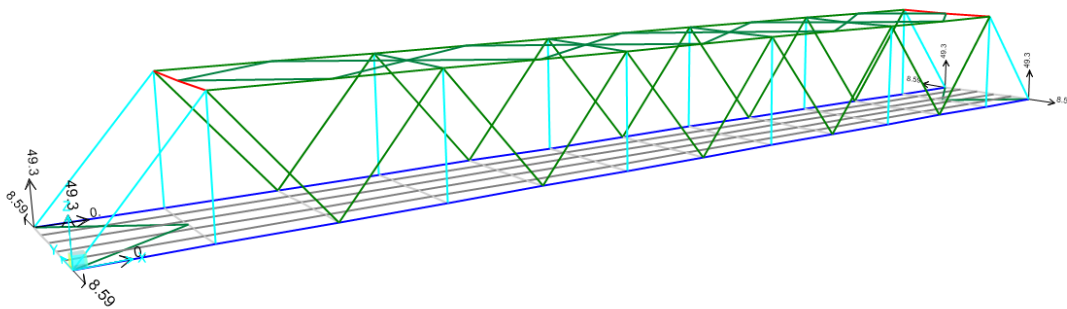
Determinación del peso sísmico:

- Carga Muerta:

Reacción por carga muerta de carpeta asfáltica (DW)



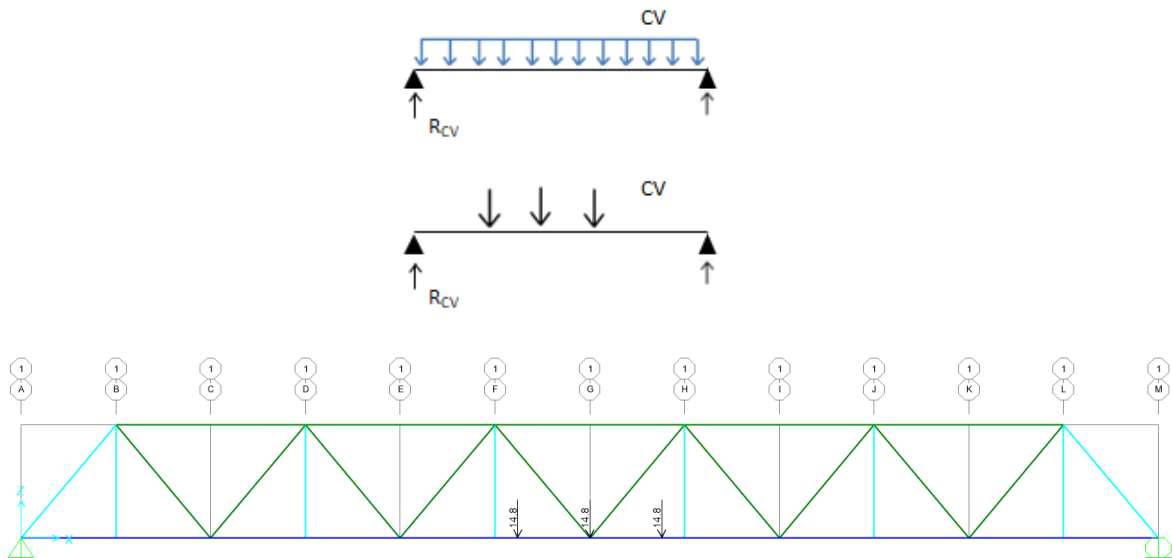
Reacción por carga muerta de peso propio de la superestructura (DC)

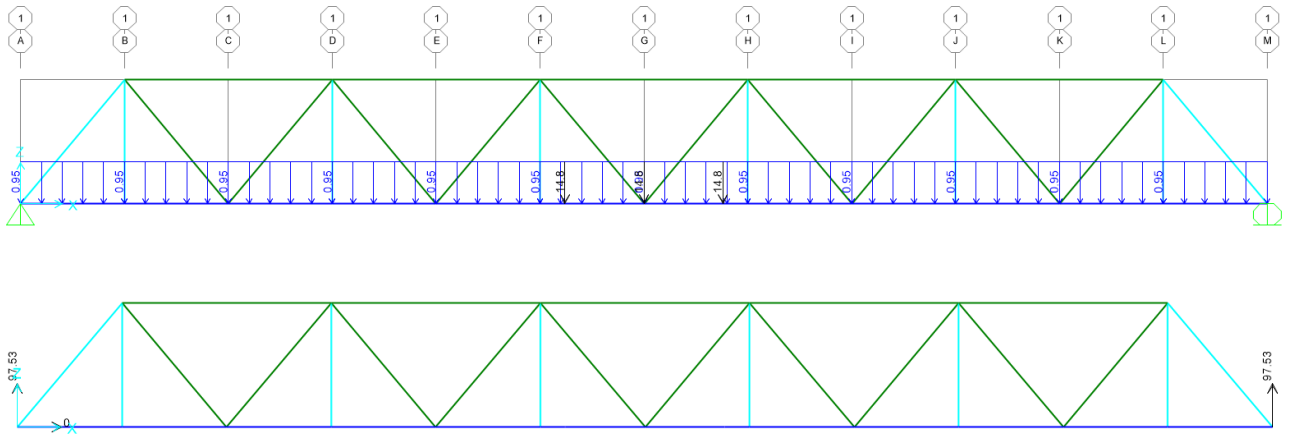


DC+DW= 369.71tonf

- Carga Viva:

Para este cálculo se hizo un análisis estático con un modelo frame en SAP 2000 donde se consideró la sobrecarga distribuida de carril más la acción de 02 camiones de diseño HL-93 situados en el centro del claro con la llanta más pesada en todo el centro.





Wlive=215.27tonf (Valor Afectado al 25%)

PGA= 0.4

F_{pga}= 0.9

Clase de Sitio: E

S1= 2.4

As= 0.36

Wcm= 369.71 Tn

Wcv= 215.276 Tn

Ws= 477.348 Tn

S= 171.84528 Tn

S= 172 Tn

Fuerza de Sismo = 172tonf = 1720kN

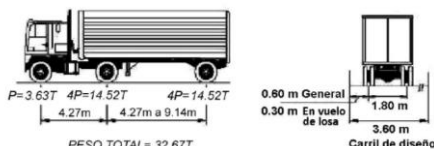
CÁLCULO DE LA FUERZA DE FRENADO.-

Calculo de la fuerza de frenado:

(25% de los pesos por eje de camión o tandem de diseño)

Carga HL-93:

1.-Camión de diseño:



(BR1)TANDEM HL-93= 11.34 Tn

(BR2)CAMION HL-93= 16.335 Tn

(BR3)S/C+CAMION = 10.9782 Tn

(BR3)S/C+TANDEM = 9.9792 Tn

2.-Tandem de diseño:



F_{BR}= 16.335 Tn

Comentario:

Se aplicará la fuerza de frenado a 1.80m sobre la altura de la calzada.

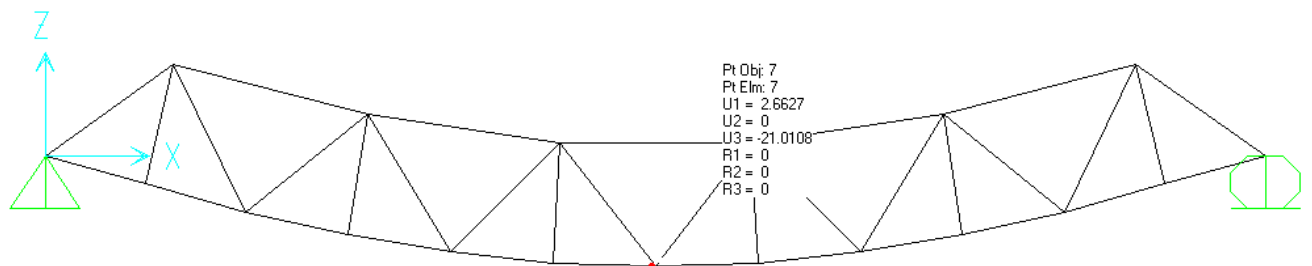
3.-Carga de carril de diseño:



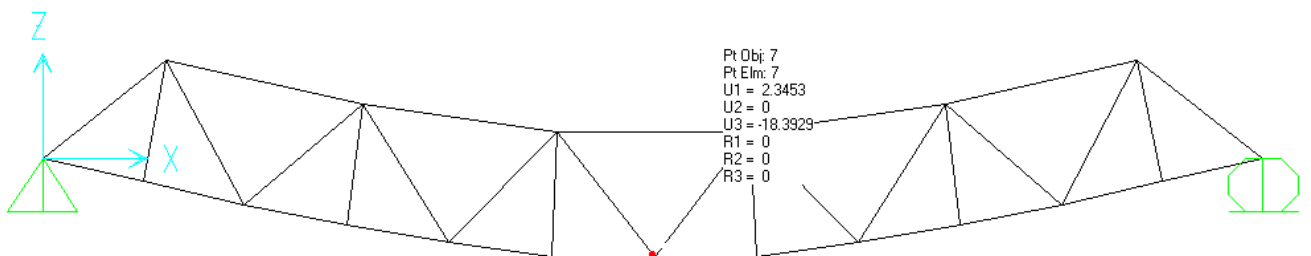
CÁLCULO DE DEFLEXIONES.-

La normativa AASHTO [16] en el capítulo 3.6.1.3.2, indica que el control de deflexiones se efectúa con el camión de diseño o con el 25% del camión de diseño más la carga distribuida, el que produzca los efectos más críticos. Según lo especificado se evaluó las deformaciones en el puente para ambos casos, a continuación se presentan los resultados:

25% HL93-K + SC



100%HL93-K



Verificación de deflexiones:

$$L := 68\text{m}$$

Luz libre del puente

$$\delta_{\text{adm.1}} := \frac{L}{800} \quad \delta_{\text{adm.1}} = 85\text{ mm}$$

Deflexión máxima admisible con carga vehicular general

$$\delta_{\text{adm.2}} := \frac{L}{1000} \quad \delta_{\text{adm.2}} = 68\text{ mm}$$

Deflexión máxima admisible con carga vehicular y peatonal

$$\delta_{\text{max}} := 21.01\text{mm}$$

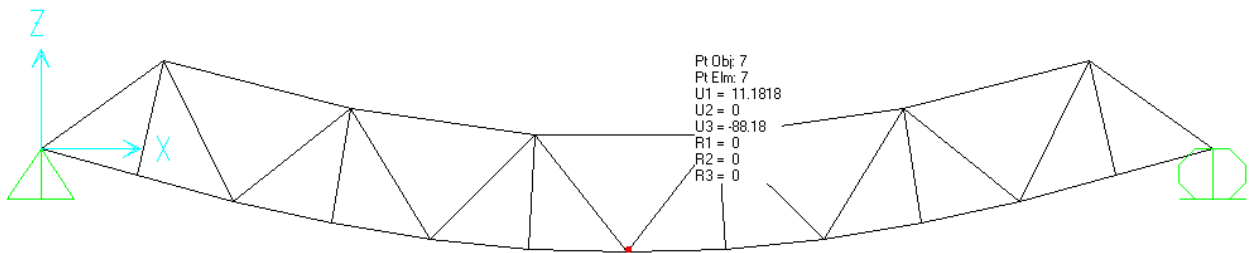
Deflexión máxima obtenida

$$\delta_{\text{max}} < \delta_{\text{adm}} \Rightarrow \text{OK}$$

CÁLCULO DE CONTRAFLECHA.-

De acuerdo a lo especificado en el capítulo 2.9.9.2.5 del Manual de Puentes [17], la contraflecha asignada deberá ser mayor que la defromación producto de la aplicación del total de la carga muerta.

Deflexión producto del 100% de la carga muerta



$$\delta_{cm} := 88.18\text{mm}$$

Se redondea el valor de la contraflecha a 10cm, se tiene entonces:

$$\delta_{\text{contraflecha}} := 100\text{mm}$$

**DISEÑO DE CONEXIONES:
CONEXIONES EMPERNADAS.-**

Slip-Critical Connections (DT-1)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y,70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u,70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y,50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u,50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36: $F_{y,36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u,36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

3. Diseño.-

3.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Servicio II) (6.13.2.2-1):

$$T_{S2} := 2930 \text{ kN}$$

El 75% de la resistencia del elemento (6.13.1):

$$T_{75\%} := 4100 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:

$$N_s := 1$$

Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):

$$P_{t30} = 408 \cdot \text{kN}$$

Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):

$$K_h := 1$$

Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3):

$$K_s := 0.30$$

Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 122.4 \cdot \text{kN}$$

$$R_r := R_n = 122.4 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_b := \frac{T_{S2}}{R_r} \quad N_{b75\%} := \frac{T_{75\%}}{R_r}$$

$$N_b = 23.94$$

$$N_{b75\%} = 33.5$$

3.2 Tensile resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Resistencia I) (6.13.2.2-2):

$$T_{R1} := 3810 \text{ kN}$$

Area of bolt (nominal diameter):

$$A_{b30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

Specified minimum tensile strength of the bolt:

$$F_{ub} := 1034 \text{ MPa}$$

Nominal tensile resistance:

$$T_n := 0.76 \cdot A_b \cdot F_{ub} = 555.48 \cdot \text{kN}$$

$$T_r := \phi_t \cdot T_n = 444.38 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_{bt} := \frac{T_{R1}}{T_r} \quad N_{bt75\%} := \frac{T_{75\%}}{T_r}$$

$$N_{bt} = 8.57$$

$$N_{bt75\%} = 9.23$$

3.3 Shear resistance.-

Nominal shear resistance (6.13.2.7-1):
(threads excluded from shear plane)

$$R_{n_{se}} := 0.56 \cdot A_b \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{se}} = 409.3 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{se}} := \phi_s \cdot R_{n_{se}}$$

$$R_{r_{se}} = 327.44 \cdot \text{kN}$$

Nominal shear resistance (6.13.2.7-2):
(threads included in shear plane)

$$R_{n_{si}} := 0.45 \cdot A_b \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{si}} = 328.9 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{si}} := \phi_s \cdot R_{n_{si}}$$

$$R_{r_{si}} = 263.12 \cdot \text{kN}$$

ThreadsType := "Excluded"

Number of bolts required:

$$N_{bs} := \frac{T_{R1}}{R_{r_{se}}} \quad N_{bs75\%} := \frac{T_{75\%}}{R_{r_{se}}}$$

$$N_{bs} = 11.64$$

$$N_{bs75\%} = 12.52$$

RESUMEN:

$$n_f := \text{ceil}(\max(N_b, N_b75\%, N_{bt}, N_{bt}75\%, N_{bs}75\%)) = 34$$

USAR 34 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión DT-1)

Nota: La primera verificación se realiza para la condición de servicio II mientras que las dos últimas verificaciones se realizan en resistencia I

Conservadoramente, las verificaciones se realizarán con el numero de pernos "nf" sin redondear.

4. Verificaciones.-

4.1 Fatiga.-

Fatigue tension due to HL-93:

$$T_{\text{fat}} := 370\text{kN}$$

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{\text{fatI}} := 1.75$$

$$n_f = 34$$

Tracción directa por perno debido a cargas factorizadas:

$$P_u := \frac{T_{R1}}{n_f} = 112.06 \cdot \text{kN}$$

Distancia desde el centro del perno al borde de la plancha:

$$a := 70\text{mm}$$

Distancia desde el centro del perno al pie de la soldadura de filete:

$$b := 46\text{mm}$$

Espesor de la lámina más delgada:

$$t := 16$$

Prying Action (6.13.2.10.4):

$$Q_u := \left(\frac{3 \cdot b}{8 \cdot a} + \frac{t^3}{20} \right) \cdot \frac{P_u}{1000} = 22.98 \cdot \text{kN}$$

$$T_{\text{final}} := T_{\text{fat}} + Q_u = 392.98 \cdot \text{kN}$$

$$\Delta f := \frac{T_{\text{final}}}{Ab_{30} \cdot n_f} = 2.37 \cdot \text{ksi}$$

For fatigue I load combination (6.6.1.2.5-1):

$$\Delta F_n = \Delta F_{TH}$$

$$\Delta F_{TH} := 38 \text{ksi}$$

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"} & \text{if } \gamma_{fat1} \cdot \Delta f < \Delta F_{TH} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_1 = \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"}$$

Nota: En ningún caso la fuerza de apalancamiento debe exceder el 30% de la carga externa aplicada.

En elementos sometidos a compresión la fuerza de apalancamiento se toma 0.

4.2 Aplastamiento.-

-Estado límite de aplastamiento del agujero

Tracción directa por perno debido a cargas factorizada: $P_u = 112.06 \cdot \text{kN}$

Espesor del elemento conectado: $t_e := 16 \text{mm}$

Diametro del tornillo: $d_{30} = 30 \cdot \text{mm}$

$$F_{u.50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Resistencia del agujero al aplastamiento: $R_{nap} := 2.4 \cdot F_{u.50} \cdot d_{30} \cdot t_e$

$$R_{nap} = 518.4 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"} & \text{if } R_{nap} > P_u \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"}$$

4.3 Bloque de corte.-

Comentario: Esta verificación se realizará sobre toda la unión con la cartela.

Slip-Critical Connections (DC-2)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y.70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u.70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36: $F_{y.36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u.36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

$F_{nt} := 780\text{MPa}$

$F_{nv} := 457\text{MPa}$

3. Diseño.-

3.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Compresión axial (Servicio II) (6.13.2.2-1):

$$C_{S2} := 2390 \text{ kN}$$

El 75% de la resistencia del elemento (6.13.1):

$$C_{75\%} := 6022.5 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:

$$N_s := 1$$

Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):

$$P_{t30} = 408 \cdot \text{kN}$$

Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):

$$K_h := 1$$

Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3):

$$K_s := 0.33$$

Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 134.64 \cdot \text{kN}$$

$$R_r := R_n = 134.64 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_b := \frac{C_{S2}}{R_r} \quad N_{b75\%} := \frac{C_{75\%}}{R_r}$$

$$N_b = 17.75$$

$$N_{b75\%} = 44.73$$

3.2 Tensile resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Compresión axial (Resistencia I) (6.13.2.2-2):

$$C_{R1} := 3810 \text{ kN}$$

Area of bolt (nominal diameter):

$$A_{b30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

Specified minimum tensile strength of the bolt:

$$F_{ub} := 1034 \text{ MPa}$$

Nominal tensile resistance:

$$T_n := 0.76 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} = 555.48 \cdot \text{kN}$$

$$T_r := \phi_t \cdot T_n = 444.38 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_{bt} := \frac{C_{R1}}{T_r} \quad N_{bt75\%} := \frac{C_{75\%}}{T_r}$$

$$N_{bt} = 8.57$$

$$N_{bt75\%} = 13.55$$

3.3 Shear resistance.-

Nominal shear resistance (6.13.2.7-1):
(threads excluded from shear plane)

$$R_{n_{se}} := 0.56 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{se}} = 409.3 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{se}} := \phi_s \cdot R_{n_{se}}$$

$$R_{r_{se}} = 327.44 \cdot \text{kN}$$

Nominal shear resistance (6.13.2.7-2):
(threads included in shear plane)

$$R_{n_{si}} := 0.45 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{si}} = 328.9 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{si}} := \phi_s \cdot R_{n_{si}}$$

$$R_{r_{si}} = 263.12 \cdot \text{kN}$$

ThreadsType := "Excluded"

Number of bolts required:

$$N_{bs} := \frac{C_{R1}}{R_{r_{se}}} \quad N_{bs75\%} := \frac{C_{75\%}}{R_{r_{se}}}$$

$$N_{bs} = 11.64$$

$$N_{bs75\%} = 18.39$$

RESUMEN:

$$n_f := \text{ceil}(\max(N_b, N_b75\%, N_{bt}, N_{bt}75\%, N_{bs}75\%)) = 45$$

USAR 46 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión DC-2)

Nota: La primera verificación se realiza para la condición de servicio II mientras que las dos últimas verificaciones se realizan en resistencia I

Conservadoramente, las verificaciones se realizarán con el numero de pernos "nf" sin redondear.

4. Verificaciones.-

4.1 Fatiga.-

Fatigue tension due to HL-93:

$$T_{\text{fat}} := 320\text{kN}$$

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{\text{fatI}} := 1.75$$

$$n_f = 45$$

Tracción directa por perno debido a cargas factorizadas:

$$P_u := \frac{C_{R1}}{n_f} = 84.67 \cdot \text{kN}$$

Distancia desde el centro del perno al borde de la plancha:

$$a := 70\text{mm}$$

Distancia desde el centro del perno al pie de la soldadura de filete:

$$b := 46\text{mm}$$

Espesor de la lámina más delgada:

$$t := 16$$

Prying Action (6.13.2.10.4):

$$Q_u := 0$$

$$T_{\text{final}} := T_{\text{fat}} + Q_u = 320 \cdot \text{kN}$$

$$\Delta f := \frac{T_{\text{final}}}{Ab_{30} \cdot n_f} = 1.46 \cdot \text{ksi}$$

For fatigue I load combination (6.6.1.2.5-1):

$$\Delta F_n = \Delta F_{TH}$$

$$\Delta F_{TH} := 38 \text{ksi}$$

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"} & \text{if } \gamma_{fatI} \cdot \Delta f < \Delta F_{TH} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_1 = \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"}$$

Nota: En ningún caso la fuerza de apalancamiento debe exceder el 30% de la carga externa aplicada.

En elementos sometidos a compresión la fuerza de apalancamiento se toma 0.

4.2 Aplastamiento.-

-Estado límite de aplastamiento del agujero

Tracción directa por perno debido a cargas factorizada: $P_u = 84.67 \cdot \text{kN}$

Espesor del elemento conectado: $t_e := 16 \text{mm}$

Diametro del tornillo: $d_{30} = 30 \cdot \text{mm}$

$$F_{u.50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Resistencia del agujero al aplastamiento: $R_{nap} := 2.4 \cdot F_{u.50} \cdot d_{30} \cdot t_e$

$$R_{nap} = 518.4 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"} & \text{if } R_{nap} > P_u \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"}$$

4.3 Bloque de corte.-

Comentario: Esta verificación se realizará sobre toda la unión con la cartela.

Slip-Critical Connections (DC-3)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{y.70} := 485\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{u.70} := 620\text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{y.50} := 345\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{u.50} := 450\text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36:	$F_{y.36} := 250\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36:	$F_{u.36} := 450\text{MPa}$
Peso específico del acero:	$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Módulo de elasticidad:	$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)	($\phi = \text{M30}$)	($\phi = \text{M36}$)
$Pt_{27} := 334\text{kN}$	$Pt_{30} := 408\text{kN}$	$Pt_{36} := 595\text{kN}$
$d_{27} := 27\text{mm}$	$d_{30} := 30\text{mm}$	$d_{36} := 36\text{mm}$
$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$	$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$	$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

$F_{nt} := 780\text{MPa}$

$F_{nv} := 457\text{MPa}$

3. Diseño.-

3.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Compresión axial (Servicio II) (6.13.2.2-1):

$$C_{S2} := 1260 \text{ kN}$$

El 75% de la resistencia del elemento (6.13.1):

$$C_{75\%} := 4000 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:

$$N_s := 1$$

Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):

$$P_{t30} = 408 \cdot \text{kN}$$

Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):

$$K_h := 1$$

Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3);

$$K_s := 0.30$$

Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 122.4 \cdot \text{kN}$$

$$R_r := R_n = 122.4 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_b := \frac{C_{S2}}{R_r} \quad N_{b75\%} := \frac{C_{75\%}}{R_r}$$

$$N_b = 10.29$$

$$N_{b75\%} = 32.68$$

3.2 Tensile resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Compresión axial (Resistencia I) (6.13.2.2-2):

$$C_{R1} := 1650 \text{ kN}$$

Area of bolt (nominal diameter):

$$A_{b30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

Specified minimum tensile strength of the bolt:

$$F_{ub} := 1034 \text{ MPa}$$

Nominal tensile resistance:

$$T_n := 0.76 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} = 555.48 \cdot \text{kN}$$

$$T_r := \phi_t \cdot T_n = 444.38 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_{bt} := \frac{C_{R1}}{T_r} \quad N_{bt75\%} := \frac{C_{75\%}}{T_r}$$

$$N_{bt} = 3.71$$

$$N_{bt75\%} = 9$$

3.3 Shear resistance.-

Nominal shear resistance (6.13.2.7-1):
(threads excluded from shear plane)

$$R_{n_{se}} := 0.56 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{se}} = 409.3 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{se}} := \phi_s \cdot R_{n_{se}}$$

$$R_{r_{se}} = 327.44 \cdot \text{kN}$$

Nominal shear resistance (6.13.2.7-2):
(threads included in shear plane)

$$R_{n_{si}} := 0.45 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} \cdot N_s$$

$$R_{n_{si}} = 328.9 \cdot \text{kN}$$

$$R_{r_{si}} := \phi_s \cdot R_{n_{si}}$$

$$R_{r_{si}} = 263.12 \cdot \text{kN}$$

ThreadsType := "Excluded"

Number of bolts required:

$$N_{bs} := \frac{C_{R1}}{R_{r_{se}}} \quad N_{bs75\%} := \frac{C_{75\%}}{R_{r_{se}}}$$

$$N_{bs} = 5.04$$

$$N_{bs75\%} = 12.22$$

RESUMEN:

$$n_f := \text{ceil}(\max(N_b, N_{b75\%}, N_{bt}, N_{bt75\%}, N_{bs75\%})) = 33$$

USAR 33 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión DC-3)

Nota: La primera verificación se realiza para la condición de servicio II mientras que las dos últimas verificaciones se realizan en resistencia I

Conservadoramente, las verificaciones se realizarán con el numero de pernos "nf" sin redondear.

4. Verificaciones.-

4.1 Fatiga.-

Fatigue tension due to HL-93:

$$T_{\text{fat}} := 250\text{kN}$$

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{\text{fatI}} := 1.75$$

$$n_f = 33$$

Tracción directa por perno debido a cargas factorizadas:

$$P_u := \frac{C_{R1}}{n_f} = 50 \cdot \text{kN}$$

Distancia desde el centro del perno al borde de la plancha:

$$a := 70\text{mm}$$

Distancia desde el centro del perno al pie de la soldadura de filete:

$$b := 46\text{mm}$$

Espesor de la lámina más delgada:

$$t := 16$$

Prying Action (6.13.2.10.4):

$$Q_u := 0$$

$$T_{\text{final}} := T_{\text{fat}} + Q_u = 250 \cdot \text{kN}$$

$$\Delta f := \frac{T_{\text{final}}}{Ab_{30} \cdot n_f} = 1.55 \cdot \text{ksi}$$

For fatigue I load combination (6.6.1.2.5-1):

$$\Delta F_n = \Delta F_{TH}$$

$$\Delta F_{TH} := 38 \text{ksi}$$

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR FATIGA"} & \text{if } \gamma_{fat1} \cdot \Delta f < \Delta F_{TH} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_1 = \text{"OK, CUMPLE POR FATIGA"}$$

Nota: En ningún caso la fuerza de apalancamiento debe exceder el 30% de la carga externa aplicada.

En elementos sometidos a compresión la fuerza de apalancamiento se toma 0.

4.2 Aplastamiento.-

-Estado límite de aplastamiento del agujero

Tracción directa por perno debido a cargas factorizada: $P_u = 50 \cdot \text{kN}$

Espesor del elemento conectado: $t_e := 16 \text{mm}$

Diametro del tornillo: $d_{30} = 30 \cdot \text{mm}$

$$F_{u.50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Resistencia del agujero al aplastamiento: $R_{nap} := 2.4 \cdot F_{u.50} \cdot d_{30} \cdot t_e$

$$R_{nap} = 518.4 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"} & \text{if } R_{nap} > P_u \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"}$$

4.3 Bloque de corte.-

Comentario: Esta verificación se realizará sobre toda la unión con la cartela.

Slip-Critical Connections (M-1)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y.70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u.70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{y.36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u.36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$

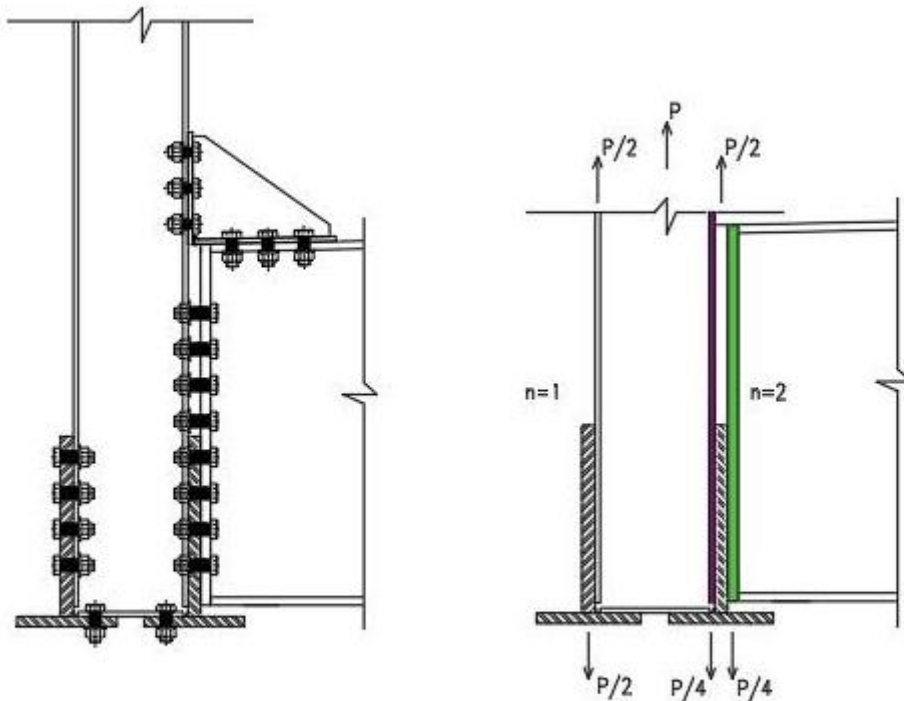
$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

$F_{nt} := 780\text{MPa}$

$F_{nv} := 457\text{MPa}$

3. Análisis de la conexión.-



Comentario: Se observa que la conexión tendrá distintos planos de corte en cada extremo de la conexión, por ello se desglosará el diseño en dos partes tal y como se indica en la figura anterior. Sin embargo se empezará el diseño utilizando la fuerza total "P" actuante para verificar si el diseño estará regido por esta demanda o por el 75% de la capacidad de la sección.

4. Diseño.-

4.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Servicio II) (6.13.2.2-1):

$$T_{S2} := 720 \text{ kN}$$

El 75% de la resistencia del elemento (6.13.1):

$$T_{75\%} := 2542.5 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:

$$N_s := 1$$

Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):

$$Pt_{30} = 408 \cdot \text{kN}$$

Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):

$$Kh := 1$$

Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3):

$$Ks := 0.33$$

Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):

$$Rn := Kh \cdot Ks \cdot Ns \cdot Pt_{30} = 134.64 \cdot \text{kN}$$

$$Rr := Rn = 134.64 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_b := \frac{T_{S2}}{Rr} \quad N_{b75\%} := \frac{T_{75\%}}{Rr}$$

$$N_b = 5.35$$

$$N_{b75\%} = 18.88$$

4.2 Tensile resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Resistencia I) (6.13.2.2-2):

$$T_{R1} := 950 \cdot \text{kN}$$

Area of bolt (nominal diameter):

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

Specified minimum tensile strength of the bolt:

$$Fub := 1034 \cdot \text{MPa}$$

Nominal tensile resistance:

$$Tn := 0.76 \cdot Ab_{30} \cdot Fub = 555.48 \cdot \text{kN}$$

$$Tr := \phi_t \cdot Tn = 444.38 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_{bt} := \frac{T_{R1}}{Tr} \quad N_{bt75\%} := \frac{T_{75\%}}{Tr}$$

$$N_{bt} = 2.14$$

$$N_{bt75\%} = 5.72$$

4.3 Shear resistance.-

Nominal shear resistance (6.13.2.7-1):
(threads excluded from shear plane)

$$Rn_{se} := 0.56 \cdot Ab_{30} \cdot Fub \cdot Ns$$

$$Rn_{se} = 409.3 \cdot \text{kN}$$

$$Rr_{se} := \phi_s \cdot Rn_{se}$$

$$Rr_{se} = 327.44 \cdot \text{kN}$$

Nominal shear resistance (6.13.2.7-2):
(threads included in shear plane)

$$Rn_{si} := 0.45 \cdot Ab_{30} \cdot Fub \cdot Ns$$

$$Rn_{si} = 328.9 \cdot \text{kN}$$

$$Rr_{si} := \phi_s \cdot Rn_{si}$$

$$Rr_{si} = 263.12 \cdot \text{kN}$$

ThreadsType := "Excluded"

Number of bolts required:

$$N_{bs} := \frac{T_{R1}}{Rr_{se}} \quad N_{bs75\%} := \frac{T_{75\%}}{Rr_{se}}$$

$$N_{bs} = 2.9$$

$$N_{bs75\%} = 7.76$$

RESUMEN:

$$n_f := \text{ceil}(\max(N_b, N_{b75\%}, N_{bt}, N_{bt75\%}, N_{bs75\%})) = 19$$

Comentario: Debido a que la cantidad de pernos mas crítica está regida por el 75% de la capacidad de la sección entonces se utilizará el numero total de pernos obtenidos por esta condición y ya no se utilizará el desgloce de fuerzas p/2 y p/4 puesto que no rigen el diseño.

USAR 20 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión M-1)

Nota: La primera verificación se realiza para la condición de servicio II mientras que las dos últimas verificaciones se realizan en resistencia I

Conservadoramente, las verificaciones se realizarán con el numero de pernos "nf" sin redondear.

5. Verificaciones.-

5.1 Fatiga.-

Fatigue tension due to HL-93:

$$T_{fat} := 180\text{kN}$$

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{fatI} := 1.75$$

$$n_f = 19$$

Tracción directa por perno debido a cargas factorizadas:

$$P_u := \frac{T_{R1}}{n_f} = 50 \cdot \text{kN}$$

Distancia desde el centro del perno al borde de la plancha:

$$a := 103\text{mm}$$

Distancia desde el centro del perno al pie de la soldadura de filete:

$$b := 118\text{mm}$$

Espesor de la lámina más delgada:

$$t := 12$$

Prying Action (6.13.2.10.4):

$$Q_u := \left(\frac{3 \cdot b}{8 \cdot a} + \frac{t^3}{20} \right) \cdot \frac{P_u}{1000} = 4.34 \cdot \text{kN}$$

$$T_{final} := T_{fat} + Q_u = 184.34 \cdot \text{kN}$$

$$\Delta f := \frac{T_{\text{final}}}{Ab_{30} \cdot n_f} = 1.99 \cdot \text{ksi}$$

For fatigue I load combination (6.6.1.2.5-1):

$$\Delta F_n = \Delta F_{TH}$$

$$\Delta F_{TH} := 38 \text{ksi}$$

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"} & \text{if } \gamma_{\text{fatI}} \cdot \Delta f < \Delta F_{TH} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_1 = \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"}$$

Nota: En ningún caso la fuerza de apalancamiento debe exceder el 30% de la carga externa aplicada.

En elementos sometidos a compresión la fuerza de apalancamiento se toma 0.

5.2 Aplastamiento.-

-Estado límite de aplastamiento del agujero

Tracción directa por perno debido a cargas factorizada: $P_u = 50 \cdot \text{kN}$

Espesor del elemento conectado: $t_e := 12 \text{mm}$

Diametro del tornillo: $d_{30} = 30 \cdot \text{mm}$

$$F_{u.50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Resistencia del agujero al aplastamiento: $R_{\text{nap}} := 2.4 \cdot F_{u.50} \cdot d_{30} \cdot t_e$

$$R_{\text{nap}} = 388.8 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"} & \text{if } R_{\text{nap}} > P_u \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"}$$

Slip-Critical Connections (Viga Transversal)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y.70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u.70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36: $F_{y.36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u.36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$

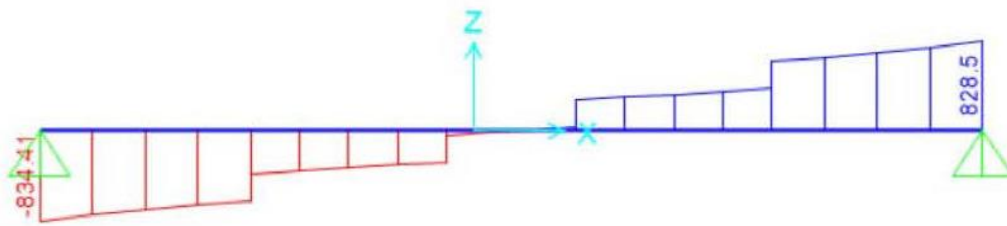
$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

$F_{nt} := 780\text{MPa}$

$F_{nv} := 457\text{MPa}$

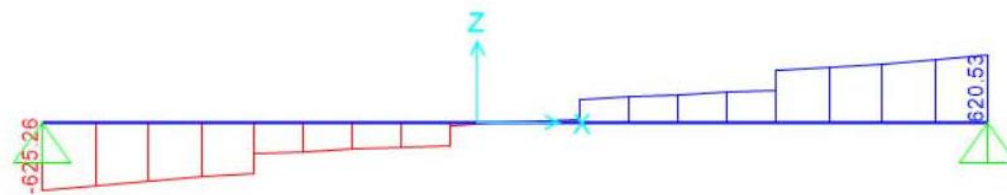
3. Análisis de la conexión.-

FUERZA CORTANTE (RESISTENCIA I)



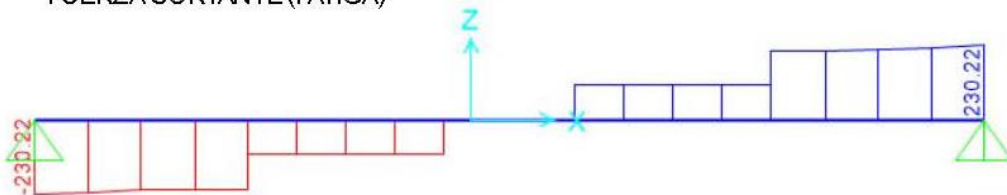
$$V_{R1} := 834.41 \text{ kN}$$

FUERZA CORTANTE (SERVICIO II)



$$V_{S2} := 625.28 \text{ kN}$$

FUERZA CORTANTE (FATIGA)



$$V_F := 230.22 \text{ kN}$$

4. Diseño.-

4.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Servicio II) (6.13.2.2-1):

$$V_{S2} = 625.28 \text{ kN}$$

El 75% de la resistencia del elemento (6.13.1):

$$V_{75\%} := 2068.42 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:	$N_s := 1$
Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):	$P_{t30} = 408 \cdot \text{kN}$
Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):	$K_h := 1$
Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3):	$K_s := 0.33$
Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):	$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 134.64 \cdot \text{kN}$
	$R_r := R_n = 134.64 \cdot \text{kN}$
Number of bolts required:	$N_b := \frac{V_{S2}}{R_r} \quad N_{b75\%} := \frac{V_{75\%}}{R_r}$
	$N_b = 4.64 \quad N_{b75\%} = 15.36$

4.2 Tensile resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Tracción axial (Resistencia I) (6.13.2.2-2):	$V_{R1} = 834.41 \cdot \text{kN}$
Area of bolt (nominal diameter):	$A_{b30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$
Specified minimum tensile strength of the bolt:	$F_{ub} := 1034 \text{MPa}$
Nominal tensile resistance:	$T_n := 0.76 \cdot A_{b30} \cdot F_{ub} = 555.48 \cdot \text{kN}$
	$T_r := \phi_t \cdot T_n = 444.38 \cdot \text{kN}$
Number of bolts required:	$N_{bt} := \frac{V_{R1}}{T_r} \quad N_{bt75\%} := \frac{V_{75\%}}{T_r}$
	$N_{bt} = 1.88 \quad N_{bt75\%} = 4.65$

4.3 Shear resistance.-

Nominal shear resistance (6.13.2.7-1):
(threads excluded from shear plane)

$$Rn_{se} := 0.56 \cdot Ab_{30} \cdot Fub \cdot Ns$$

$$Rn_{se} = 409.3 \cdot \text{kN}$$

$$Rr_{se} := \phi_s \cdot Rn_{se}$$

$$Rr_{se} = 327.44 \cdot \text{kN}$$

Nominal shear resistance (6.13.2.7-2):
(threads included in shear plane)

$$Rn_{si} := 0.45 \cdot Ab_{30} \cdot Fub \cdot Ns$$

$$Rn_{si} = 328.9 \cdot \text{kN}$$

$$Rr_{si} := \phi_s \cdot Rn_{si}$$

$$Rr_{si} = 263.12 \cdot \text{kN}$$

ThreadsType := "Excluded"

Number of bolts required:

$$N_{bs} := \frac{V_{R1}}{Rr_{se}} \quad N_{bs75\%} := \frac{V_{75\%}}{Rr_{se}}$$

$$N_{bs} = 2.55$$

$$N_{bs75\%} = 6.32$$

RESUMEN:

$$n_f := \text{ceil}(\max(N_b, N_b75\%, N_{bt}, N_{bt}75\%, N_{bs}75\%)) = 16$$

Comentario: Conservadoramente, se sumará la cantidad de pernos obtenidos del cortante de la viga transversal más la tensión actuante en la montante para obtener el total de pernos de la conexión.

Adicionalmente, para garantizar la continuidad en el flujo de esfuerzos que se transmite a travez de la viga transversal hacia los reticulados, la primera cartela que recibe la viga transversal se conectará a la cartela adyacente por medio de una plancha perpendicular y estarán unidas por el mismo número de conectores.

USAR 16 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión VT)

Nota: La primera verificación se realiza para la condición de servicio II mientras que las dos últimas verificaciones se realizan en resistencia I

Conservadoramente, las verificaciones se realizarán con el numero de pernos "nf" sin redondear.

5. Verificaciones.-

5.1 Fatiga.-

Fatigue tension due to HL-93:

$$V_F = 230.22 \cdot \text{kN}$$

$$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{fatI} := 1.75$$

$$n_f = 16$$

Tracción directa por perno debido a cargas factorizadas:

$$P_u := \frac{V_{R1}}{n_f} = 52.15 \cdot \text{kN}$$

Distancia desde el centro del perno al borde de la plancha:

$$a := 103 \text{mm}$$

Distancia desde el centro del perno al pie de la soldadura de filete:

$$b := 118\text{mm}$$

Espesor de la lámina más delgada:

$$t := 12$$

Prying Action (6.13.2.10.4):

$$Q_u := \left(\frac{3 \cdot b}{8 \cdot a} + \frac{t^3}{20} \right) \cdot \frac{P_u}{1000} = 4.53 \cdot \text{kN}$$

$$T_{\text{final}} := V_F + Q_u = 234.75 \cdot \text{kN}$$

$$\Delta f := \frac{T_{\text{final}}}{A b_{30} \cdot n_f} = 3.01 \cdot \text{ksi}$$

For fatigue I load combination (6.6.1.2.5-1):

$$\Delta F_n = \Delta F_{\text{TH}}$$

$$\Delta F_{\text{TH}} := 38 \text{ksi}$$

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"} & \text{if } \gamma_{\text{fatI}} \cdot \Delta f < \Delta F_{\text{TH}} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_1 = \text{"OK,CUMPLE POR FATIGA"}$$

Nota: En ningún caso la fuerza de apalancamiento debe exceder el 30% de la carga externa aplicada.

En elementos sometidos a compresión la fuerza de apalancamiento se toma 0.

5.2 Aplastamiento.-

-Estado límite de aplastamiento del agujero

Tracción directa por perno debido a cargas factorizada: $P_u = 52.15 \cdot \text{kN}$

Espesor del elemento conectado: $t_e := 12 \text{mm}$

Diametro del tornillo: $d_{30} = 30 \cdot \text{mm}$

$$F_{u,50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Resistencia del agujero al aplastamiento: $R_{\text{nap}} := 2.4 \cdot F_{u,50} \cdot d_{30} \cdot t_e$

$$R_{\text{nap}} = 388.8 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"} & \text{if } R_{\text{nap}} > P_u \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, CUMPLE POR APLASTAMIENTO"}$$

DISEÑO DE LA CONEXIÓN EN EL PÓRTICO UMBRAL.-

Slip-Critical Connections (DC-1)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y.70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u.70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36: $F_{y.36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u.36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.56 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{30} = 706.86 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{36} = 1.02 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

$F_{nt} := 780\text{MPa}$

$F_{nv} := 457\text{MPa}$

3. Análisis de la conexión.-

Comentario: En el caso de la diagonal exterior del reticulado (DC-1), se empleará una conexión de empate por compresión. Con este tipo de conexión se pretende aprovechar la compresión constante sobre esta diagonal que favorece la unión entre los perfiles. Sin embargo, para el cálculo de conectores se empleará la fuerza de impacto vehicular bajo la hipótesis del diseño del "portico umbral", la cuál (de forma realista) considera una colisión entre un vehículo a la entrada del puente.

De acuerdo con Z. Kamaitis (1997) VEHICLE ACCIDENTAL IMPACTS ON BRIDGES, Statyba, 3:12, 20-27.

La carga de impacto puede ser calculada como:

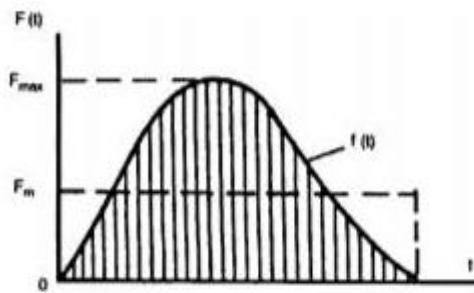


Fig 4. Schedule of impact force

$$S = \int_0^{\tau} F(t) dt = F_m \tau,$$

On the other hand, it can be written that

$$\int_0^{\tau} F(t) dt = (m/g)v_0 + (m/g)v,$$

where m is vehicle mass (kg); v_0 and v are vehicle speed before and after impact, respectively (m/sec); g is acceleration of gravity (9.81 m/sec^2).

Referencialmente:

Speed of heavy vehicle (from 15 to 19 t), km/h	Impact force in longitudinal direction, kN	Impact force in lateral direction, kN
90	1000	500
75	800	400
60	500	250

$$V_{IMP} := 1000 \text{ kN}$$

4. Diseño.-

4.1 Slip Resistance.-

Demanda (Análisis Estructural).-

Carga de impacto:

$$V_{IMP} = 1000 \cdot \text{kN}$$

Resistencia de la sección para el 30% de su capacidad:

$$V_{30\%} := 3000 \text{ kN}$$

Number of slip planes per bolt:

$$N_s := 1$$

Minimum required bolt tension (Table 6.13.2.8-1):

$$P_{t30} = 408 \cdot \text{kN}$$

Hole size factor (Table 6.13.2.8-2):

$$K_h := 1$$

Surface condition factor (Table 6.13.2.8-3):

$$K_s := 0.33$$

Nominal Slip Resistance, per bolt (6.13.2.8):

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 134.64 \cdot \text{kN}$$

$$R_r := R_n = 134.64 \cdot \text{kN}$$

Number of bolts required:

$$N_b := \frac{V_{IMP}}{R_r} \quad N_{b30\%} := \frac{V_{30\%}}{R_r}$$

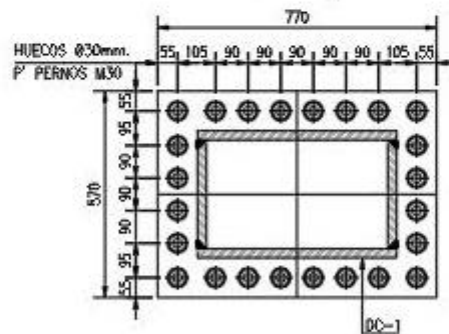
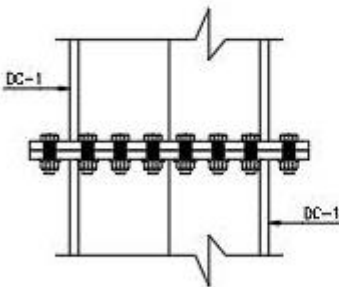
$$N_b = 7.43$$

$$N_{b30\%} = 22.28$$

RESUMEN:

$$n_f := \max(N_b, N_{b30\%}) = 22.28$$

USAR 24 pernos de $\phi=30\text{mm}$ (Conexión DC-1)



Comentario: Debido a que la sección solo permanecerá comprimida, excepto cuando se genere la carga de impacto (efecto que produce una fuerza de corte por deslizamiento de los perfiles en la conexión, se dimensionará un número de conectores para el 30% de la capacidad de la sección.

DISEÑO DE EMPALMES (SPlice CONNECTIONS).-

Verificación de Empalmes en Cordon Inferior

1. Propiedades de los Materiales

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{y,70} := 485\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{u,70} := 620\text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{y,50} := 345\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{u,50} := 450\text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36:	$F_{y,36} := 250\text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36:	$F_{u,36} := 450\text{MPa}$
Peso específico del acero:	$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Módulo de elasticidad:	$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Dimensiones de Vigas y Placa de Empalme

Espesor de ala superior de viga:	$t_{tf} := 0\text{mm}$
Ancho de Ala superior de Viga:	$b_{tf} := 0\text{mm}$
Espesor de ancho de alma:	$t_w := 32\text{mm}$
Peralte de Alma:	$D := 450\text{mm}$
Espesor de ala inferior de viga:	$t_{bf} := 32\text{mm}$
Ancho de Ala inferior de Viga:	$b_{bf} := 250\text{mm}$

Esfuerzo de fluencia en alas y alma:	$F_y := F_{y.50} = 345 \cdot \text{MPa}$
Esfuerzo último en alas y alma:	$F_u := F_{u.50} = 450 \cdot \text{MPa}$
Diámetro de pernos en Alas:	$\phi_{bf} := 30 \text{mm}$
Cantidad total de pernos en cada ala de viga:	$N_{bf} := 2 \times (4 \times 4)$
Espaciamiento de pernos en sentido transversal:	$dx_{bf} := 90 \text{mm}$
Espaciamiento de pernos en sentido longitudinal:	$dy_{bf} := 90 \text{mm}$
Diámetro de Pernos en Alma	$\phi_{bw} := 30 \text{mm}$
Cantidad total de pernos en alma:	$N_{bw} := 4 \times 4$
Espaciamiento de pernos en sentido horizontal:	$dx_{bw} := 90 \text{mm}$
Espaciamiento de pernos en sentido vertical:	$dz_{bw} := 90 \text{mm}$

3. Fuerzas Axiales Resultantes del Análisis Estructural

Comentario: Se diseñará el splice en la zona de mayores esfuerzos (Nudo 3 - Zona central del Puente)

$$P_{DC1} := 767 \text{kN}$$

$$P_{DC2} := 2535 \text{kN}$$

$$P_{DW} := 272 \text{kN}$$

$$P_{PL} := 1738 \text{kN} + 416 \text{kN} = 2154 \cdot \text{kN}$$

$$A_{bi} := 64 \text{in}^2 = 41290.24 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{bs} := 62.93 \text{in}^2 = 40599.919 \cdot \text{mm}^2$$

Vigas Metálicas y cartelas

$$f_{tf.DC1} := 0 \text{MPa}$$

$$f_{bf.DC1} = 18.576 \cdot \text{MPa}$$

Losa

$$f_{tf.DC2} := 0 \text{MPa}$$

$$f_{bf.DC2} = 61.395 \cdot \text{MPa}$$

Asfalto

$$f_{tf,DW} := 0 \text{MPa}$$

$$f_{bf,DW} = 6.588 \cdot \text{MPa}$$

Carga Viva (Camión + Peatonal)

$$f_{tf,PL} := 0 \text{MPa}$$

$$f_{bf,PL} = 52.167 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo último en ala superior en E.L.U Resistencia I:

$$f_{tf,u} := 1.25(f_{tf,DC1} + f_{tf,DC2}) + 1.5 \cdot (f_{tf,DW}) + 1.75 \cdot (f_{tf,PL}) = 0 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo último en ala inferior en E.L.U Resistencia I:

$$f_{bf,u} := 1.25(f_{bf,DC1} + f_{bf,DC2}) + 1.5 \cdot (f_{bf,DW}) + 1.75 \cdot (f_{bf,PL}) = 191.256 \cdot \text{MPa}$$

Factor de reducción a flexión: $\phi_f := 1.00$

Esfuerzo de diseño en ala superior: $F_{tf,cf} := \max\left[0.75 \cdot \phi_f \cdot F_y, \frac{1}{2} \cdot (|f_{tf,u}| + \phi_f \cdot F_y)\right] = 258.75 \cdot \text{MPa}$

Fuerza de diseño en ala superior: $P_{tf,cf} := (b_{tf} \cdot t_{tf}) \times (F_{tf,cf}) = 0 \cdot \text{kN}$

Esfuerzo de diseño en ala inferior: $F_{bf,cf} := \max\left[0.75 \cdot \phi_f \cdot F_y, \frac{1}{2} \cdot (|f_{bf,u}| + \phi_f \cdot F_y)\right] = 268.128 \cdot \text{MPa}$

Fuerza de diseño en ala inferior: $P_{bf,cf} := (b_{bf} \cdot t_{bf}) \times F_{bf,cf} = 2145 \cdot \text{kN}$

Esfuerzo de diseño en ala de control: $F_{cf} := \max(F_{tf,cf}, F_{bf,cf}) = 268.128 \cdot \text{MPa}$

Fuerza de diseño en ala de control: $P_{cf} := \max(P_{tf,cf}, P_{bf,cf}) = 2145 \cdot \text{kN}$

4. Verificación del número de pernos en Alas

4.1. Resistencia al corte de pernos

Resistencia especificada a tensión: $F_{ub} := 830 \text{MPa}$

Área de sección de perno: $A_{bf} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_{bf}^2 = 707 \cdot \text{mm}^2$

Cantidad de planos de corte: $N_{sp} := 2$

Resistencia Nominal de pernos: $R_{bf,n} := 0.480 \cdot A_{bf} \cdot F_{ub} \cdot N_{sp} = 563 \cdot \text{kN}$

Factor de Reducción:

$$\phi_{bs} := 0.80$$

$$\gamma_i := \frac{(5\text{mm} \cdot 50\text{mm})}{(390\text{mm} \cdot 50\text{mm})} = 0.013$$

Factor de Reducción por filler plates:

$$R_{\text{filler}} := \left[\frac{(1 + \gamma_i)}{(1 + 2 \cdot \gamma_i)} \right] = 0.988$$

Resistencia Nominal de pernos red.:

$$R_{\text{bf.nr}} := R_{\text{filler}} \cdot R_{\text{bf.n}} = 556.184 \cdot \text{kN}$$

Número requerido de pernos a un lado de ala:

$$N_{\text{bf.req1}} := \frac{P_{\text{cf}}}{R_{\text{bf.nr}}} = 4 < \frac{1}{2} \times N_{\text{bf}} = 16$$

4.2. Resistencia al deslizamiento crítico

Fuerza de diseño:

$$P_{\text{fs}} := 0.80 \cdot P_{\text{cf}} = 1716 \cdot \text{kN}$$

Tensión Mínima del Sujetador:

$$P_{\text{t}_f} := 408 \text{ kN}$$

$$K_{\text{h}} := 1.00$$

Coefficiente de fricción estático (Clase "B"):

$$K_{\text{s}} := 0.50$$

Resistencia de un perno:

$$R_{\text{bs}_n} := K_{\text{h}} \cdot K_{\text{s}} \cdot N_{\text{sp}} \cdot P_{\text{t}_f} = 408 \cdot \text{kN}$$

$$R_{\text{bs}_n} = 408 \cdot \text{kN}$$

Número requerido de pernos a un lado de ala:

$$N_{\text{bf.req2}} := \frac{P_{\text{fs}}}{R_{\text{bs}_n}} = 4 < \frac{1}{2} \times N_{\text{bf}} = 16$$

5. Verificación del número de pernos en Alma

5.1. Cálculo del momento por efecto del cortante excéntrico

Factor de reducción a corte:

$$\phi_{\text{s}} := 1.00$$

$$C := 1.00$$

Cortante plástico:

$$V_p := 0.58 \cdot F_y \cdot D \cdot t_w$$

$$V_n := C \cdot V_p = 2881 \cdot \text{kN}$$

Cortante demandado:

$$V_u := 95 \text{ kN}$$

Cortante de diseño de emplame:

$$V_{uw} := \begin{cases} (1.50 \cdot V_u) & \text{if } V_u < 0.50 \cdot (\phi_s \cdot V_n) \\ \left(\frac{V_u + \phi_s \cdot V_n}{2} \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$V_{uw} = 142.5 \cdot \text{kN}$$

Excentricidad de cortante en grupo pernos:

$$e_{xw} := 52.6 \text{ mm}$$

Momento flector en grupo pernos por excentricidad:

$$M_{vuw} := V_{uw} \cdot e_{xw} = 7.495 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

5.2. Cálculo del momento flector y fuerza axial tomados por el alma

Esfuerzo de diseño en ala no control:

$$f_{ncf} := \begin{cases} \text{if } F_{tf.cf} = F_{bf.cf} \\ \begin{cases} f_{bf.u} & \text{if } |f_{bf.u}| < |f_{tf.u}| \\ f_{tf.u} & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} f_{tf.u} & \text{if } F_{tf.cf} < F_{cf} \\ f_{bf.u} & \text{otherwise} \end{cases} \end{cases}$$

$$f_{ncf} = 0 \cdot \text{MPa}$$

$$R_{cf} := \begin{cases} \text{if } F_{tf.cf} = F_{bf.cf} \\ \begin{cases} \left(\frac{F_{cf}}{|f_{tf.u}|} \right) & \text{if } |f_{bf.u}| < |f_{tf.u}| \\ \left(\frac{F_{cf}}{|f_{bf.u}|} \right) & \text{otherwise} \end{cases} \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} \left(\frac{F_{cf}}{|f_{bf.u}|} \right) & \text{if } F_{tf.cf} < F_{bf.cf} \\ \left(\frac{F_{cf}}{|f_{tf.u}|} \right) & \text{otherwise} \end{cases} \end{cases}$$

$$R_{cf} = 1.402$$

$$R_h := 1.00$$

Momento flector que toma el alma por efecto de la flexión:

$$M_{uw} := \frac{t_w \cdot D^2}{12} \cdot \left| R_h \times F_{cf} - R_{cf} \times f_{ncf} \right| = 145 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Momento flector total aplicado al alma:

$$M_{total} := M_{vuw} + M_{uw} = 152 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Fuerza horizontal en alma por efectos de flexión:

$$H_{uw} := \frac{t_w \cdot D}{2} \cdot \left| R_h \times F_{cf} + R_{cf} \times f_{ncf} \right| = 1931 \cdot \text{kN}$$

Longitud total horizontal entre pernos: $l_x := 27 \text{ cm}$

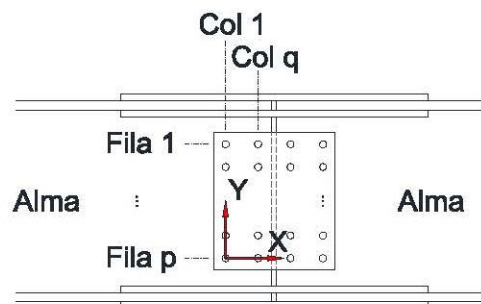
Longitud total vertical entre pernos: $l_z := 27 \text{ cm}$

Número de filas: $p := 1 + \frac{l_z}{dz_{bw}} = 4$

Número de columnas: $q := 1 + \frac{l_x}{dx_{bw}} = 4$

Abcisa del centroide del grupo de pernos: $X_{cg} := 0.50 \cdot l_x = 0.135 \text{ m}$

Ordenada del centroide del grupo de pernos: $Z_{cg} := 0.50 \cdot l_z = 0.135 \text{ m}$



Elevación de empalme en viga

Coordenadas y Fuerzas en Pernos

Coordenadas de pernos, medidos respecto a la fila inferior y columna extrema izquierda:

Dirección longitudinal a la viga

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 90 & 180 & 270 \\ 0 & 90 & 180 & 270 \\ 0 & 90 & 180 & 270 \\ 0 & 90 & 180 & 270 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$$

Dirección vertical

$$Z = \begin{pmatrix} 270 & 270 & 270 & 270 \\ 180 & 180 & 180 & 180 \\ 90 & 90 & 90 & 90 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \text{mm}$$

Distancia de centroide de grupo de pernos a cada perno:

$$d = \begin{pmatrix} 0.191 & 0.142 & 0.142 & 0.191 \\ 0.142 & 0.064 & 0.064 & 0.142 \\ 0.142 & 0.064 & 0.064 & 0.142 \\ 0.191 & 0.142 & 0.142 & 0.191 \end{pmatrix} \text{m}$$

Fuerza resultante en cada perno por efecto del momento flector total:

$$pm = \begin{pmatrix} 89.73 & 66.88 & 66.88 & 89.73 \\ 66.88 & 29.91 & 29.91 & 66.88 \\ 66.88 & 29.91 & 29.91 & 66.88 \\ 89.73 & 66.88 & 66.88 & 89.73 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Fuerza resultante horizontal en cada perno por efecto del momento flector total:

$$pm_x = \begin{pmatrix} -63.45 & -63.45 & -63.45 & -63.45 \\ -21.15 & -21.15 & -21.15 & -21.15 \\ 21.15 & 21.15 & 21.15 & 21.15 \\ 63.45 & 63.45 & 63.45 & 63.45 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Fuerza resultante vertical en cada perno por efecto del momento flector total:

$$pm_z = \begin{pmatrix} -63.45 & -21.15 & 21.15 & 63.45 \\ -63.45 & -21.15 & 21.15 & 63.45 \\ -63.45 & -21.15 & 21.15 & 63.45 \\ -63.45 & -21.15 & 21.15 & 63.45 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Fuerza resultante horizontal en cada perno por efecto del cortante de diseño:

$$H_x = \begin{pmatrix} 120.66 & 120.66 & 120.66 & 120.66 \\ 120.66 & 120.66 & 120.66 & 120.66 \\ 120.66 & 120.66 & 120.66 & 120.66 \\ 120.66 & 120.66 & 120.66 & 120.66 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Fuerza resultante vertical en cada perno por efecto de la fuerza horizontal de diseño:

$$V_z = \begin{pmatrix} -8.906 & -8.906 & -8.906 & -8.906 \\ -8.906 & -8.906 & -8.906 & -8.906 \\ -8.906 & -8.906 & -8.906 & -8.906 \\ -8.906 & -8.906 & -8.906 & -8.906 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

Cálculo de Resultante

Fuerza resultante total en cada perno:

$$V_{\max} = \begin{pmatrix} 92 & 65 & 59 & 79 \\ 123 & 104 & 100 & 113 \\ 159 & 145 & 142 & 152 \\ 198 & 187 & 185 & 192 \end{pmatrix} \cdot \text{kN}$$

5.3. Resistencia al corte de pernos

Resistencia especificada a tensión: $F_{ubw} := 830 \text{MPa}$

Área de sección de perno: $A_{bw} := \frac{\pi}{4} \cdot \phi_{bw}^2 = 707 \cdot \text{mm}^2$

Cantida de planos de corte: $N_{spw} := 2$

Resistencia Nominal de pernos: $R_{bw.n} := 0.480 \times A_{bw} \times F_{ubw} \times N_{spw}$

$$R_{bw.n} = 563 \cdot \text{kN} > \max(V_{\max}) = 198 \cdot \text{kN}$$

Ver := $\begin{cases} \text{"OK, pernos resisten el corte"} & \text{if } R_{bw.n} > \max(V_{\max}) \\ \text{"Revisar"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Ver = "OK, pernos resisten el corte"

CONEXIONES SOLDADAS:

Soldadura de filete en perfiles armados del Reticulado

1. Materiales

Peso específico del acero:

$$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Módulo de elasticidad:

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:

$$F_{y.50} := 345 \text{MPa}$$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:

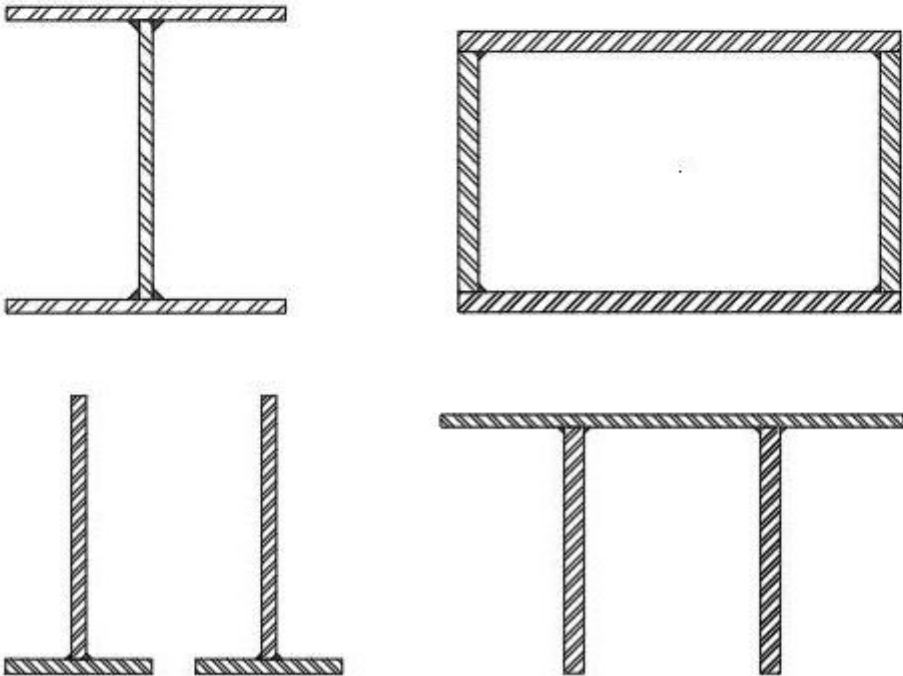
$$F_{u.50} := 450 \text{MPa}$$

Soldadura a utilizar:

Resistencia límite al corte del metal de aporte F_{EXX} :

$$F_{EXX} := 4920 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

2. Geometría del Perfil



3. Cálculo de la soldadura

Comentario: Para el caso de los perfiles que componen el reticulado, no hay una relación directa entre la fuerza axial que se transmite por los mismos y la soldadura del perfil armado, sin embargo en los puntos de encuentro en las cartelas sí se generan variaciones de esfuerzos Δf las cuales han sido analizadas en el diseño de las mismas.

De acuerdo a lo especificado en el código de soldadura (AASHTO Welding Code), la soldadura mínima de filete debe ser de 6.4 mm. Conservadoramente y de acuerdo a recomendaciones de diseño, tomaremos una soldadura de filete de 10 mm de espesor en las uniones de los perfiles armados.

Esesor de la parte soldada más delgada	Esesor mínimo de soldadura
$\leq 19 \text{ mm}$	6.4 mm
$> 19 \text{ mm}$	8.0 mm

Fuente: AASHTO LRFD BRIDGE Welding Code

$D_{\text{sol}} := 10 \text{ mm}$

SOLDADURA EN VIGAS TRANSVERSALES.-

Unión Ala - Alma perfil I armado

1. Materiales

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

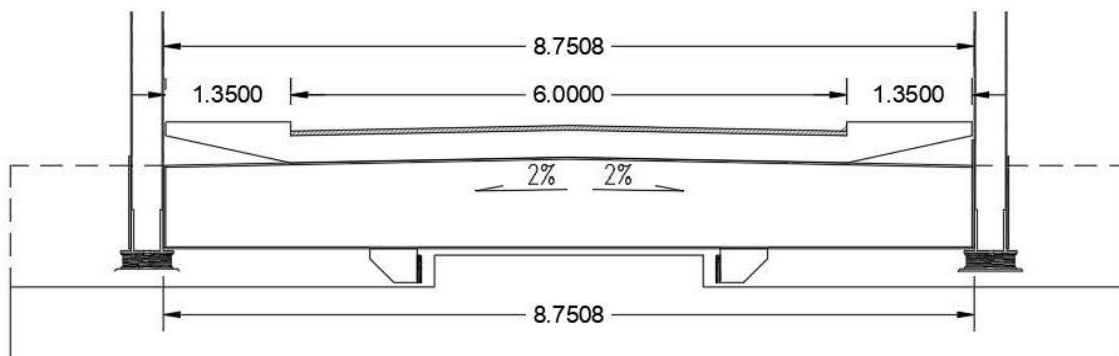
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345 \text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450 \text{MPa}$

Soldadura a utilizar:

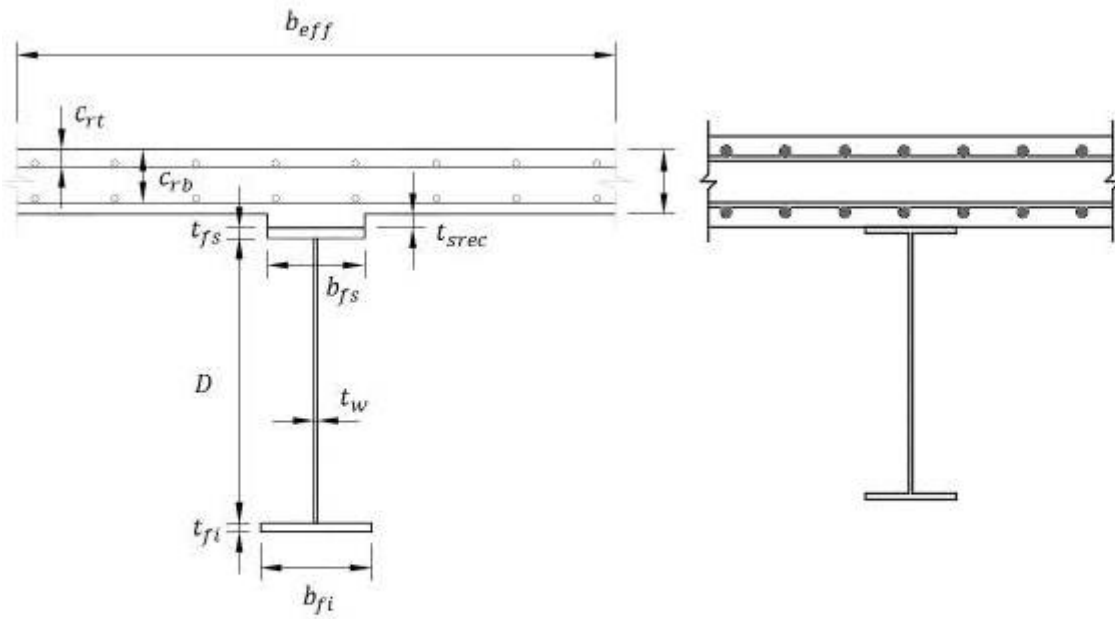
Resistencia límite al corte del metal de aporte F_{EXX} : $F_{EXX} := 4920 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

2. Geometría de la soldadura

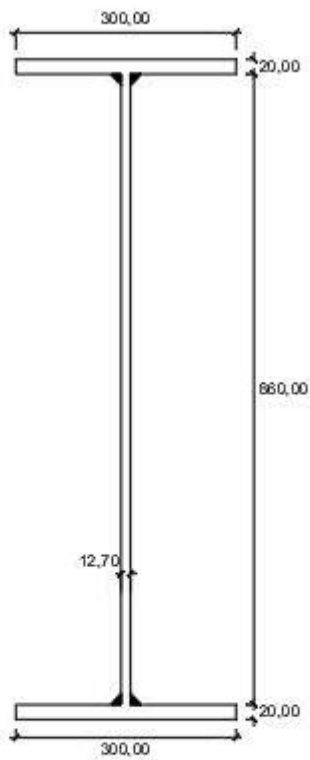


Comentario: La sección consta de una viga armada de acero y una losa de hormigón que colabora de manera mixta.

Sección Compuesta



Sección No Compuesta



Altura del alma:	$D := 860 \text{ mm}$
Espesor del alma:	$t_w := 12.7 \text{ mm}$
Ancho Ala Sup:	$b_{fs} := 300 \text{ mm}$
Espesor Ala Sup:	$t_{fs} := 20 \text{ mm}$
Ancho Ala Inf:	$b_{fi} := 300 \text{ mm}$
Espesor Ala Inf:	$t_{fi} := 20 \text{ mm}$
Altura Total:	$d := D + t_{fs} + t_{fi}$
	$d = 900 \text{ mm}$

3. Calculo de la soldadura entre el alma y el ala:

Comentario: Para la conexión entre el ala y el alma, la soldadura de filete debe resistir un cortante horizontal factorizado basado en la siguiente ecuación propuesta por la AASHTO:

$$v := \frac{V \cdot Q}{I} *$$

Cortante máximo cuando la viga es no compuesta.
Esto solo incluye todas las cargas antes de que el concreto se endurezca:

$$V_{NC} := 292 \text{ kN}$$

Cortante máximo cuando la viga es compuesta.
Incluye todas las cargas de diseño factorizadas que se generan después del endurecimiento del concreto:

$$V_C := 835 \text{ kN}$$

Sección no compuesta

Distancia desde el centro de gravedad del ala superior al centro de gravedad de la sección no compuesta

$$Y_{cg_s} := 44.00 \text{ cm}$$

Momento estático alrededor del eje neutro cuando la sección es no compuesta.
Para el ala superior

$$Q_{NC_s} := t_{fs} \cdot b_{fs} \cdot Y_{cg_s} = 2640 \cdot \text{cm}^3$$

Distancia desde el centro de gravedad del ala inferior al centro de gravedad de la sección no compuesta

$$Y_{cg_i} := 44.00 \text{ cm}$$

Momento estático alrededor del eje neutro cuando la sección es no compuesta.
Para el ala inferior

$$Q_{NC_i} := t_{fi} \cdot b_{fi} \cdot Y_{cg_i} = 2640 \cdot \text{cm}^3$$

Sección Compuesta

Distancia desde el centro de gravedad del ala superior al centro de gravedad de la sección compuesta:

$$Y_{cg_sc} := 0.098 \text{ cm}$$

Momento estático alrededor del eje neutro cuando la sección es compuesta.
Para el ala superior:

$$Q_{C_s} := t_{fs} \cdot b_{fs} \cdot Y_{cg_sc} = 5.88 \cdot \text{cm}^3$$

Distancia desde el centro de gravedad del ala inferior al centro de gravedad de la sección compuesta:

$$Y_{cg_ic} := 9785 \text{ cm}$$

Momento estático alrededor del eje neutro cuando la sección es compuesta.
Para el ala inferior:

$$Q_{C_i} := t_{fi} \cdot b_{fi} \cdot Y_{cg_ic} = 58.71 \cdot \text{cm}^3$$

Momento de inercia para la sección no compuesta:

$$I_{NC} = 183952.807 \cdot \text{cm}^4$$

Momento de inercia para la sección compuesta:

$$I_C = 883768.216 \cdot \text{cm}^4$$

Fuerza de corte horizontal en el ala inferior

$$v_i := \frac{V_{NC} \cdot Q_{NC_i}}{I_{NC}} + \frac{V_C \cdot Q_{C_i}}{I_C} = 4.246 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Fuerza de corte horizontal en el ala superior

$$v_s := \frac{V_{NC} \cdot Q_{NC_s}}{I_{NC}} + \frac{V_C \cdot Q_{C_s}}{I_C} = 4.196 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Fuerza de diseño para las soldaduras de las alas

$$v := \max(v_i, v_s) = 4.246 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Espesor de la parte soldada más delgada	Espesor mínimo de soldadura
$\leq 19 \text{ mm}$	6.4 mm
$> 19 \text{ mm}$	8.0 mm

Fuente: AASHTO LRFD BRIDGE Welding Code

$$D_{sol} := 10\text{mm}$$

Factor de minoración cuando la soldadura trabaja por corte (6.5.4.2)

$$\phi_{e2} := 0.80$$

Resistencia del acero de soldadura

$$R_r := 0.6 \cdot \phi_{e2} \cdot F_{EXX} = 231.594 \text{ MPa}$$

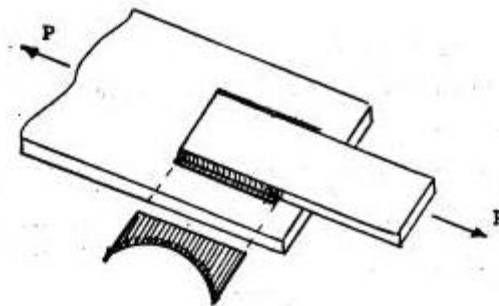
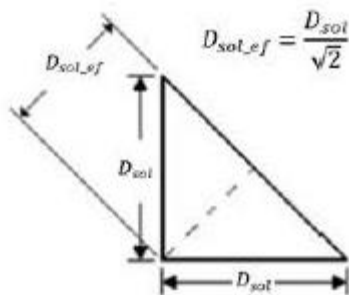
Resistencia por capacidad del material base (6.13.3.2.2b)

$$R_{r.mb} := \phi_{e2} \cdot 0.6 \cdot F_{u.50} = 216 \text{ MPa}$$

Comentario: Se verifica la resistencia de la soldadura por unidad de longitud

Ancho efectivo de la soldadura

$$D_{sol_ef} := \frac{D_{sol}}{\sqrt{2}} = 7.071 \text{ mm}$$



Ancho efectivo incluyendo el filete en ambos lados del alma

$$D_{sol_ef_2} := 2 \cdot \max(R_r, R_{r.mb}) \cdot D_{sol_ef} = 3275.232 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Demanda capacidad de la resistencia de la soldadura

$$DC := \frac{\max(v_i, v_s)}{2 \cdot \max(R_r, R_{r.mb}) \cdot D_{sol_ef}} = 0.13$$

$$\text{if}(DC < 1, \text{"OK"}, \text{"Aumentar espesor"}) = \text{"OK"}$$

Comentario: Se comprueba que no se haya superado el máximo de soldadura según el espesor del material base

Espesor máximo de soldadura

$$D_{max} := \text{if}(\min(t_w, t_{fs}) < 0.25\text{in}, \min(t_w, t_{fs}), \min(t_w, t_{fs}) - 0.0625\text{in})$$

$$D_{max} = 11.112 \text{ mm}$$

$$\text{if}(D_{sol} \leq D_{max}, \text{"OK"}, \text{"Disminuir espesor"}) = \text{"OK"}$$

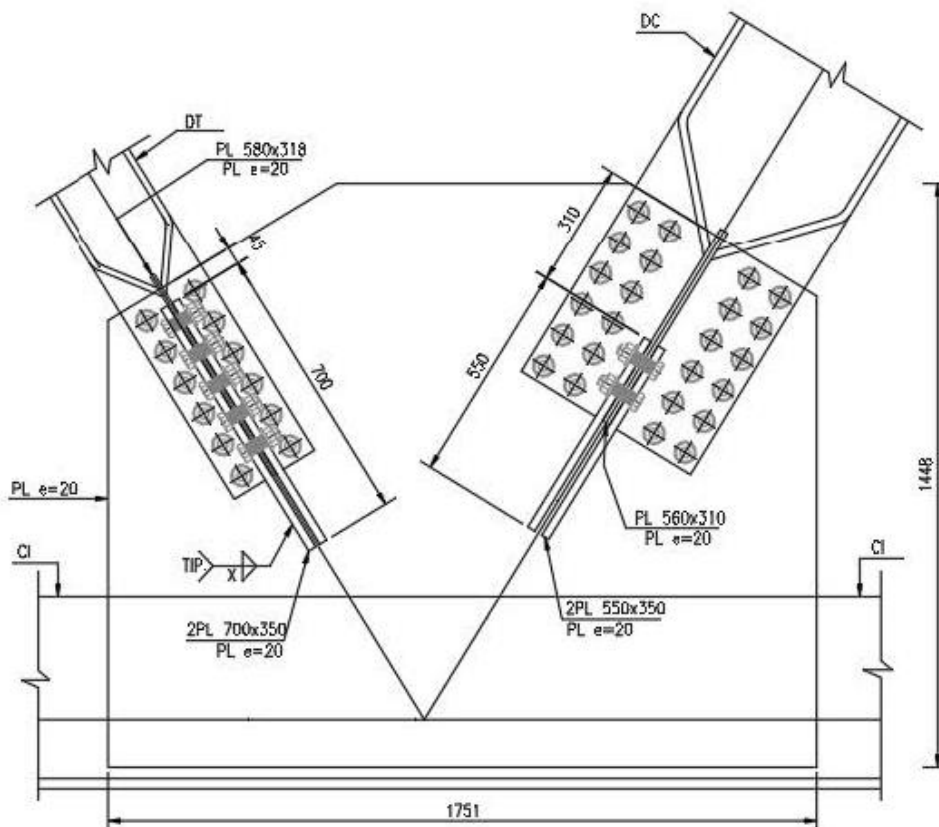
SOLDADURA EN CARTELAS (INFERIOR).-

Soldadura en nudos con cartelas - Nudo Inferior

1. Materiales

Peso específico del acero:	$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Módulo de elasticidad:	$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{y.50} := 345 \text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{u.50} := 450 \text{MPa}$
<u>Soldadura a utilizar:</u>	
Resistencia límite al corte del metal de aporte F_{EXX} :	$F_{EXX} := 4920 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

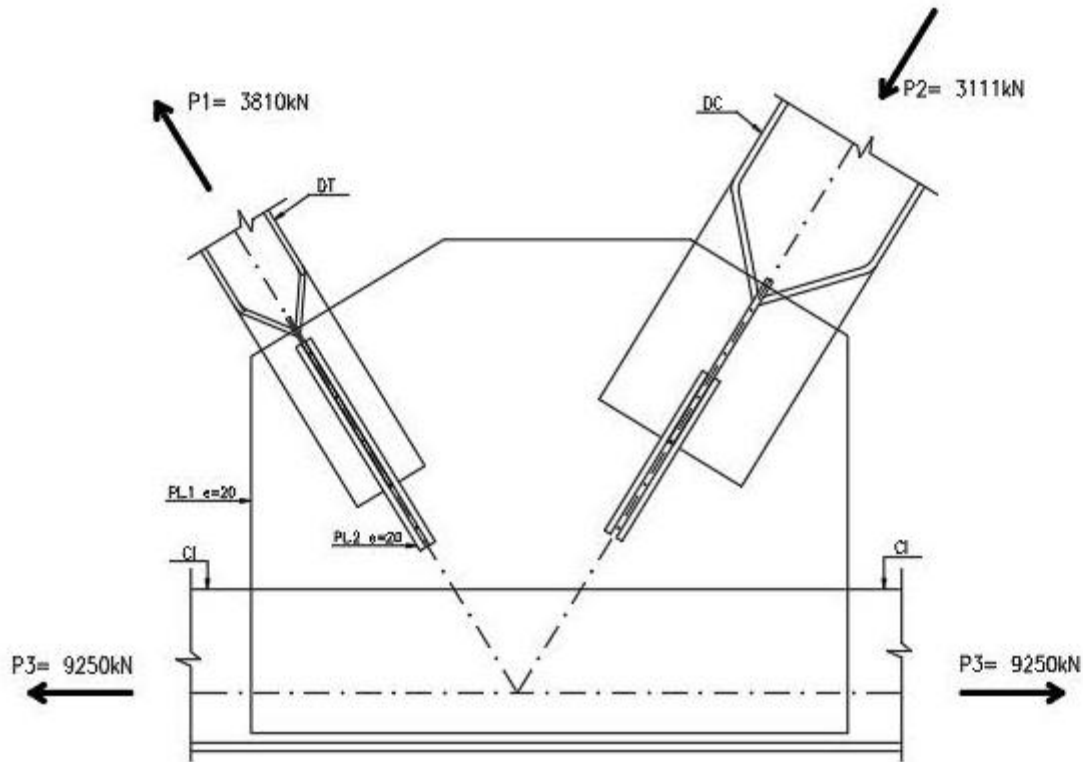
2. Geometría de la soldadura



3. Calculo de la soldadura

Análisis de la conexión

Comentario: Con la finalidad de manejar un solo tipo de soldadura en estas conexiones (perfiles-planchas-cartelas) se analizará el nudo tomando las máximas cargas axiales de cada elemento que llega a la unión provenientes del análisis estructural. Este criterio busca ser conservador al considerar las máximas demandas en el diseño de la soldadura.



$P_1 := 3810\text{kN}$	$e_{PL.1} := 20\text{mm}$	$L_{\text{sold.DT}} := 700\text{mm}$	$n_{\text{cart}} := 2$
$P_2 := 3111\text{kN}$	$e_{PL.2} := 20\text{mm}$	$L_{\text{sold.DC}} := 550\text{mm}$	$n_{\text{cord.DT}} := 1$
$P_3 := 9250\text{kN}$	$h_{\text{cartela}} := 1448\text{mm}$	$L_{\text{sold.CI}} := 1751\text{mm}$	$n_{\text{cord.DC}} := 1$
$P_{\text{max}} := \max(P_1, P_2)$	$b_{\text{cartela}} := 1751\text{mm}$	$n_{\text{p.DT}} := 2$	$n_{\text{cord.CI}} := 1$
$P_{\text{max}} = 3810\text{kN}$	$h_{\text{util}} := \sqrt{h_{\text{cartela}}^2 + b_{\text{cartela}}^2}$	$n_{\text{p.DC}} := 2$	
	$h_{\text{util}} = 2272.159\text{mm}$	$n_{\text{p.CI}} := 2$	

Espesor de la parte soldada más delgada	Espesor mínimo de soldadura
$\leq 19 \text{ mm}$	6.4 mm
$> 19 \text{ mm}$	8.0 mm

Fuente: AASHTO LRFD BRIDGE Welding Code

$$D_{sol} := 10 \text{ mm}$$

Ancho efectivo de la soldadura $D_{sol_ef} := \frac{D_{sol}}{\sqrt{2}} = 7.071 \cdot \text{mm}$

Espesor máximo/min de soldadura:

$$D_{max} := \text{if}(\min(e_{PL.1}, e_{PL.2}) < 0.25 \text{ in}, \min(e_{PL.1}, e_{PL.2}), \min(e_{PL.1}, e_{PL.2}) - 0.0625 \text{ in})$$

$$D_{max} = 18.413 \cdot \text{mm}$$

$$\text{if}(D_{sol} \leq D_{max}, \text{"OK"}, \text{"Disminuir espesor"}) = \text{"OK"}$$

$$t_s := D_{sol_ef} = 7.071 \cdot \text{mm}$$

Area del metal base:

$$A_{mb} := h_{util} \cdot e_{PL.1} = 45443.173 \cdot \text{mm}^2$$

Comentario: Se hará una verificación de la carga admisible de las planchas, bajo la consideración que solo aportará la sección de plancha soldada, para la verificación de toda la cartela **VER GUSSET PLATE VERIFICATION**

Carga admisible del metal base:

$$P_{adm_mb} := 0.4 \cdot A_{mb} \cdot F_{y.50} = 6271.158 \cdot \text{kN}$$

$$Ver_1 := \begin{cases} \text{"OK, resiste la demanda"} & \text{if } \frac{P_{max}}{2} < P_{adm_mb} \\ \text{"Incrementar espesor de metal base"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_1 = \text{"OK, resiste la demanda"}$$

Factor de minoración cuando la soldadura trabaja por corte(6.5.4.2):

$$\phi_{e2} := 0.80$$

Esfuerzo admisible en metal base:

$$F_{v_mbase} := 0.4 \cdot F_{y.50} = 1407.208 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo admisible en metal
de aporte desoldadura de filete:

$$F_{v_elec} := F_y \cdot 50 = 3518.021 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Espesor minimo del metal base:

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, espesor apropiado"} & \text{if } e_{PL.1} > t_s \cdot \frac{F_{v_elec}}{F_{v_mbase}} \\ \text{"Incrementar espesor"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, espesor apropiado"}$$

Comentario: Debido a que el cordon de soldadura es paralelo a la dirección de la carga, entonces:

Carga admisible por mm
de soldadura:

$$P_{sold} := t_s \cdot F_{v_elec} = 248.762 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

Longitud requerida del cordon
para DT:

$$L_{sold.req.DT} := \frac{P_1}{P_{sold}} = 156.178 \cdot \text{cm}$$

Longitud requerida del cordon
para DC:

$$L_{sold.req.DC} := \frac{P_2}{P_{sold}} = 127.525 \cdot \text{cm}$$

Longitud requerida del cordon
para CI:

$$L_{sold.req.CI} := \frac{P_3}{P_{sold}} = 379.173 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.DT} := n_{p.DT} \cdot L_{sold.DT} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.DT} = 280 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.DC} := n_{p.DC} \cdot L_{sold.DC} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.DC} = 220 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.CI} := n_{p.CI} \cdot L_{sold.CI} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.CI} = 7.004 \text{ m}$$

Ver₃ := $\begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.DT}} < L_{\text{asig.DT}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Ver₃ = "OK, longitud suficiente"

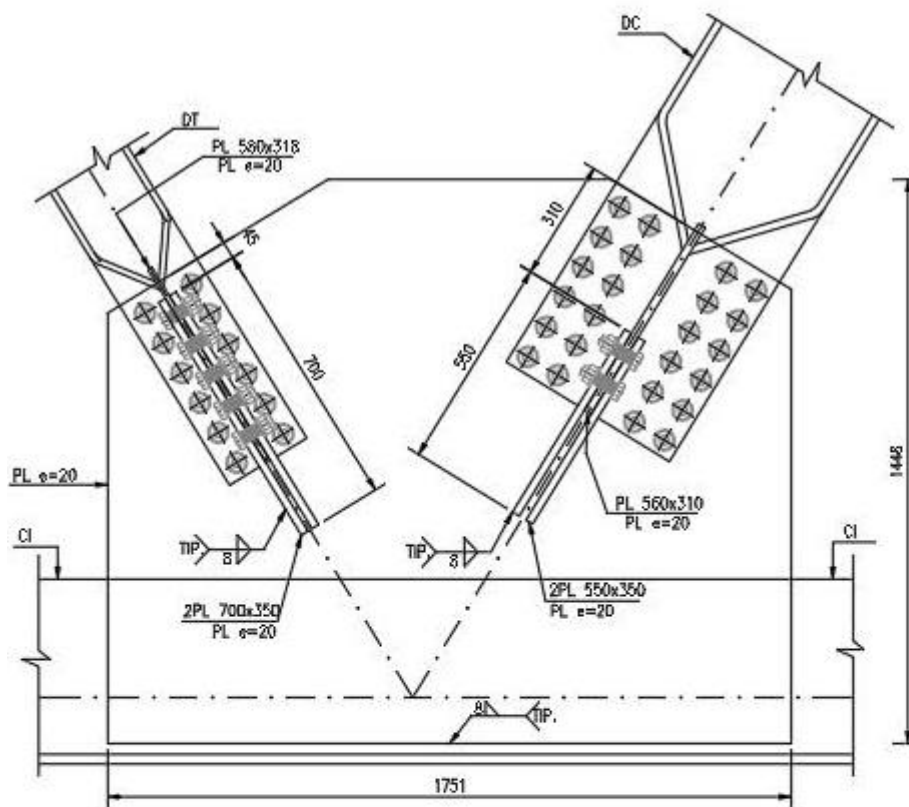
Ver₄ := $\begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.DC}} < L_{\text{asig.DC}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Ver₄ = "OK, longitud suficiente"

Ver₅ := $\begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.CI}} < L_{\text{asig.CI}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

Ver₅ = "OK, longitud suficiente"

4. Detalle final de soldadura:



SOLDADURA EN CARTELAS (SUPERIOR).-

Soldadura en nudos con cartelas - Nudo Superior

1. Materiales

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

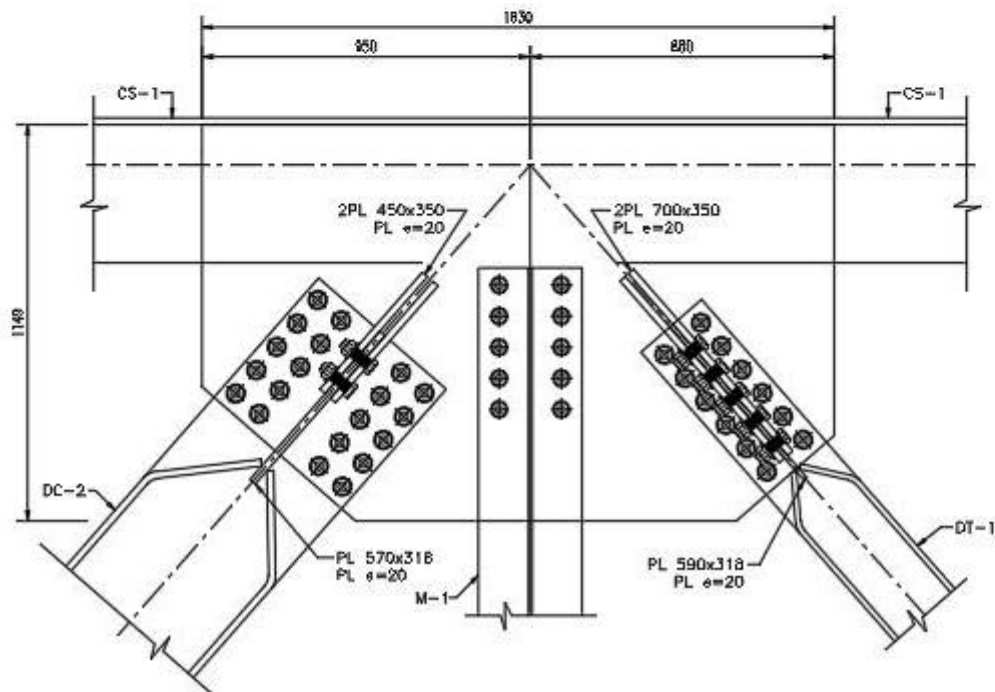
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345 \text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450 \text{MPa}$

Soldadura a utilizar:

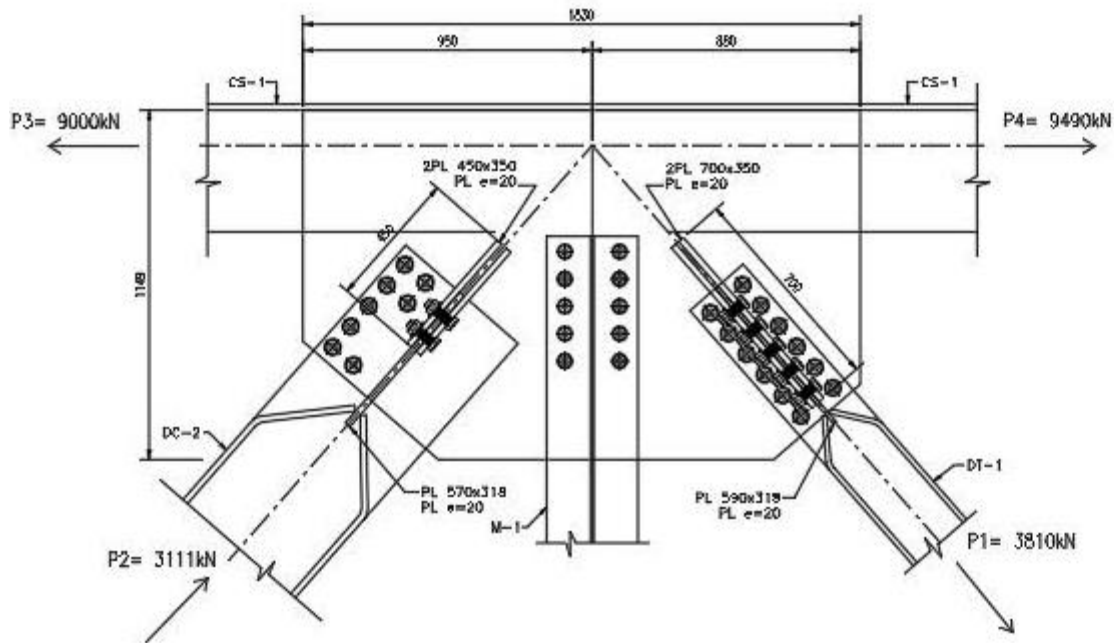
Resistencia límite al corte del metal de aporte $F_{EXX} := 4920 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

2. Geometría de la soldadura



3. Calculo de la soldadura

Análisis de la conexión



$$P_1 := 3810 \text{ kN}$$

$$e_{PL,1} := 20 \text{ mm}$$

$$L_{\text{sold.DT}} := 700 \text{ mm}$$

$$n_{\text{cart}} := 2$$

$$P_2 := 3111 \text{ kN}$$

$$e_{PL,2} := 20 \text{ mm}$$

$$L_{\text{sold.DC}} := 450 \text{ mm}$$

$$n_{\text{cord.DT}} := 1$$

$$P_3 := 9490 \text{ kN}$$

$$h_{\text{cartela}} := 1149 \text{ mm}$$

$$L_{\text{sold.CI}} := 1830 \text{ mm}$$

$$n_{\text{cord.DC}} := 1$$

$$P_{\text{max}} := \max(P_1, P_2)$$

$$b_{\text{cartela}} := 1830 \text{ mm}$$

$$n_{p,DT} := 2$$

$$n_{\text{cord.CI}} := 1$$

$$P_{\text{max}} = 3810 \cdot \text{kN}$$

$$h_{\text{util}} := \sqrt{h_{\text{cartela}}^2 + b_{\text{cartela}}^2}$$

$$n_{p,DC} := 2$$

$$h_{\text{util}} = 2160.81 \cdot \text{mm}$$

$$n_{p,CI} := 2$$

Espesor de la parte soldada más delgada	Espesor mínimo de soldadura
$\leq 19 \text{ mm}$	6.4 mm
$> 19 \text{ mm}$	8.0 mm

Fuente: AASHTO LRFD BRIDGE Welding Code

$$D_{sol} := 10 \text{ mm}$$

Ancho efectivo de la soldadura $D_{sol_ef} := \frac{D_{sol}}{\sqrt{2}} = 7.071 \cdot \text{mm}$

Espesor máximo/min de soldadura:

$$D_{max} := \text{if}(\min(e_{PL.1}, e_{PL.2}) < 0.25 \text{ in}, \min(e_{PL.1}, e_{PL.2}), \min(e_{PL.1}, e_{PL.2}) - 0.0625 \text{ in})$$

$$D_{max} = 18.413 \cdot \text{mm}$$

$$\text{if}(D_{sol} \leq D_{max}, \text{"OK"}, \text{"Disminuir espesor"}) = \text{"OK"}$$

$$t_s := D_{sol_ef} = 7.071 \cdot \text{mm}$$

Area del metal base:

$$A_{mb} := h_{util} \cdot e_{PL.1} = 43216.205 \cdot \text{mm}^2$$

Comentario: Se hará una verificación de la carga admisible de las planchas, bajo la consideración que solo aportará la sección de plancha soldada, para la verificación de toda la cartela **VER GUSSET PLATE VERIFICATION**

Carga admisible del metal base:

$$P_{adm_mb} := 0.4 \cdot A_{mb} \cdot F_{y.50} = 5963.836 \cdot \text{kN}$$

$$Ver_1 := \begin{cases} \text{"OK, resiste la demanda"} & \text{if } \frac{P_{max}}{2} < P_{adm_mb} \\ \text{"Incrementar espesor de metal base"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_1 = \text{"OK, resiste la demanda"}$$

Factor de minoración cuando la soldadura trabaja por corte(6.5.4.2):

$$\phi_{e2} := 0.80$$

Esfuerzo admisible en metal base:

$$F_{v_mbase} := 0.4 \cdot F_{y.50} = 1407.208 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Esfuerzo admisible en metal de aporte desoldadura de filete:

$$F_{v_elec} := F_y \cdot 50 = 3518.021 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Espesor minimo del metal base:

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK, espesor apropiado"} & \text{if } e_{PL.1} > t_s \cdot \frac{F_{v_elec}}{F_{v_mbase}} \\ \text{"Incrementar espesor"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK, espesor apropiado"}$$

Comentario: Debido a que el cordón de soldadura es paralelo a la dirección de la carga, entonces:

Carga admisible por mm de soldadura:

$$P_{sold} := t_s \cdot F_{v_elec} = 248.762 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

Longitud requerida del cordón para DT:

$$L_{sold.req.DT} := \frac{P_1}{P_{sold}} = 156.178 \cdot \text{cm}$$

Longitud requerida del cordón para DC:

$$L_{sold.req.DC} := \frac{P_2}{P_{sold}} = 127.525 \cdot \text{cm}$$

Longitud requerida del cordón para CI:

$$L_{sold.req.CI} := \frac{P_3}{P_{sold}} = 389.011 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.DT} := n_{p.DT} \cdot L_{sold.DT} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.DT} = 280 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.DC} := n_{p.DC} \cdot L_{sold.DC} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.DC} = 180 \cdot \text{cm}$$

$$L_{asig.CI} := n_{p.CI} \cdot L_{sold.CI} \cdot n_{cart} \cdot n_{cord.CI} = 7.32 \text{ m}$$

$Ver_3 := \begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.DT}} < L_{\text{asig.DT}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Ver_3 = \text{"OK, longitud suficiente"}$

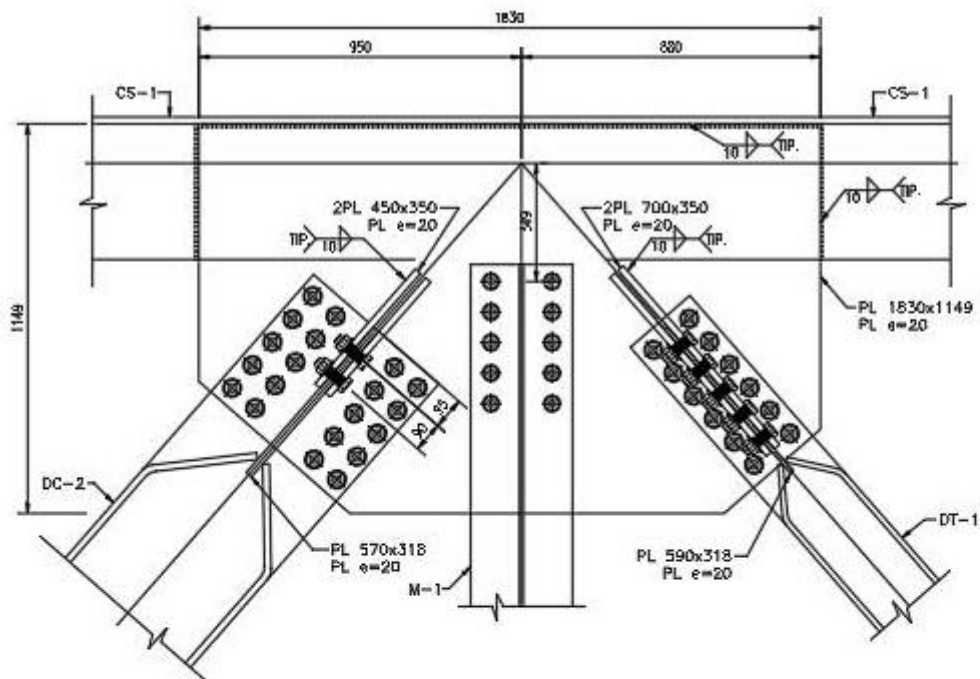
$Ver_4 := \begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.DC}} < L_{\text{asig.DC}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Ver_4 = \text{"OK, longitud suficiente"}$

$Ver_5 := \begin{cases} \text{"OK, longitud suficiente"} & \text{if } L_{\text{sold.req.CI}} < L_{\text{asig.CI}} \\ \text{"LONGITUD INSUFICIENTE"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$Ver_5 = \text{"OK, longitud suficiente"}$

4. Detalle final de soldadura:



DISEÑO DE CONECTORES DE CORTE.-

Diseño de conectores de Corte

1. Materiales

Resistencia a compresión del concreto:

$$F_c := 28\text{MPa}$$

Peso específico del acero:

$$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Módulo de elasticidad:

$$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:

$$F_{y.50} := 345\text{MPa}$$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:

$$F_{u.50} := 450\text{MPa}$$

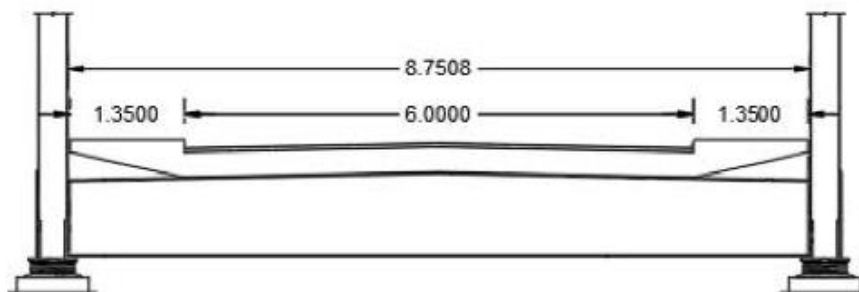
Esfuerzo cedente de STUDS - ASTM A108:

$$F_{y.sc} := 345\text{MPa}$$

Esfuerzo último de STUDS - ASTM A108:

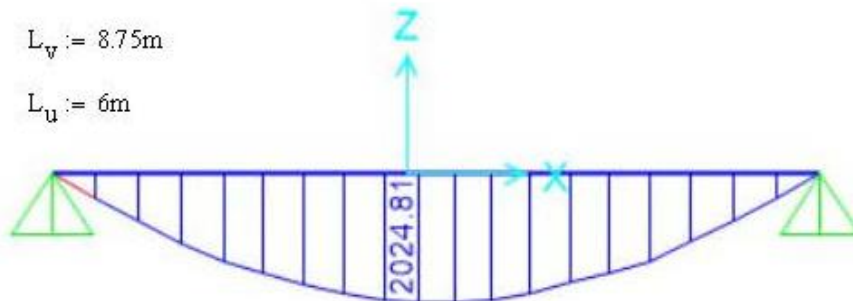
$$F_{u.sc} := 414\text{MPa}$$

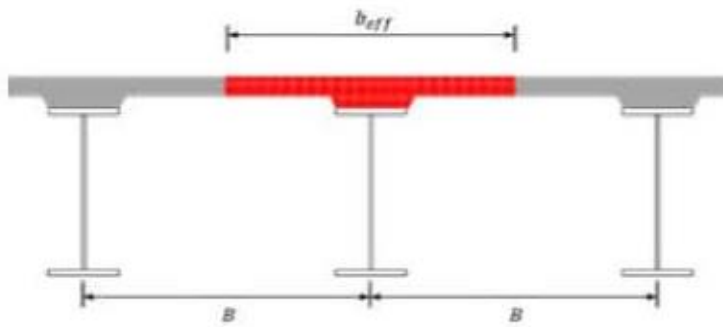
2. Geometría de la sección



$$L_v := 8.75\text{m}$$

$$L_u := 6\text{m}$$

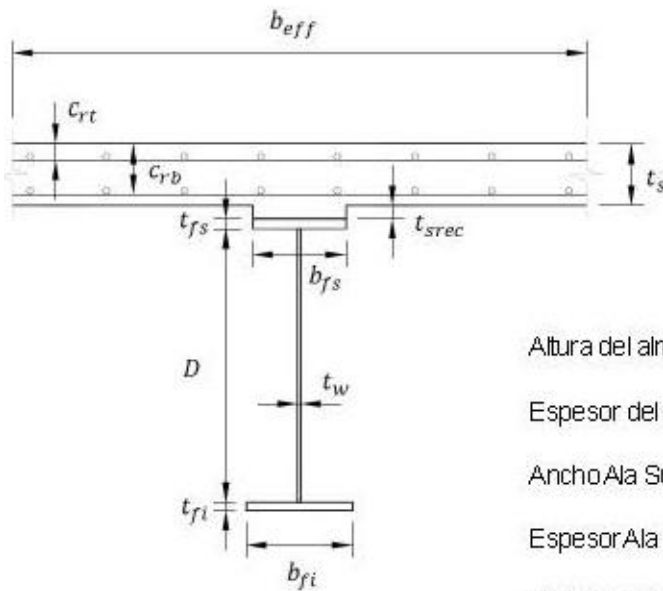




$$b_{eff} := 5.67\text{m}$$

$$t_s := 0.20\text{m}$$

Sección Compuesta



Altura del alma:	$D := 860\text{mm}$
Espesor del alma:	$t_w := 12.7\text{mm}$
Ancho Ala Sup:	$b_{fs} := 300\text{mm}$
Espesor Ala Sup:	$t_{fs} := 20\text{mm}$
Ancho Ala Inf:	$b_{fi} := 300\text{mm}$
Espesor Ala Inf:	$t_{fi} := 20\text{mm}$
Altura Total:	$d := D + t_{fs} + t_{fi}$
	$d = 900\text{mm}$

3. Diseño de los conectores

3.1 Análisis de la demanda

Comentario: Los conectores deben ser diseñados para resistir la capacidad de los elementos que conforman la sección (fuerzas plásticas).

Resistencia de la sección y la losa:

$$P_{1p} := 0.85 \cdot F_c \cdot b_{\text{eff}} \cdot t_s = 26989.2 \cdot \text{kN}$$

Fuerza plástica para la losa de concreto

$$P_{2p} := F_y \cdot 50 \cdot (D \cdot t_w + b_{fi} \cdot t_{fi} + b_{fs} \cdot t_{fs})$$

$$P_{2p} = 7908.09 \cdot \text{kN}$$

Fuerza plástica para sección de acero

$$P_p := \min(P_{1p}, P_{2p}) = 7908.09 \cdot \text{kN}$$

Fuerza radial en losa de concreto:

Esta fuerza se debe incluir en el estudio de los conectores de corte en el caso de que la viga sea curva. Si no lo es, el valor será

$$F_p := 0 \cdot \text{kN}$$

Fuerza de diseño para conectores de corte:

$$P_A := \sqrt{P_p^2 + F_p^2} = 7908.09 \cdot \text{kN}$$

3.2 Resistencia de conectores de corte

Se utilizarán conectores de corte tipo perno embebido en la losa de concreto con una designación de material AASHTO ASTM A108, con las siguientes dimensiones:

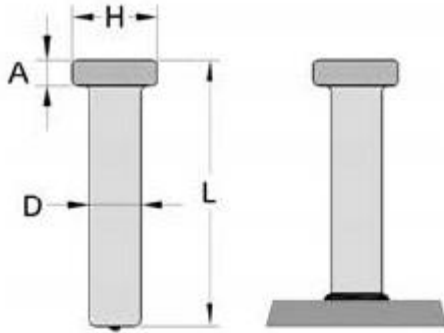
Dimensiones del conector de corte:

$$D_{sc} := 0.75 \text{in} = 19.05 \cdot \text{mm}$$

Diámetro de conector de corte

$$L_{sc} := 150 \text{mm}$$

Altura de conector de corte



$$\frac{L_{sc}}{D_{sc}} = 7.874$$

Relación altura-diámetro de conector de corte

$$\text{if} \left(\frac{L_{sc}}{D_{sc}} > 7.87, \text{"Cumple"}, \text{"No cumple"} \right) = \text{"Cumple"}$$

Resistencia del conector de corte:

$$A_{sc} := \frac{\pi \cdot D_{sc}^2}{4} = 2.85 \cdot \text{cm}^2$$

$$F_c = 28 \cdot \text{MPa}$$

Se considera un concreto de peso normal es decir

$$w_c := 2323 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$E_c := 1820 \text{ksi} \cdot \sqrt{\frac{F_c}{\text{ksi}}} = 25287.733 \cdot \text{MPa}$$

La resistencia a corte de cada conector vendrá dada por el menor de los siguientes valores:

$$Q_{n1} := 0.5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{F_c \cdot E_c} = 119.918 \cdot \text{kN} \quad Q_{n2} := A_{sc} \cdot F_{u_{sc}} = 118 \cdot \text{kN}$$

$$Q_n := \min(Q_{n1}, Q_{n2}) = 118 \cdot \text{kN}$$

3.3 Configuración de conectores de corte

$$\phi_{sc} := 0.85$$

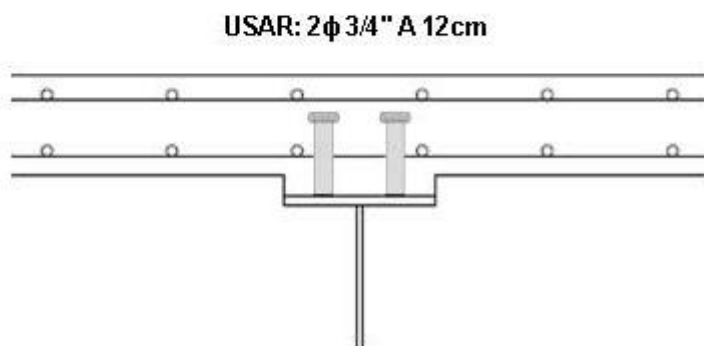
$$n_{A_min} := \frac{P_A}{\phi_{sc} \cdot Q_n} = 78.845$$

Número mínimo de conectores de corte

$$n_A := 100$$

$$s_A := \frac{L_u}{\frac{n_A}{2}} = 12 \text{ cm}$$

Separación de conectores colocados en fila de dos



DISEÑO DE RIGIDIZADORES Y VERIFICACION DE PROPORCIONES EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE VIGAS.-

Cross-section Proportion Limits and Stiffeners (Beam)

1. Properties:

Peso específico del acero:	$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Módulo de elasticidad:	$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{y,50} := 345 \text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{u,50} := 450 \text{MPa}$

2. Cross-section:

Web Proportions.-

Webs without longitudinal stiffeners.-

$$D := 860 \text{mm}$$

$$t_w := 12.7 \text{mm}$$

$$\frac{D}{t_w} = 67.717$$

Flange proportions.-

$$b_f := 300 \text{mm}$$

$$t_f := 20 \text{mm}$$

Elementos	Limitaciones
Almas sin rigidizadores longitudinales	$\frac{D}{t_w} \leq 150$
Almas con rigidizadores longitudinales	$\frac{D}{t_w} \leq 300$
Alas	$\frac{b_f}{2 t_f} \leq 12.0$ $b_f \leq D/6$ $t_f \geq 1.1 t_w$ $0.1 \leq \frac{I_{yc}}{I_{yt}} \leq 10$

Fuente: Adaptación de lo descrito en el Art 6.10.2 de la norma AASHTO LRFD BRIDGE.

$$\text{Ver}_1 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \frac{D}{t_w} < 150 \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{Ver}_1 = \text{"OK"}$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } b_f > \frac{D}{6} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{Ver}_2 = \text{"OK"}$

$$\text{Ver}_3 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } 1.1 \cdot t_w < t_f \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{Ver}_3 = \text{"OK"}$

$$\text{Ver}_4 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \frac{b_f}{2 \cdot t_f} < 12 \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\text{Ver}_4 = \text{"OK"}$

3. Nominal resistance of unstiffened webs:

Plastic Shear Force:

$$V_p := 0.58 \cdot F_{yw} \cdot D \cdot t_w$$

$$V_p = 2185.492 \cdot \text{kN}$$

$$V_{dis} \leq \phi_s \cdot V_n$$

$$V_u := 957 \cdot \text{kN}$$

$$V_{nu} := \frac{V_u}{\phi_s}$$

$$V_{nu} = 957 \cdot \text{kN}$$

$$C_x := \frac{V_{nu}}{V_p} = 0.438$$

4. Nominal resistance of stiffened webs:

$$b_{fc} := 300\text{mm}$$

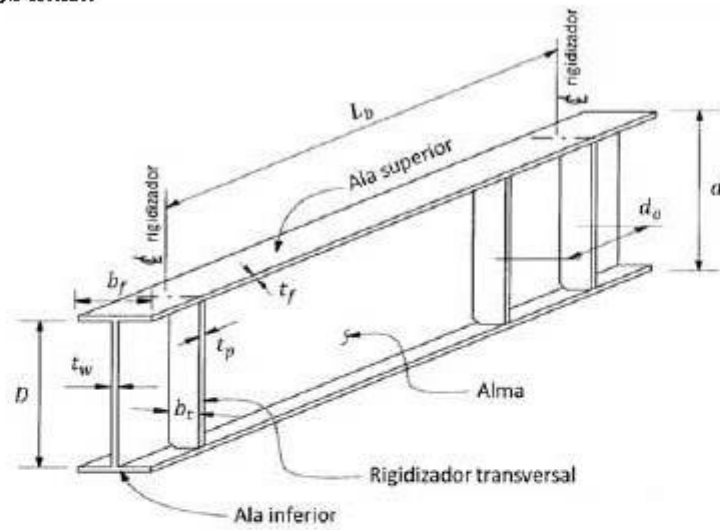
$$t_{fc} := 20\text{mm}$$

$$b_{ft} := 300\text{mm}$$

$$t_{ft} := 20\text{mm}$$

$$d_o := 1450\text{mm}$$

$$\frac{2 \cdot D \cdot t_w}{b_{fc} \cdot t_{fc} + b_{ft} \cdot t_{ft}} = 1.82$$



$$\text{Ver}_5 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \frac{2 \cdot D \cdot t_w}{b_{fc} \cdot t_{fc} + b_{ft} \cdot t_{ft}} \leq 2.5 \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k := 5 + \frac{5}{\left(\frac{d_o}{D}\right)^2}$$

$$\text{Ver}_5 = \text{"OK"}$$

$$k = 6.759$$

The ratio, C, shall be determined as specified below:

$$C_1 := \begin{cases} 1.0 & \text{if } \frac{D}{t_w} \leq 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}} \\ \text{"Revisar C.2 o C.3"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_1 = 1$$

$$C_2 := \begin{cases} \frac{1.12 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}}}{\frac{D}{t_w}} & \text{if } 1.12 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}} < \frac{D}{t_w} < 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}} \\ \text{"Revisar C.1 o C.3"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_2 = \text{"Revisar C.1 o C.3"}$$

$$C_3 := \begin{cases} \frac{1.57}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \cdot \left(\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}\right) & \text{if } \frac{D}{t_w} > 1.4 \cdot \sqrt{\frac{E_s \cdot k}{F_{yw}}} \\ \text{"Revisar C.2 o C.1"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$C_3 = \text{"Revisar C.2 o C.1"}$$

$$V_{ns} := V_p \cdot \left[C_1 + \frac{0.87 \cdot (1 - C_1)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_o}{D}\right)^2}} \right] = 2185.492 \cdot \text{kN}$$

$$V_u = 957 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_6 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } V_{ns} > V_u \\ \text{"Disminuir espaciamento de rigidizadores"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_6 = \text{"OK"}$$

DISEÑO DE CARTELAS (GUSSET PLATES).-

Gusset Plates Design (Nudo 1)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{y.70} := 485\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70: $F_{u.70} := 620\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{y.50} := 345\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50: $F_{u.50} := 450\text{MPa}$

Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36: $F_{y.36} := 250\text{MPa}$

Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36: $F_{u.36} := 450\text{MPa}$

Peso específico del acero: $\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Módulo de elasticidad: $E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)

($\phi = \text{M30}$)

($\phi = \text{M36}$)

$Pt_{27} := 334\text{kN}$

$Pt_{30} := 408\text{kN}$

$Pt_{36} := 595\text{kN}$

$d_{27} := 27\text{mm}$

$d_{30} := 30\text{mm}$

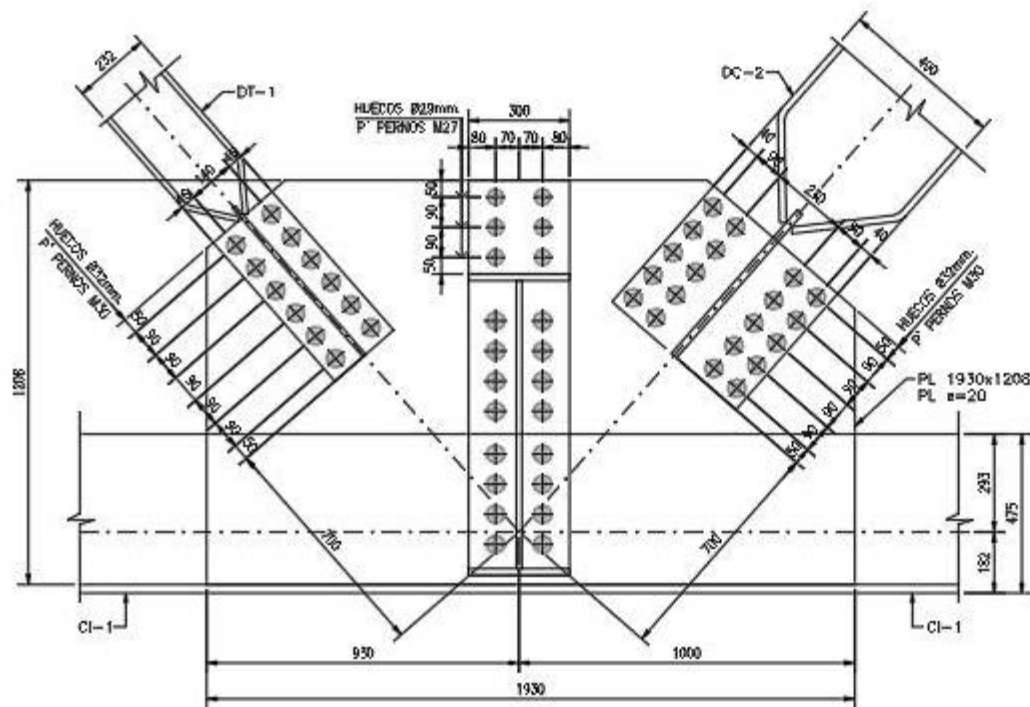
$d_{36} := 36\text{mm}$

$Ab_{27} = 572.555 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{30} = 706.858 \cdot \text{mm}^2$

$Ab_{36} = 1.018 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

3. Geometría de la conexión

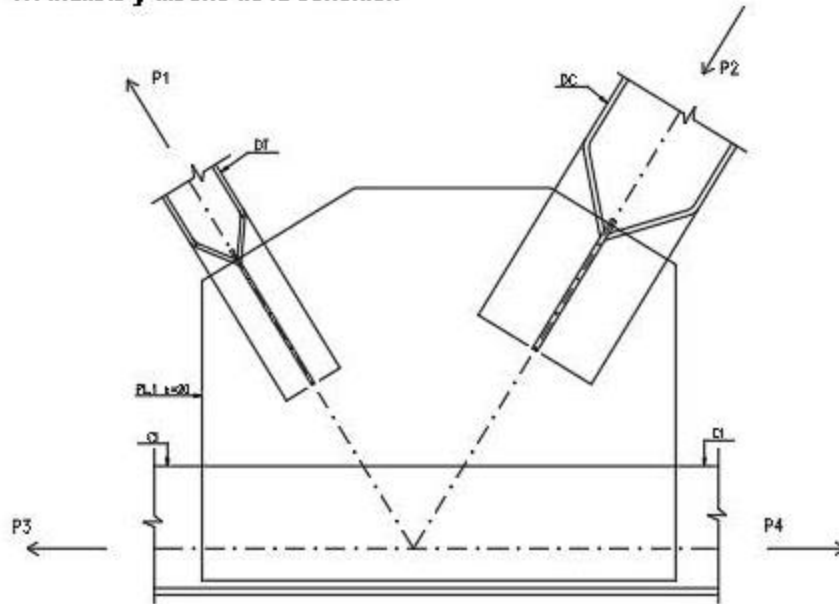


$b_p := 1930 \text{ mm}$	$n_{DT} := 12$	$\phi_y := 0.95$	$\gamma_{DC} := 1.25$
$h_p := 1208 \text{ mm}$	$n_{DC} := 20$	$\phi_u := 0.80$	$\gamma_{DW} := 1.5$
$t_p := 20 \text{ mm}$	$n_{VT} := 22$	$\phi_{bs} := 0.80$	$\gamma_{LL} := 1.75$
		$\phi_{vy} := 0.95$	
		$\phi_{vu} := 0.80$	
		$\phi_c := 0.9$	
		$U := 1$	

Comentario: Para el análisis de Demanda/Capacidad se utilizó la menor resistencia de la sección, este criterio busca ser conservador y simplificar el análisis. Adicionalmente se indica que el valor de la demanda indicada en el capítulo siguiente es el total actuante para dos cartelas, motivo por el cuál la demanda se divide entre dos en el resumen.

*Para la determinación de las áreas netas y gruesas, las secciones efectivas de la cartela en el análisis se determinaron por el **método de Whitmore**.*

4. Análisis y diseño de la conexión



$$V_{R1} := 834.41 \text{ kN}$$

$P1_{DC.losa} := 566 \text{ kN}$	$P2_{DC.losa} := 340 \text{ kN}$	$P3_{DC.losa} := 1955 \text{ kN}$	$P4_{DC.losa} := 2535 \text{ kN}$
$P1_{DC.vereda} := 88 \text{ kN}$	$P2_{DC.vereda} := 53 \text{ kN}$	$P3_{DC.vereda} := 301 \text{ kN}$	$P4_{DC.vereda} := 390 \text{ kN}$
$P1_{DC.pp} := 156 \text{ kN}$	$P2_{DC.pp} := 120 \text{ kN}$	$P3_{DC.pp} := 595 \text{ kN}$	$P4_{DC.pp} := 767 \text{ kN}$
$P1_{DW} := 61 \text{ kN}$	$P2_{DW} := 37 \text{ kN}$	$P3_{DW} := 210 \text{ kN}$	$P4_{DW} := 272 \text{ kN}$
$P1_{LL} := 547 \text{ kN}$	$P2_{LL} := 454 \text{ kN}$	$P3_{LL} := 1348 \text{ kN}$	$P4_{LL} := 1738 \text{ kN}$
$P1_{LL.ped} := 93 \text{ kN}$	$P2_{LL.ped} := 56 \text{ kN}$	$P3_{LL.ped} := 321 \text{ kN}$	$P4_{LL.ped} := 416 \text{ kN}$

4.1 Resistance of fasteners

4.1.1 Fasteners at DT and DC

Resistencia de un perno:

$$R_n = K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30}$$

$$K_h := 1$$

$$K_s := 0.30$$

$$N_s := 1$$

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 122.4 \text{ kN}$$

4.1.2 Plate Bearing Resistance at Fasteners

Distancia libre entre agujeros: $C_d := 90\text{mm} - (d_{30} + 2\text{mm})$

$$C_d = 58\text{mm}$$

Distancia libre en el borde del miembro: $C_{ed} := 50\text{mm} - \left(\frac{d_{30} + 2\text{mm}}{2}\right)$

$$C_{ed} = 34\text{mm}$$

$$Rn_{br} := \begin{cases} (2.4 \cdot d_{30} \cdot t_p \cdot F_{u,50}) & \text{if } C_d \wedge C_{ed} > 2 \cdot d_{30} \\ (1.2 \cdot \min(C_d, C_{ed}) \cdot t_p \cdot F_{u,50}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

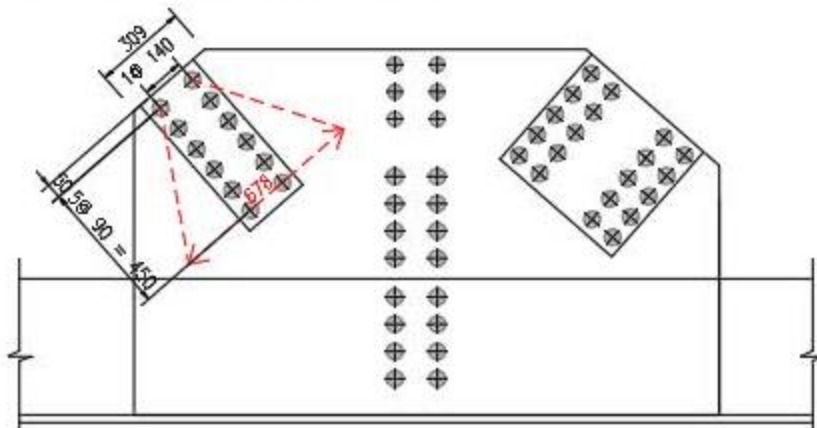
$$Rn_{br} = 367.2\text{ kN}$$

Resistencia total en la conexión: $Pr_{br,DT} := n_{DT} \cdot Rn_{br} = 4406.4\text{ kN}$

$$Pr_{br,DC} := n_{DC} \cdot Rn_{br} = 7344\text{ kN}$$

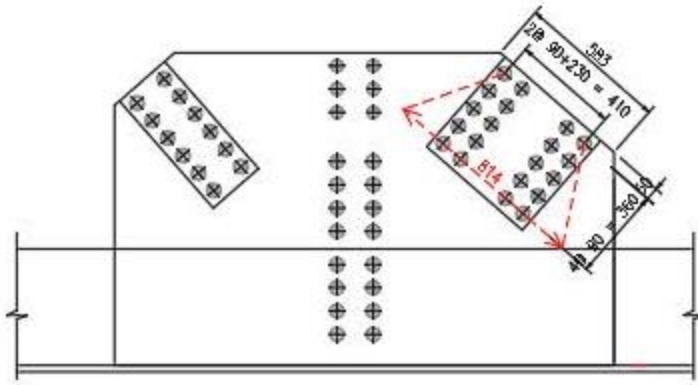
4.2 Resistance of Gusset Plate

4.2.1 Gross Section Yielding Resistance



$$A_{g,DT} := 678\text{mm} \cdot t_p = 13560\text{mm}^2$$

$$Pr_{yr,DT} := \phi_y \cdot F_{y,50} \cdot A_{g,DT} = 4444.29\text{ kN}$$



$$A_{gDC} := 814\text{mm} \cdot t_p = 16280 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{yrDC} := \phi_y \cdot F_{y.50} \cdot A_{gDC} = 5335.77 \cdot \text{kN}$$

4.2.2 Net Section Fracture Resistance

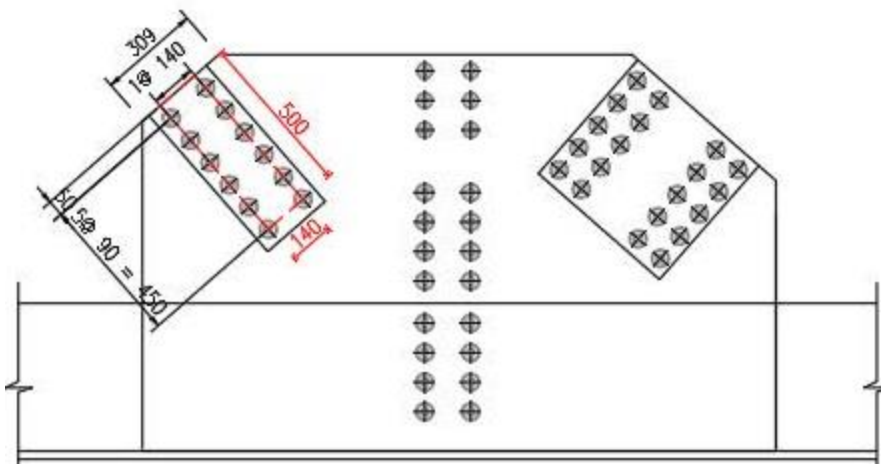
$$A_{nDT} := t_p \cdot [678\text{mm} - 2 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 12280 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{urDT} := \phi_u \cdot F_{u.50} \cdot A_{nDT} \cdot U = 4420.8 \cdot \text{kN}$$

$$A_{nDC} := t_p \cdot [814\text{mm} - 4 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 13720 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{urDC} := \phi_u \cdot F_{u.50} \cdot A_{nDC} \cdot U = 4939.2 \cdot \text{kN}$$

4.3 Block Shear Rupture Resistance



$$A_{tnDT} := t_p \cdot [140\text{mm} - 1 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 2160 \cdot \text{mm}^2$$

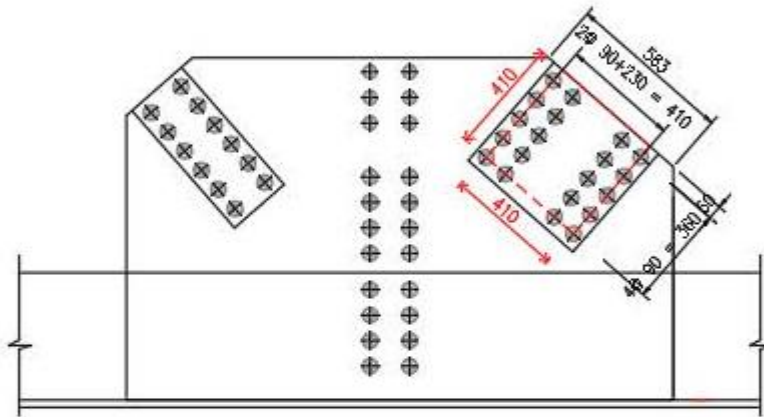
$$A_{tgDT} := 140\text{mm} \cdot t_p = 2800 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vnDT} := t_p \cdot [500\text{mm} - 5.5 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 6480 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vgDT} := 500\text{mm} \cdot t_p = 10000 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{bs,DT} := \begin{cases} \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{y,50} \cdot A_{vgDT} + F_{u,50} \cdot A_{tnDT}) \right] & \text{if } A_{tnDT} \geq 0.58 \cdot A_{vnDT} \\ \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{u,50} \cdot A_{vnDT} + F_{y,50} \cdot A_{tgDT}) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pr_{bs,DT} = 2125.824 \cdot \text{kN}$$



$$A_{tnDC} := t_p \cdot [410\text{mm} - 3 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 6280 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{tgDC} := 410\text{mm} \cdot t_p = 8200 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vnDC} := t_p \cdot [410\text{mm} - 4.5 \cdot (d_{30} + 2\text{mm})] = 5320 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vgDC} := 410\text{mm} \cdot t_p = 8200 \cdot \text{mm}^2$$

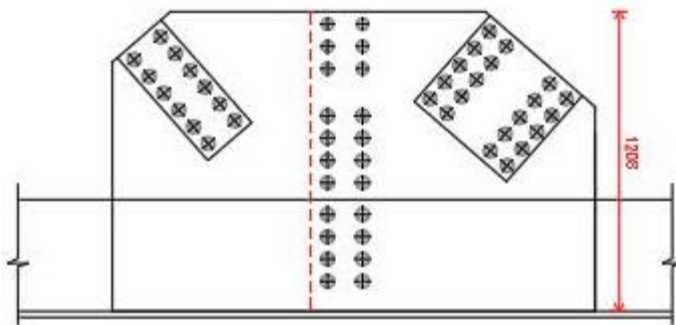
$$Pr_{bs,DC} := \begin{cases} \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{y,50} \cdot A_{vgDC} + F_{u,50} \cdot A_{tnDC}) \right] & \text{if } A_{tnDC} \geq 0.58 \cdot A_{vnDC} \\ \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{u,50} \cdot A_{vnDC} + F_{y,50} \cdot A_{tgDC}) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pr_{bs,DC} = 3573.456 \cdot \text{kN}$$

Comentario: Se observa que DC ha sido verificada también para efectos de tensión (fluencia, rotura y bloque de corte) a pesar que el elemento está sometido a compresión y, teóricamente no sufre estos efectos. Este criterio busca ser conservador al considerar los probables esfuerzos inversos en DC en condiciones accidentales.

4.4 Gusset Plate Subject to Vertical Shear

4.4.1 Gross Section Shear Yielding Resistance



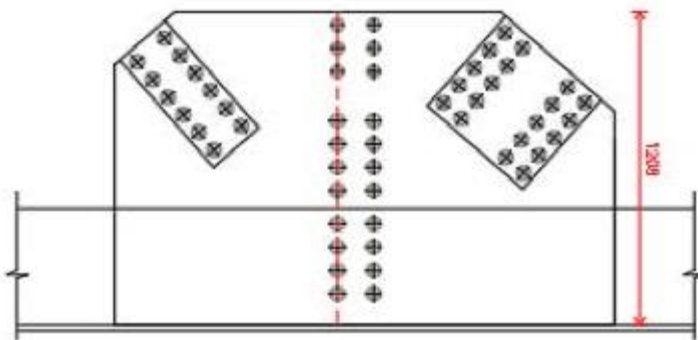
$$A_g := 1208 \text{ mm} \cdot t_p = 24160 \cdot \text{mm}^2$$

$$\Omega_{nl} := 0.74$$

$$V_{ry} := \phi_{vy} \cdot 0.58 \cdot F_y \cdot 50 \cdot A_g \cdot \Omega_{nl}$$

$$V_{ry} = 3398.594 \cdot \text{kN}$$

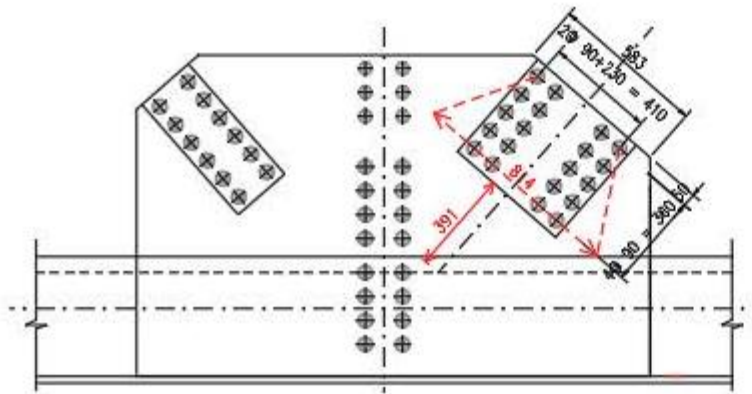
4.4.2 Net Section Shear Fracture Resistance



$$A_n := t_p \cdot [1208 \text{ mm} - 11 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 17120 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{ru} := \phi_{vu} \cdot 0.58 \cdot F_u \cdot 50 \cdot A_n = 3574.656 \cdot \text{kN}$$

4.5 Gussset Plate in Compresión



Comentario: Ingorando cualquier restricción lateral para la cartela, y usando el valor $K=1.2$ para unbraced gussset plates asumiendo la siguiente forma de pandeo.

$$I_g := \frac{814 \text{ mm} \cdot t_p^3}{12} = 542666.667 \cdot \text{mm}^4$$

$$A_{gp} := 814 \text{ mm} \cdot t_p = 1.628 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$K_1 := 1.2$$

$$r_s := \sqrt{\frac{I_g}{A_{gp}}} = 5.774 \cdot \text{mm}$$



$$L_1 := 0 \text{ mm} \quad L_2 := 391 \text{ mm} \quad L_3 := 0 \text{ mm}$$

$$L_i := \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} = 130.333 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda := \left(\frac{K_1 \cdot L_i}{r_s \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{F_{y,50}}{E_s} = 0.128$$

$$P_n := \begin{cases} 0.66^\lambda \cdot F_{y,50} \cdot A_{gp} & \text{if } \lambda < 2.25 \\ \text{"Revisar"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$P_n = 5325.11 \cdot \text{kN}$$

$$P_r := \phi_c \cdot P_n = 4792.599 \cdot \text{kN}$$

5. Resumen

Demandas:

$$Pu_{DT} := \frac{1}{2} \cdot [\gamma_{DC} \cdot (P1_{DC.pp} + P1_{DC.losa} + P1_{DC.vereda}) + \gamma_{DW} \cdot (P1_{DW}) + \gamma_{LL} \cdot (P1_{LL} + P1_{LL.ped})$$

$$Pu_{DT} = 1112 \cdot \text{kN}$$

$$Pu_{DC} := \frac{1}{2} \cdot [\gamma_{DC} \cdot (P2_{DC.pp} + P2_{DC.losa} + P2_{DC.vereda}) + \gamma_{DW} \cdot (P2_{DW}) + \gamma_{LL} \cdot (P2_{LL} + P2_{LL.ped})$$

$$Pu_{DC} = 794.625 \cdot \text{kN}$$

$$V_{R1} = 834.41 \cdot \text{kN}$$

Revisión en tensión.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$Pr_{DT} := \min(Pr_{br.DT}, Pr_{yr.DT}, Pr_{ur.DT}, Pr_{bs.DT}) = 2125.824 \cdot \text{kN}$$

$$Pr_{DC} := \min(Pr_{br.DC}, Pr_{yr.DC}, Pr_{ur.DC}, Pr_{bs.DC}) = 3573.456 \cdot \text{kN}$$

$$Ver_{DT} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la demanda"} & \text{if } Pu_{DT} < Pr_{DT} \\ \text{"FALLA"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_{DT} = \text{"OK, la cartela soporta la demanda"}$$

$$Ver_{DC} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la demanda"} & \text{if } Pu_{DC} < Pr_{DC} \\ \text{"FALLA"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_{DC} = \text{"OK, la cartela soporta la demanda"}$$

Revisión en corte.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$V_{ry} = 3398.594 \cdot \text{kN}$$

$$V_{ru} = 3574.656 \cdot \text{kN}$$

$$V_r := \min(V_{ry}, V_{ru}) = 3398.594 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_{\text{corte}} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta el corte"} & \text{if } V_r > V_{R1} \\ \text{"FALLA, por corte"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_{\text{corte}} = \text{"OK, la cartela soporta el corte"}$$

Revisión en compresión.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$P_r = 4792.599 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_{\text{comp}} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la compresión"} & \text{if } P_r > P_{uDC} \\ \text{"FALLA, la cartela se pandea"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_{\text{comp}} = \text{"OK, la cartela soporta la compresión"}$$

Gusset Plates Design (Nudo B)

1. Propiedades de los materiales.-

(AASHTO 2017)

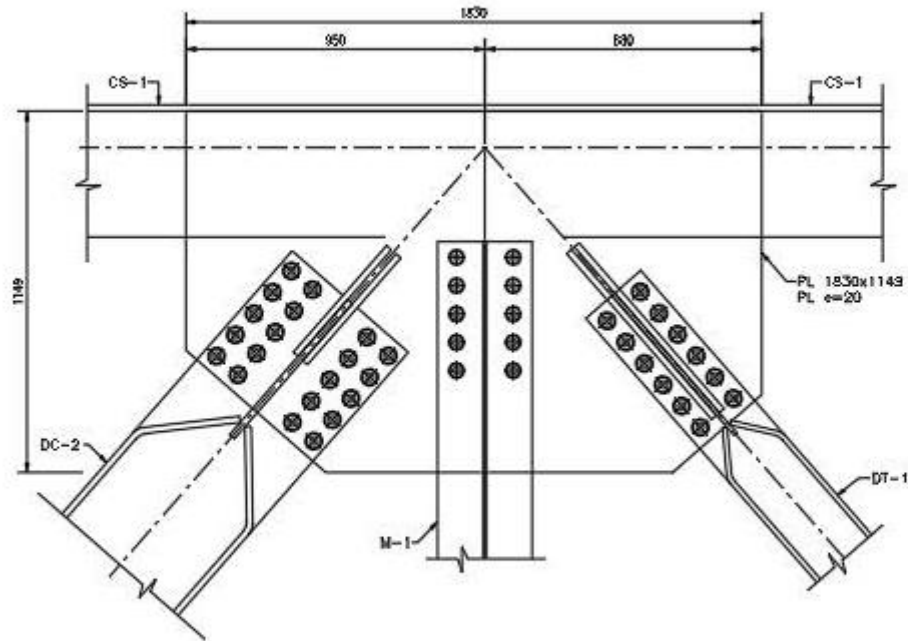
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{y.70} := 485 \text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 70:	$F_{u.70} := 620 \text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{y.50} := 345 \text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50:	$F_{u.50} := 450 \text{MPa}$
Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr.36:	$F_{y.36} := 250 \text{MPa}$
Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 36:	$F_{u.36} := 450 \text{MPa}$
Peso específico del acero:	$\gamma_s := 78.50 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Módulo de elasticidad:	$E_s := 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

2. Características de los conectores.-

Pernos A490.-

($\phi = \text{M27}$)	($\phi = \text{M30}$)	($\phi = \text{M36}$)
$Pt_{27} := 334 \text{kN}$	$Pt_{30} := 408 \text{kN}$	$Pt_{36} := 595 \text{kN}$
$d_{27} := 27 \text{mm}$	$d_{30} := 30 \text{mm}$	$d_{36} := 36 \text{mm}$
$Ab_{27} = 572.555 \cdot \text{mm}^2$	$Ab_{30} = 706.858 \cdot \text{mm}^2$	$Ab_{36} = 1.018 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

3. Geometría de la conexión

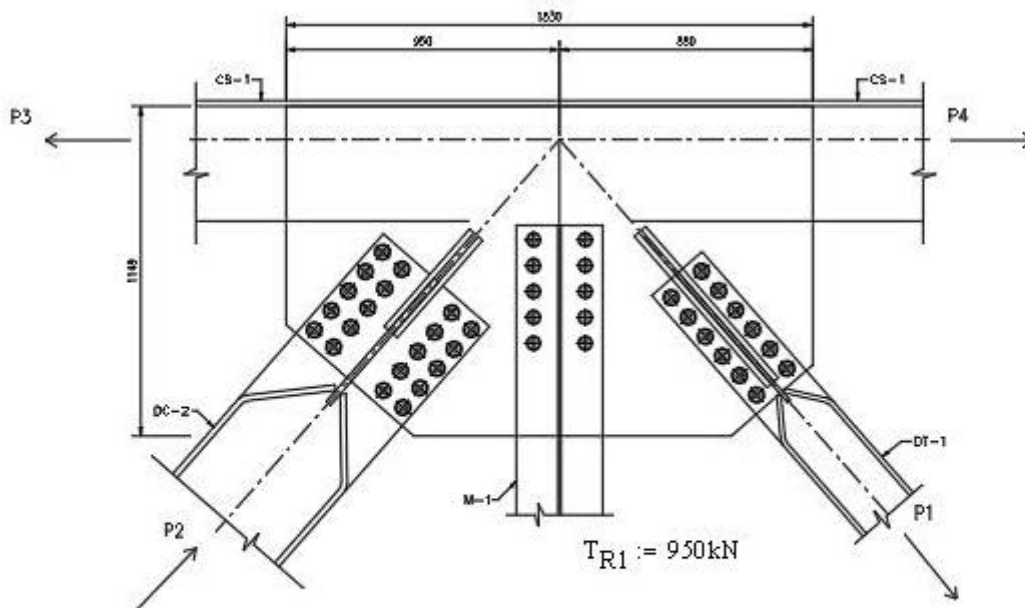


$b_p := 1830\text{mm}$	$n_{DT} := 12$	$\phi_y := 0.95$	$\gamma_{DC} := 1.25$
$h_p := 1149\text{mm}$	$n_{DC} := 20$	$\phi_u := 0.80$	$\gamma_{DW} := 1.5$
$t_p := 20\text{mm}$	$n_{MT} := 10$	$\phi_{bs} := 0.80$	$\gamma_{LL} := 1.75$
		$\phi_{vy} := 0.95$	
		$\phi_{vu} := 0.80$	
		$\phi_c := 0.9$	
		$U := 1$	

Comentario: Para el análisis de Demanda/Capacidad se utilizó la menor resistencia de la sección, este criterio busca ser conservador y simplificar el análisis. Adicionalmente se indica que el valor de la demanda indicada en el capítulo siguiente es el total actuante para dos cartelas, motivo por el cuál la demanda se divide entre dos en el resumen.

*Para la determinación de las áreas netas y gruesas, las secciones efectivas de la cartela en el análisis se determinaron por el **método de Whitmore**.*

4. Análisis y diseño de la conexión



$P1_{DC.losa} := 566\text{kN}$	$P2_{DC.losa} := 793\text{kN}$	$P3_{DC.losa} := 1449\text{kN}$	$P4_{DC.losa} := 1449\text{kN}$
$P1_{DC.vereda} := 88\text{kN}$	$P2_{DC.vereda} := 122\text{kN}$	$P3_{DC.vereda} := 223\text{kN}$	$P4_{DC.vereda} := 223\text{kN}$
$P1_{DC.pp} := 161\text{kN}$	$P2_{DC.pp} := 261\text{kN}$	$P3_{DC.pp} := 433\text{kN}$	$P4_{DC.pp} := 433\text{kN}$
$P1_{DW} := 61\text{kN}$	$P2_{DW} := 85\text{kN}$	$P3_{DW} := 156\text{kN}$	$P4_{DW} := 136\text{kN}$
$P1_{LL} := 547\text{kN}$	$P2_{LL} := 646\text{kN}$	$P3_{LL} := 1002\text{kN}$	$P4_{LL} := 1002\text{kN}$
$P1_{LL.ped} := 93\text{kN}$	$P2_{LL.ped} := 130\text{kN}$	$P3_{LL.ped} := 238\text{kN}$	$P4_{LL.ped} := 238\text{kN}$

4.1 Resistance of fasteners

4.1.1 Fasteners at DT and DC

Resistencia de un perno:

$$R_n = K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30}$$

$$K_h := 1$$

$$K_s := 0.30$$

$$N_s := 1$$

$$R_n := K_h \cdot K_s \cdot N_s \cdot P_{t30} = 122.4 \text{ kN}$$

4.1.2 Plate Bearing Resistance at Fasteners

Distancia libre entre agujeros: $C_d := 90\text{mm} - (d_{30} + 2\text{mm})$

$$C_d = 58\text{mm}$$

Distancia libre en el borde del miembro: $C_{ed} := 50\text{mm} - \left(\frac{d_{30} + 2\text{mm}}{2}\right)$

$$C_{ed} = 34\text{mm}$$

$$Rn_{br} := \begin{cases} (2.4 \cdot d_{30} \cdot t_p \cdot F_{u,50}) & \text{if } C_d \wedge C_{ed} > 2 \cdot d_{30} \\ (1.2 \cdot \min(C_d, C_{ed}) \cdot t_p \cdot F_{u,50}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

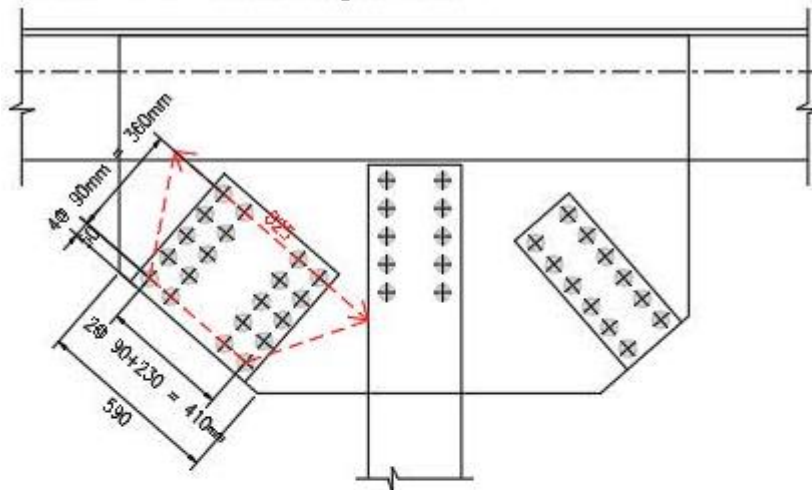
$$Rn_{br} = 367.2 \cdot \text{kN}$$

Resistencia total en la conexión: $Pr_{br,DT} := n_{DT} \cdot Rn_{br} = 4406.4 \cdot \text{kN}$

$$Pr_{br,DC} := n_{DC} \cdot Rn_{br} = 7344 \cdot \text{kN}$$

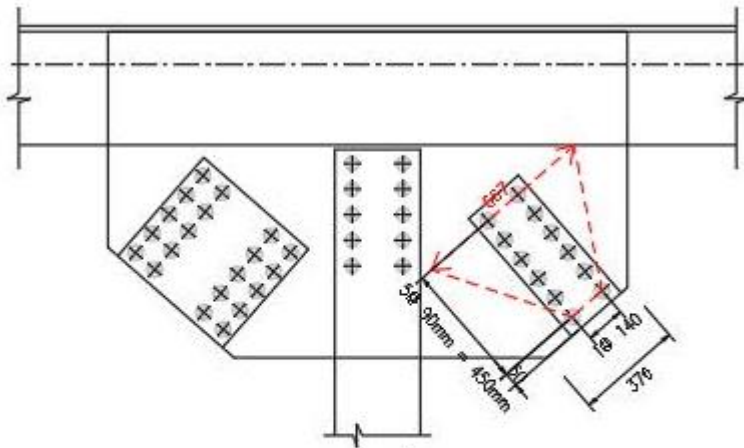
4.2 Resistance of Gusset Plate

4.2.1 Gross Section Yielding Resistance



$$A_{g,DT} := 825\text{mm} \cdot t_p = 16500 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{yr,DT} := \phi_y \cdot F_{y,50} \cdot A_{g,DT} = 5407.875 \cdot \text{kN}$$



$$A_{gDC} := 667 \text{ mm} \cdot t_p = 13340 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{yr,DC} := \phi_y \cdot F_{y,50} \cdot A_{g,DC} = 4372.185 \cdot \text{kN}$$

4.2.2 Net Section Fracture Resistance

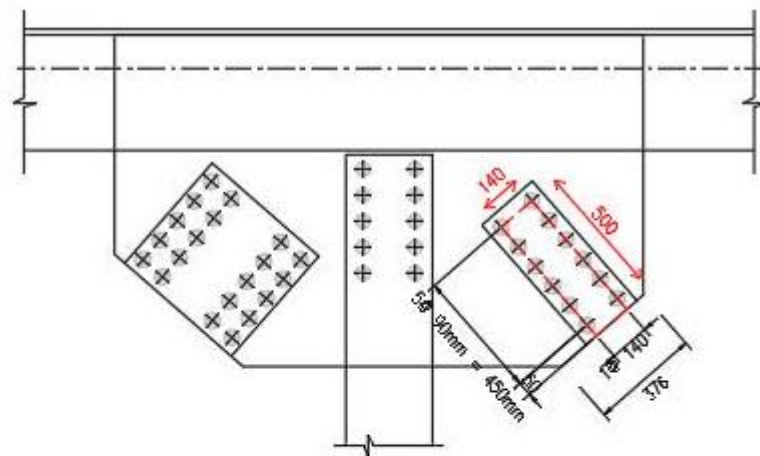
$$A_{n,DT} := t_p \cdot [825 \text{ mm} - 2 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 15220 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{ur,DT} := \phi_u \cdot F_{u,50} \cdot A_{n,DT} \cdot U = 5479.2 \cdot \text{kN}$$

$$A_{n,DC} := t_p \cdot [667 \text{ mm} - 4 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 10780 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{ur,DC} := \phi_u \cdot F_{u,50} \cdot A_{n,DC} \cdot U = 3880.8 \cdot \text{kN}$$

4.3 Block Shear Rupture Resistance



$$A_{tnDT} := t_p \cdot [140 \text{ mm} - 1 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 2160 \cdot \text{mm}^2$$

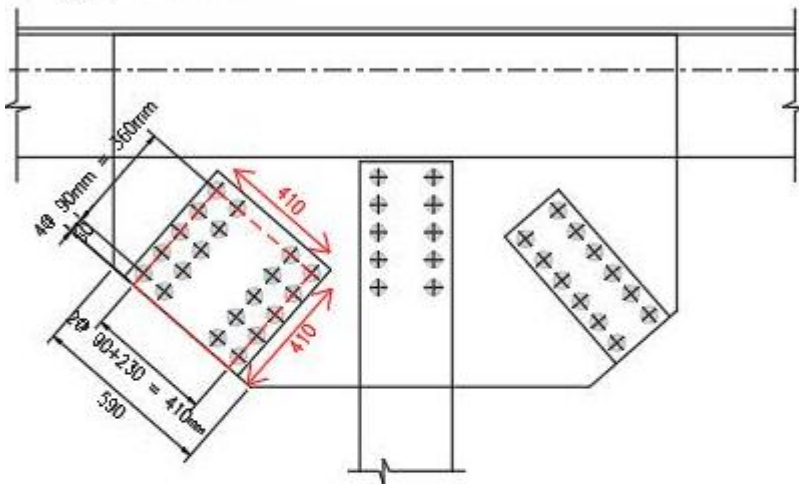
$$A_{tgDT} := 140 \text{ mm} \cdot t_p = 2800 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vnDT} := t_p \cdot [500 \text{ mm} - 5.5 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 6480 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vgDT} := 500 \text{ mm} \cdot t_p = 10000 \cdot \text{mm}^2$$

$$Pr_{bsDT} := \begin{cases} \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{y.50} \cdot A_{vgDT} + F_{u.50} \cdot A_{tnDT}) \right] & \text{if } A_{tnDT} \geq 0.58 \cdot A_{vnDT} \\ \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{u.50} \cdot A_{vnDT} + F_{y.50} \cdot A_{tgDT}) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pr_{bsDT} = 2125.824 \cdot \text{kN}$$



$$A_{tnDC} := t_p \cdot [410 \text{ mm} - 3 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 6280 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{tgDC} := 410 \text{ mm} \cdot t_p = 8200 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vnDC} := t_p \cdot [410 \text{ mm} - 4.5 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 5320 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{vgDC} := 410 \text{ mm} \cdot t_p = 8200 \cdot \text{mm}^2$$

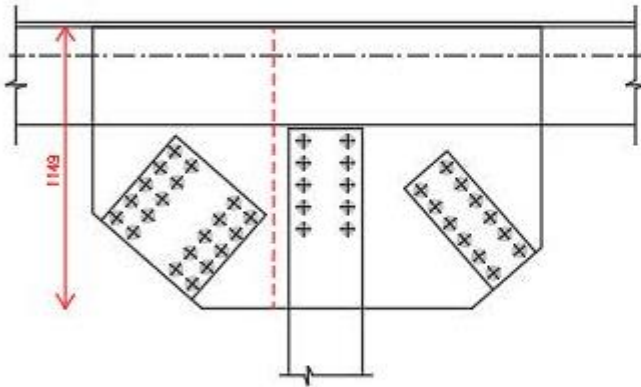
$$Pr_{bsDC} := \begin{cases} \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{y.50} \cdot A_{vgDC} + F_{u.50} \cdot A_{tnDC}) \right] & \text{if } A_{tnDC} \geq 0.58 \cdot A_{vnDC} \\ \left[\phi_{bs} \cdot (0.58 \cdot F_{u.50} \cdot A_{vnDC} + F_{y.50} \cdot A_{tgDC}) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pr_{bsDC} = 3573.456 \cdot \text{kN}$$

Comentario: Se observa que DC ha sido verificada también para efectos de tensión (fluencia, rotura y bloque de corte) a pesar que el elemento está sometido a compresión y, teóricamente no sufre estos efectos. Este criterio busca ser conservador al considerar los probables esfuerzos inversos en DC en condiciones accidentales.

4.4 Gusset Plate Subject to Vertical Shear

4.4.1 Gross Section Shear Yielding Resistance



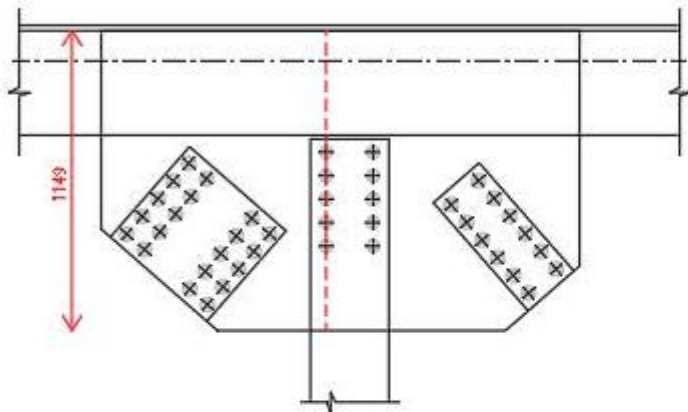
$$A_g := 1149 \text{ mm} \cdot t_p = 22980 \cdot \text{mm}^2$$

$$\Omega_{nl} := 0.74$$

$$V_{ry} := \phi_{vy} \cdot 0.58 \cdot F_y \cdot 50 \cdot A_g \cdot \Omega_{nl}$$

$$V_{ry} = 3232.603 \cdot \text{kN}$$

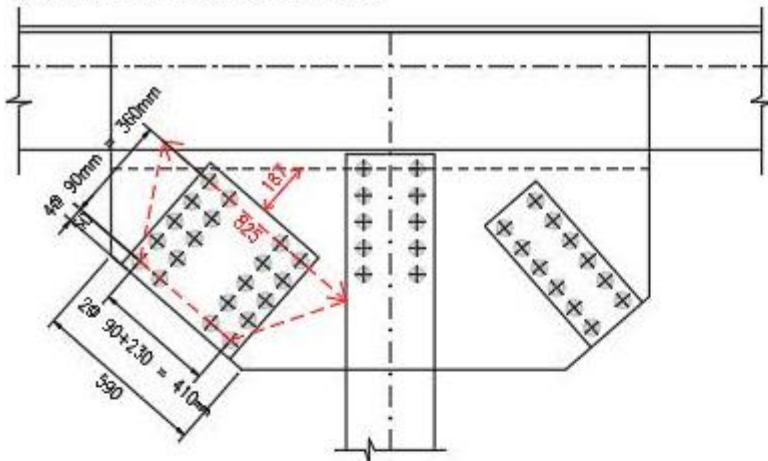
4.4.2 Net Section Shear Fracture Resistance



$$A_n := t_p \cdot [1149 \text{ mm} - 5 \cdot (d_{30} + 2 \text{ mm})] = 19780 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{ru} := \phi_{vu} \cdot 0.58 \cdot F_u \cdot 50 \cdot A_n = 4130.064 \cdot \text{kN}$$

4.5 Gusset Plate in Compresión



Comentario: Ingerando cualquier restricción lateral para la cartela, y usando el valor $K=1.2$ para unbraced gusset plates asumiendo la siguiente forma de pandeo.

$$I_g := \frac{825 \text{ mm} \cdot t_p^3}{12} = 550000 \cdot \text{mm}^4$$

$$A_{gp} := 825 \text{ mm} \cdot t_p = 1.65 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$$

$$K_1 := 1.2$$

$$r_s := \sqrt{\frac{I_g}{A_{gp}}} = 5.774 \cdot \text{mm}$$



$$L_1 := 0 \text{ mm} \quad L_2 := 187 \text{ mm} \quad L_3 := 0 \text{ mm}$$

$$L_i := \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} = 62.333 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda := \left(\frac{K_1 \cdot L_i}{r_s \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{F_{y.50}}{E_s} = 0.029$$

$$P_n := \begin{cases} 0.66 \lambda \cdot F_{y.50} \cdot A_{gp} & \text{if } \lambda < 2.25 \\ \text{"Revisar"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$P_n = 5623.53 \cdot \text{kN}$$

$$P_r := \phi_c \cdot P_n = 5061.177 \cdot \text{kN}$$

5. Resumen

Demandas:

$$Pu_{DT} := \frac{1}{2} \cdot [\gamma_{DC} \cdot (P1_{DC.pp} + P1_{DC.losa} + P1_{DC.vereda}) + \gamma_{DW} \cdot (P1_{DW}) + \gamma_{LL} \cdot (P1_{LL} + P1_{LL.ped})]$$

$$Pu_{DT} = 1115.125 \cdot \text{kN}$$

$$Pu_{DC} := \frac{1}{2} \cdot [\gamma_{DC} \cdot (P2_{DC.pp} + P2_{DC.losa} + P2_{DC.vereda}) + \gamma_{DW} \cdot (P2_{DW}) + \gamma_{LL} \cdot (P2_{LL} + P2_{LL.ped})]$$

$$Pu_{DC} = 1477.75 \cdot \text{kN}$$

$$T_{R1} = 950 \cdot \text{kN}$$

Revisión en tensión.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$Pr_{DT} := \min(Pr_{br.DT}, Pr_{yr.DT}, Pr_{ur.DT}, Pr_{bs.DT}) = 2125.824 \cdot \text{kN}$$

$$Pr_{DC} := \min(Pr_{br.DC}, Pr_{yr.DC}, Pr_{ur.DC}, Pr_{bs.DC}) = 3573.456 \cdot \text{kN}$$

$$Ver_{DT} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la demanda"} & \text{if } Pu_{DT} < Pr_{DT} \\ \text{"FALLA"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_{DT} = \text{"OK, la cartela soporta la demanda"}$$

$$Ver_{DC} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la demanda"} & \text{if } Pu_{DC} < Pr_{DC} \\ \text{"FALLA"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Ver_{DC} = \text{"OK, la cartela soporta la demanda"}$$

Revisión en corte.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$V_{ry} = 3232.603 \cdot \text{kN}$$

$$V_{ru} = 4130.064 \cdot \text{kN}$$

$$V_r := \min(V_{ry}, V_{ru}) = 3232.603 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_{\text{corte}} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta el corte"} & \text{if } V_r > T_{R1} \\ \text{"FALLA, por corte"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_{\text{corte}} = \text{"OK, la cartela soporta el corte"}$$

Revisión en compresión.-

Fuerza que gobierna la capacidad de la sección:

$$P_r = 5061.177 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_{\text{comp}} := \begin{cases} \text{"OK, la cartela soporta la compresión"} & \text{if } P_r > P_{uDC} \\ \text{"FALLA, la cartela se pandea"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

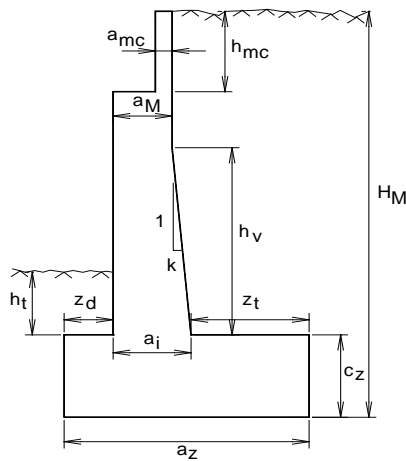
$$\text{Ver}_{\text{comp}} = \text{"OK, la cartela soporta la compresión"}$$

3.1.5 INFRAESTRUCTURA

DISEÑO DE ESTRIBOS

Diseño de Estribo 1 (Derecho)
Puente Laquipampa

ancho,min= 1.04



- $H_M = 9.40\text{m}$
- $a_z = 7.10\text{m}$
- $h_{mc} = 1.65\text{m}$
- $a_{mc} = 0.50\text{m}$
- $a_M = 1.00\text{m}$
- $h_v = 0.00\text{m}$
- $k = 0$
- $z_d = 2.10\text{m}$
- $c_z = 1.00\text{m}$
- $a_i = 1.00\text{m}$
- $z_t = 4.00\text{m}$
- $h_t = 0.50\text{m}$
- $\phi = 30.0^\circ$ (fricción del relleno)
- $\delta = 15.00^\circ$ (ángulo relleno muro)
- $\phi' = 30^\circ$ (fricción del terreno con el muro)
- Coficiente de Aceleración = 0.36
- Cof.sismico = 0.18
- coef hz = 0.180
- coef vert = 0.090
- coef. fricción f = 0.577
- Long. Muro (m) 1.00

	Carga (kN/m)	Bra Hz (m)	Bra Ver (m)
Carga vertical permanente externa	307.50	2.60	7.75
Carga vertical variable externa	151.67	2.60	
Fuerza de Frenado	13.33		11.20
Carga sísmica horizontal externa (Teoría de Rankine)	71.67		7.75

$K_a = 0.333$

p.e. relleno = 20.0 kN/m³
p.e. concreto = 25.0 kN/m³
 $\sigma_{adm} = 100.00 \text{ kgf/cm}^2$

Altura equivalente de suelo para la carga vehicular de estribos
use $h_{eq} = 0.60\text{m}$
 $W_L = 12.00 \text{ kN/m}^2$

Cargas verticales y horizontales no factoradas

	Cargas verticales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	DC Peso muro	366.88	3.074	1127.66
2	EV Peso relleno	672.00	5.100	3427.20
3	DC Carga vertical permanente externa	307.50	2.6	799.50
4	LL Carga vertical variable externa	151.67	2.6	394.33
5	EH Comp.vert. Empuje	76.23	7.1	541.24
6	LS SC sobre relleno	48.00	5.10	244.80
2	EV Peso relleno en punta	21.00	1.05	22.05

	Cargas horizontales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	EH Comp.hz Empuje	284.50	3.133	891.43
2	LS Empuje por sobrecarga	37.60	4.700	176.72
3	EQ Empuje tierra por sismo (Mononobe Okabe)	104.53	5.640	589.55
4	EQ Fuerza inercial del muro + relleno	125.29	4.330	542.49
5	BR Fza de Frenado	13.33	11.200	149.33
6	CR+SH+TU Fluenc, contrac,temp	30.75	7.750	238.31
7	EQ Carga sísmica horizontal externa	71.67	7.750	555.42
8	EQp Empuje dinámico pasivo (30% de coulomb)	7.90	0.333	2.63

Combinaciones de Carga

	DC	EV	EH*	LL	BR	LS	CR+SH+TU	EQ
Resistencia I	1.25	1.35	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia Ia	0.90	1.00	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia III	1.25	1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Resistencia IIIa	0.90	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Evento Extremo I	1.25	1.35	1.50	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00
Evento Extremo Ia	0.90	1.00	1.50	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00

maximo minimo
 * 1.35 0.90 Coeficiente de reposo
 1.50 0.90 Coeficiente activo

β	0.00°	0.00 rad
ϕ	30.00°	0.52 rad
θ	11.19°	0.20 rad
δ	15.00°	0.26 rad
$< i$	0.00°	0.00 rad

$k_{AE} = 0.450$

$E_{activo} = 257.26 \text{ kN}$

$\Delta E = 104.53 \text{ kN}$

$E_{AE} = 361.79 \text{ kN}$

coef hz = 0.18

coef vert = 0.09

(empuje activo horizontal de tierras, utilizado para el evento extremo I y Ia)
 (empuje de tierras debido al sismo - empuje de tierras sin sismo)

Estabilidad y condiciones de seguridad

Exentricidad

	V_L	H_L	M_v	M_H	X_o	e	$e_{m\acute{a}x}$	Margen de dise\~{n}o %
Resistencia I	2242.28	531.25	8995.77	2026.89	3.108	0.442	1.775	75.10
Resistencia Ia	1679.70	531.25	6685.63	2026.89	2.774	0.776	1.775	56.26
Resistencia III	1892.86	442.12	7877.29	1456.29	3.392	0.158	1.775	91.11
Resistencia IIIa	1414.28	442.12	5995.55	1456.29	3.210	0.340	1.775	80.82
Evento Extremo I	1992.70	703.14	8196.86	3185.00	2.515	1.035	2.367	56.27
Evento Extremo Ia	1438.28	703.14	6117.95	3185.00	2.039	1.511	2.367	36.16
Servicio I	1643.27		6556.78	1455.79	3.104	0.446		

Deslizamiento

	V_L	u	F_r	Φ_s	$\Phi_s \cdot F_r$	H_L	Margen de dise\~{n}o %
Resistencia I	2242.28	0.58	1294.58	0.80	1035.666	531.25	48.70
Resistencia Ia	1679.70	0.58	969.78	0.80	775.820	531.25	31.52
Resistencia III	1892.86	0.58	1092.85	0.80	874.277	442.12	49.43
Resistencia IIIa	1414.28	0.58	816.54	0.80	653.230	442.12	32.32
Evento Extremo I	1992.70	0.58	1150.48	1.00	1150.485	703.14	38.88
Evento Extremo Ia	1438.28	0.58	830.39	1.00	830.393	703.14	15.32

Capacidad portante

$\sigma_{\acute{u}lt} = FS \cdot \sigma_{adm} \cdot \phi_r = 16.820 \text{ MPa}$

Presi\~{o}n trapezoidal

Presi\~{o}n rectangular equivalente

	(1) V_L/B	(2) $6V_L \cdot e/B^2$	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Mpa)	$\sigma_{m\acute{i}n}$ (Mpa)	Long. Comprimida	σ_m (Mpa)	
Resistencia I	315.81	117.98	0.434	0.198	7.100	0.361	< 16.82
Resistencia Ia	236.58	155.23	0.392	0.081	7.100	0.303	< 16.82
Resistencia III	266.60	35.55	0.302	0.231	7.100	0.279	< 16.82
Resistencia IIIa	199.19	57.30	0.256	0.142	7.100	0.220	< 16.82
Evento Extremo I	280.66	245.45	0.526	0.035	7.100	0.396	< 22.37
Servicio I	231.45	87.20	0.319	0.144	7.100	0.265	< 10.194

DISEÑO

altura zapata =	1.00m	fy =	420 MPa	
espesor garganta pantalla =	1.00m	f'c =	28 MPa	H = 9.40m
long punta =	2.10m			
long. Talon =	4.00m			

ZAPATA ANTERIOR (PUNTA)

Considerando zapata flexible

Resistencia I

$$Mu = 836.3 \text{ kN.m}$$

$$d = 93.7 \text{ cm}$$

$$As = 24.16 \text{ cm}^2$$

$$1.2M_{cr} = 666.7 \text{ kN.m}$$

$$As_{cr} = 19.17 \text{ cm}^2$$

Familia	ϕ_1
ϕ (pulg)	1
sep(cm)	15 cm
Adisp ^(*)	33.78

Zapata rígida

$$USE As = 24.16 \text{ cm}^2$$

se resuelve por el método puntal tirante

	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (kN/m ²)	$\sigma_{m\acute{i}n}$ (kN/m ²)	Long. Comprimida:	σ_d (kN/m ²)	R1d (kN)	x1 (m)	0.85*d (x)	T (kN)	As (cm ²)
Resistencia I	433.79	197.84	7.100	355.69	854.21	1.217	0.796	1305.34	34.53
Resistencia Ia	391.81	81.35	7.100	289.05	747.13	1.238	0.796	1161.62	30.73
Resistencia III	302.15	231.05	7.100	278.62	608.96	1.193	0.796	912.00	24.13
Resistencia IIIa	256.50	141.89	7.100	218.57	505.33	1.210	0.796	767.42	20.30
Evento Extremo I	526.12	35.21	7.100	363.63	972.02	1.252	0.796	1527.90	36.38

ZAPATA POSTERIOR (TALON)

	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (kN/m ²)	$\sigma_{m\acute{i}n}$ (kN/m ²)	Long. Comprimida	σ_d (kN/m ²)	Md (kN.m)	As cm ²	As _{min} cm ²	As _{requer.} cm ²
Resistencia I	433.79	197.84	7.100	330.77	295.22	8.40	19.17	11.20
Resistencia Ia	391.81	81.35	7.100	256.25	406.80	11.61	19.17	15.48
Resistencia III	302.15	231.05	7.100	271.11	109.17	3.09	19.17	4.12
Resistencia IIIa	256.50	141.89	7.100	206.46	216.69	6.15	19.17	8.20
Evento Extremo I	526.12	35.21	7.100	311.78	1093.22	28.55	19.17	28.55

$$USE As = 28.55 \text{ cm}^2$$

Familia	ϕ_2
ϕ (pulg)	1
sep(cm)	15 cm
Adisp ^(*)	34.95

18%

Fisuración (SERVICIO I)

$$M = 224.02 \text{ kN.m}$$

$$Es = 200000 \text{ Mpa}$$

$$As_{dispuesto} = 34.95 \text{ cm}^2$$

$$Ec = 26752.5 \text{ MPa}$$

$$n = 7.5$$

relación modular

$$fs = 73.57 \text{ MPa}$$

Esfuerzo actuante en el acero

$$\gamma_c = 0.500$$

para estructuras enterradas y en contacto con el agua

$$\beta_s = 1.075$$

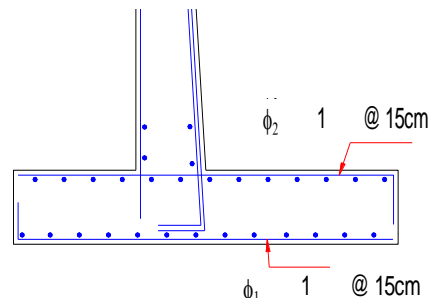
$$\text{Espac. máx} = 300 \text{ mm}$$

Refuerzo transversal

Se suministrará en las superficies expuestas por efecto de contracción y temperatura

$$A_s \geq \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b + h) \cdot f_y} \quad As > 7.83 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$USE \phi \quad 3/4 @ 35\text{cm}$$



Cálculo a FlexoCompresión de la Pantalla

h = 8.40m

Por Resistencia

Mu = 1603.8 kN.m
Nu = 866.677 kN



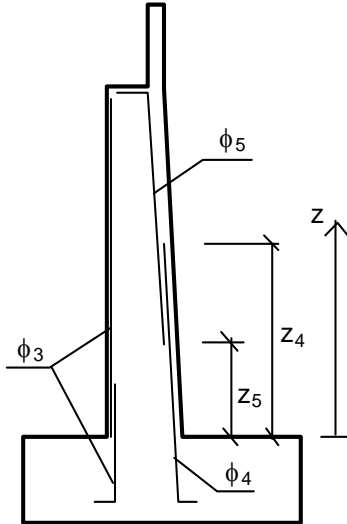
$\eta = 0.95$
As = 47.38 cm²

Por evento Extremo

Mu = 1928.2 kN.m

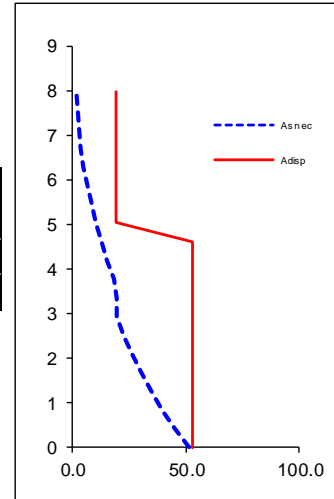


As = 51.48 cm²



Familia	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5
ϕ (pulg)	5/8	1	3/4
sep(cm)	15.0 cm	15.0 cm	15.0 cm
Adisp(*)	13.20	52.78	

Intervalo de armadura	
z ₄ (m)	5.00
z ₅ (m)	0.00



Comprobación a cortante

Vu = 369.453 kN
d_v = 84.357 cm
ag = 3/4 in
 $\epsilon_x (\times 10^3) = 1.666$
s_{xe} = 842 mm
 $\theta = 32.4$
 $\beta = 2.86$
Vc = 1059.61 BIEN

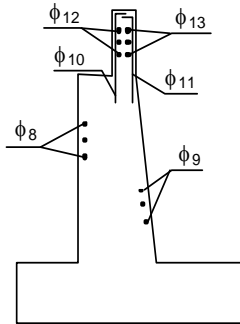
(Tamaño del agregado)

Comprobación a Fisuración

M = 1120.80 kN.m
A_{Sdispuesto} = 52.78 cm²
n = 7.5
fs = 247.28 MPa
 $\gamma_c = 0.700$
 $\beta_s = 1.075$
Espac.máx = 22.4 cm

Es = 200000 Mpa
Ec = 26752.5 MPa
relación modular
Esfuerzo actuante en el acero

Resto de armadura

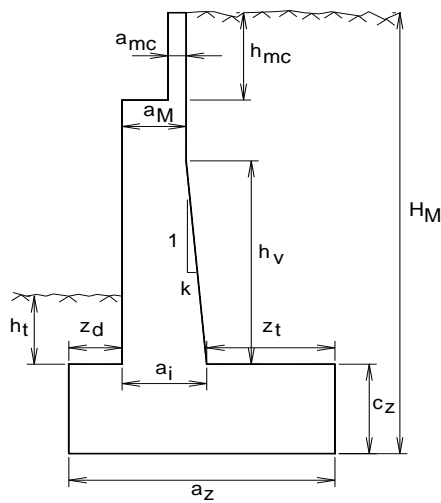


espesor del muro contra = 0.50m
 cuantía geométrica horizontal de muro = 1.80 o/oo
 cuantía geométrica vertical de muro = 1.80 o/oo

Familia	$\phi_8 + \phi_9$		$\phi_{10} + \phi_{11}$		$\phi_{12} + \phi_{13}$	
Anec(*) (cm)	18.0		9.0		9.0	
ϕ (in)	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
sep (cm)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Adisp (cm)	26.4		26.4		26.4	

(*) Armadura necesaria estrictamente por cuantía geométrica

Diseño de Estribo 2 (Izquierdo)
Puente Laquipampa



$H_M = 7.30\text{m}$
 $a_z = 5.00\text{m}$
 $h_{mc} = 1.65\text{m}$
 $a_{mc} = 0.50\text{m}$
 $a_M = 0.90\text{m}$
 $h_v = 0.00\text{m}$
 $k = 0$
 $z_d = 1.50\text{m}$
 $c_z = 0.80\text{m}$
 $a_i = 0.90\text{m}$
 $z_t = 2.60\text{m}$
 $h_t = 0.50\text{m}$

< fricción del relleno $\phi = 30.0^\circ$
 ángulo relleno muro $\delta = 15.00^\circ$
 < fricción del terreno con el muro $\phi' = 30^\circ$
 Coeficiente de Aceleración = 0.36
 Coef. sísmico = 0.18
 coef hz = 0.180
 coef vert = 0.090
 coef. fricción f = 0.577
 Long. Muro (m) 1.00

	Carga (kN/m)	Bra Hz (m)	Bra Ver (m)
Carga vertical permanente externa	307.50	1.95	5.65
Carga vertical variable externa	151.67	1.95	
Fuerza de Frenado	13.33		9.10
Carga sísmica horizontal externa	71.67		5.65

(Teoría de Rankine)

$K_a = 0.333$

p.e. relleno = 20.0 kN/m³

p.e. concreto = 25.0 kN/m³

$\sigma_{adm} = 100.00 \text{ kgf/cm}^2$

Altura equivalente de suelo para la carga vehicular de estribos

use $h_{eq} = 0.60\text{m}$

$W_L = 12.00 \text{ kN/m}^2$

Cargas verticales y horizontales no factoradas

	Cargas verticales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	DC Peso muro	229.75	2.207	507.14
2	EV Peso relleno	338.00	3.700	1250.60
3	DC Carga vertical permanente externa	307.50	1.95	599.63
4	LL Carga vertical variable externa	151.67	1.95	295.76
5	EH Comp.vert. Empuje	45.97	5	229.87
6	LS SC sobre relleno	31.20	3.70	115.44
2	EV Peso relleno en punta	15.00	0.75	11.25

	Cargas horizontales Items	Fuerza (kN)	Brazo (m)	Momento (kN.m)
1	EH Comp.hz Empuje	171.58	2.433	417.51
2	LS Empuje por sobrecarga	29.20	3.650	106.58
3	EQ Empuje tierra por sismo (Mononobe Okabe)	63.04	4.380	276.13
4	EQ Fuerza inercial del muro + relleno	68.47	3.337	228.46
5	BR Fza de Frenado	13.33	9.100	121.30
6	CR+SH+TU Fluenc, contrac,temp	30.75	5.650	173.74
7	EQ Carga sísmica horizontal externa	71.67	5.650	404.94
8	EQp Empuje dinámico pasivo (30% de coulomb)	5.06	0.267	1.35

Combinaciones de Carga

	DC	EV	EH*	LL	BR	LS	CR+SH+TU	EQ
Resistencia I	1.25	1.35	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia Ia	0.90	1.00	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	0.00
Resistencia III	1.25	1.35	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Resistencia IIIa	0.90	1.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
Evento Extremo I	1.25	1.35	1.50	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00
Evento Extremo Ia	0.90	1.00	1.50	0.50	0.50	0.50	0.00	1.00

maximo minimo
 * 1.35 0.90 Coeficiente de reposo
 1.50 0.90 Coeficiente activo

β	0.00°	0.00 rad
ϕ	30.00°	0.52 rad
θ	11.19°	0.20 rad
δ	15.00°	0.26 rad
$< \iota$	0.00°	0.00 rad

$k_{AE} = 0.450$
 $E_{activo} = 155.15 \text{ kN}$
 $\Delta E = 63.04 \text{ kN}$
 $E_{AE} = 218.19 \text{ kN}$

(empuje activo horizontal de tierras, utilizado para el evento extremo I y I)
 (empuje de tierras debido al sismo - empuje de tierras sin sismo)

Estabilidad y condiciones de seguridad

coef hz = 0.18
 coef vert = 0.09

Exentricidad

	V_L	H_L	M_v	M_H	X_o	e	$e_{m\acute{a}x}$	Margen de dise\~{n}o %
Resistencia I	1537.10	347.17	4151.36	1111.93	1.977	0.523	1.250	58.19
Resistencia Ia	1170.91	347.17	3120.32	1111.93	1.715	0.785	1.250	37.22
Resistencia III	1217.07	272.75	3431.76	713.14	2.234	0.266	1.250	78.70
Resistencia IIIa	905.49	272.75	2602.75	713.14	2.087	0.413	1.250	66.95
Evento Extremo I	1308.51	450.72	3637.36	1648.39	1.520	0.980	1.667	41.20
Evento Extremo Ia	921.09	450.72	2660.47	1648.39	1.099	1.401	1.667	15.93
Servicio I	1119.09		3009.68	819.13	1.957	0.543		

Deslizamiento

	V_L	u	F_r	Φ_s	$\Phi_s \cdot F_r$	H_L	Margen de dise\~{n}o %
Resistencia I	1537.10	0.58	887.44	0.80	709.955	347.17	51.10
Resistencia Ia	1170.91	0.58	676.03	0.80	540.820	347.17	35.81
Resistencia III	1217.07	0.58	702.68	0.80	562.143	272.75	51.48
Resistencia IIIa	905.49	0.58	522.78	0.80	418.227	272.75	34.79
Evento Extremo I	1308.51	0.58	755.47	1.00	755.469	450.72	40.34
Evento Extremo Ia	921.09	0.58	531.79	1.00	531.790	450.72	15.24

Capacidad portante

$\sigma_{\acute{u}lt} = FS \cdot \sigma_{adm} \cdot \varphi_r = 16.820 \text{ MPa}$

Presi3n trapezoidal

Presi3n rectangular equivalente

	(1) V_L/B	(2) $6V_L \cdot e/B^2$	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (Mpa)	$\sigma_{m\acute{i}n}$ (Mpa)	Long. Comprimida	σ_m (Mpa)	
Resistencia I	307.42	192.80	0.500	0.115	5.000	0.389	< 16.82
Resistencia Ia	234.18	220.53	0.455	0.014	5.000	0.341	< 16.82
Resistencia III	243.41	77.78	0.321	0.166	5.000	0.272	< 16.82
Resistencia IIIa	181.10	89.79	0.271	0.091	5.000	0.217	< 16.82
Evento Extremo I	261.70	307.75	0.574	0.000	4.560	0.430	< 22.37
Servicio I	223.82	145.72	0.370	0.078	5.000	0.286	< 10.194

DISEÑO

altura zapata =	0.80m	$f_y =$	420 MPa	
espesor garganta pantalla =	0.90m	$f'_c =$	28 MPa	H = 7.30m
long punta =	1.50m			
long. Talon =	2.60m			

ZAPATA ANTERIOR (PUNTA)

Considerando zapata flexible

Resistencia I

$$M_u = 491.2 \text{ kN.m}$$

$$d = 73.7 \text{ cm}$$

$$A_s = 18.02 \text{ cm}^2$$

$$1.2M_{cr} = 426.7 \text{ kN.m}$$

$$A_{s_{cr}} = 15.61 \text{ cm}^2$$

Familia	ϕ_1
ϕ (pulg)	1
sep(cm)	15.0 cm
Adisp ^(*)	33.78

Zapata rígida

$$\text{USE } A_s = 27.07 \text{ cm}^2$$

se resuelve por el método puntal tirante

	$\sigma_{\text{máx}}$ (kN/m ²)	$\sigma_{\text{mín}}$ (kN/m ²)	Long. Comprimida	σ_d (kN/m ²)	R1d (kN)	x1 (m)	0.85*d (x)	T (kN)	As (cm ²)
Resistencia I	500.22	114.62	5.000	367.19	705.01	0.909	0.626	1023.32	27.07
Resistencia Ia	454.71	13.65	5.000	302.55	622.09	0.923	0.626	916.73	24.25
Resistencia III	321.19	165.64	5.000	267.53	464.64	0.891	0.626	660.96	17.49
Resistencia IIIa	270.88	91.31	5.000	208.93	382.79	0.903	0.626	551.55	14.59
Evento Extremo I	573.90	0.00	4.560	356.80	759.60	0.933	0.626	1131.76	26.95

ZAPATA POSTERIOR (TALON)

	$\sigma_{\text{máx}}$ (kN/m ²)	$\sigma_{\text{mín}}$ (kN/m ²)	Long. omprimida	σ_d (kN/m ²)	Md (kN.m)	As cm ²	As _{min} cm ²	As _{requer.} cm ²
Resistencia I	500.22	114.62	5.000	315.13	135.34	4.87	15.54	6.49
Resistencia Ia	454.71	13.65	5.000	243.00	195.70	7.06	15.54	9.41
Resistencia III	321.19	165.64	5.000	246.53	26.70	0.96	15.54	1.27
Resistencia IIIa	270.88	91.31	5.000	184.69	86.40	3.10	15.54	4.13
Evento Extremo I	573.90	0.00	4.560	271.85	486.56	15.96	15.54	15.96

$$\text{USE } A_s = 15.96 \text{ cm}^2$$

Familia	ϕ_2
ϕ (pulg)	3/4
sep(cm)	15 cm
Adisp ^(*)	19.00

16%

Fisuración (SERVICIO I)

$$M = 112.85 \text{ kN.m}$$

$$A_{s_{\text{dispuesto}}} = 19.00 \text{ cm}^2$$

$$n = 7.5$$

$$f_s = 85.32 \text{ MPa}$$

$$\gamma_c = 0.500$$

$$\beta_s = 1.095$$

$$\text{Espac.máx} = 300 \text{ mm}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 26752.5 \text{ MPa}$$

relación modular

Esfuerzo actuante en el acero

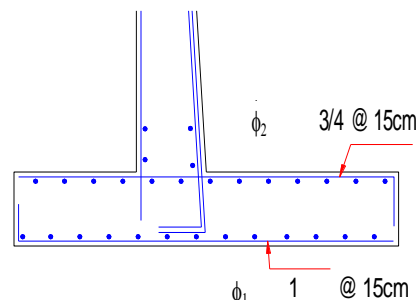
para estructuras enterradas y en contacto con el agua

Refuerzo transversal

Se suministrará en las superficies expuestas por efecto de contracción y temperatura

$$A_s \geq \frac{0.75 \cdot b \cdot h}{2 \cdot (b + h) \cdot f_y} \quad A_s > 6.16 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{USE } \phi \quad 3/4 @ 45\text{cm}$$



Cálculo a FlexoCompresión de la Pantalla

h = 6.50m

por Resistencia

Mu = 914.4 kN.m
Nu = 790.980 kN



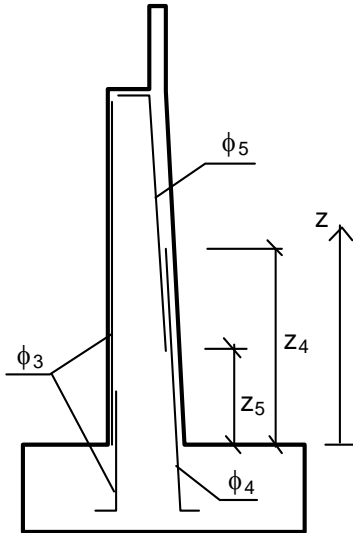
$\eta = 0.95$
As = 29.71 cm²

Por evento Extremo

Mu = 1049.3 kN.m

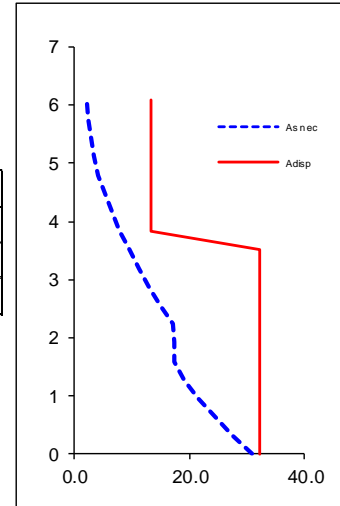


As = 30.72 cm²



Familia	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5
ϕ (pulg)	5/8	3/4	5/8
sep(cm)	15.0 cm	15.0 cm	15.0 cm
Adisp(*)	13.20	32.20	

Intervalo de armadura	
z ₄ (m)	4.00
z ₅ (m)	0.00



Comprobación a cortante

Vu = 246.768 kN
d_v = 75.6428 cm
ag = 3/4 in
 $\epsilon_x (\times 10^3) = 1.565$
s_{xe} = 755 mm
 $\theta = 32.4$
 $\beta = 2.86$
Vc = 950.15 BIEN

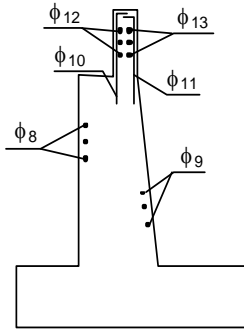
(Tamaño del agregado)

Comprobación a Fisuración

M = 639.02 kN.m
A_{Sdispuesto} = 32.20 cm²
n = 7.5
fs = 254.16 MPa
 $\gamma_c = 0.700$
 $\beta_s = 1.084$
Espac.máx = 21.2 cm

Es = 200000 Mpa
Ec = 26752.5 MPa
relación modular
Esfuerzo actuante en el acero

Resto de armadura



espesor del muro contra = 0.50m
 cuantía geométrica horizontal de muro = 1.80 o/oo
 cuantía geométrica vertical de muro = 1.80 o/oo

Familia	$\phi_8 + \phi_9$		$\phi_{10} + \phi_{11}$		$\phi_{12} + \phi_{13}$	
Anec ^(*) (cr)	16.2		9.0		9.0	
ϕ (in)	5/8 ▼	5/8 ▼	1/2 ▼	1/2 ▼	1/2 ▼	1/2 ▼
sep(cm)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Adisp (cr)	26.4		16.9		16.9	

(*) Armadura necesaria estrictamente por cuantía geométrica

Adicionalmente, debido al efecto de la carga concentrada producto del apoyo de los reticulados sobre el estribo, se analizó el efecto de aplastamiento en el concreto (bursting effect).

Bursting Reinforcement

1. Datos

$$F_c := 28 \text{ MPa} \quad \gamma_{DC} := 1.25$$

$$F_y := 420 \text{ MPa} \quad \gamma_{DW} := 1.5$$

$$\phi_{\text{axial}} := 0.9 \quad \gamma_{LL} := 1.75$$

Resumen de fuerzas:

$$F_{BR} := 163.3 \text{ kN} \quad F_{DC.1osa} := 1065.5 \text{ kN} \quad F_{LL.p} := 174.6 \text{ kN}$$

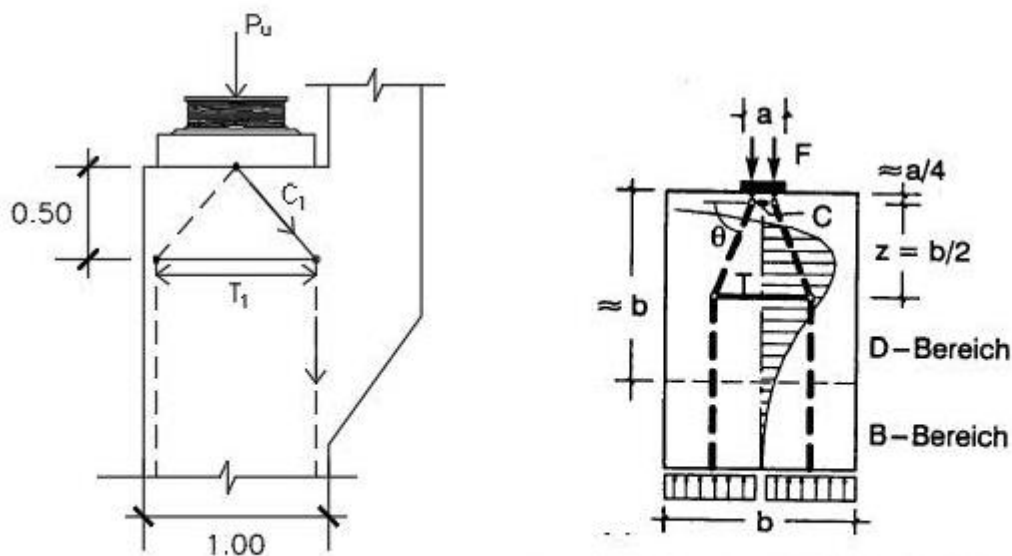
$$F_{DW} := 114 \text{ kN} \quad F_{DC.vereda} := 163.8 \text{ kN}$$

$$F_{DC.pp} := 428.4 \text{ kN} \quad F_{LL.IM} := 739.6 \text{ kN}$$

2. Análisis

$$F_1 := \gamma_{DC} (F_{DC.pp} + F_{DC.1osa} + F_{DC.vereda}) + \gamma_{DW} F_{DW} + \gamma_{LL} (F_{LL.p} + F_{LL.IM})$$

Geometría transversal del modelo: (modelo de bielas y tirantes)



Fuente: Ernst & Sohn, Beton Kalender, Pag. 356, Germany

$$F_1 = 3842.975 \cdot \text{kN}$$

$$b := 1000 \text{mm}$$

$$a := 850 \text{mm}$$

Para regiones con discontinuidad parcial ($b < H/2$):

$$T_1 := \frac{b - a}{4 \cdot b} \cdot F_1$$

$$T_1 = 144.112 \cdot \text{kN}$$

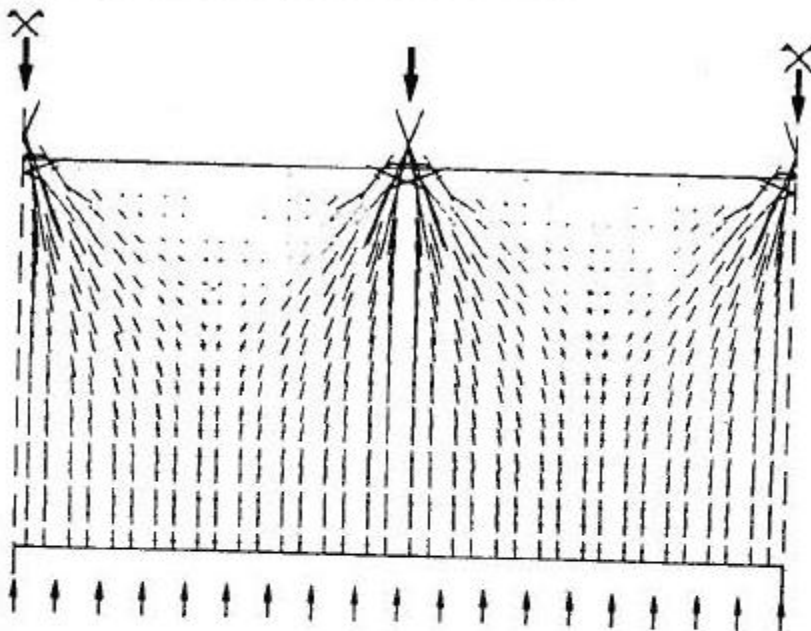
$$A_{s_{\text{req}}} := \frac{T_1}{\phi_{\text{axial}} \cdot F_y} = 3.812 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_v := \frac{1}{2} \text{in}$$

As, dispuesto: $\phi 1/2'' @ 30$

Geometria longitudinal del modelo: (modelo de bielas y tirantes)

Comentario: Para este caso, no será necesario considerar un refuerzo por efecto bursting puesto que se dispone de un ancho suficiente como para que el concreto en combinación con el refuerzo transversal puedan asumir este efecto.



Fuente: *Ernst & Sohn. Beton Kalender. Pag. 356. Germany.*

DISEÑO DE MENSULAS (APOYO DE LOSA DE TRANSICIÓN).-

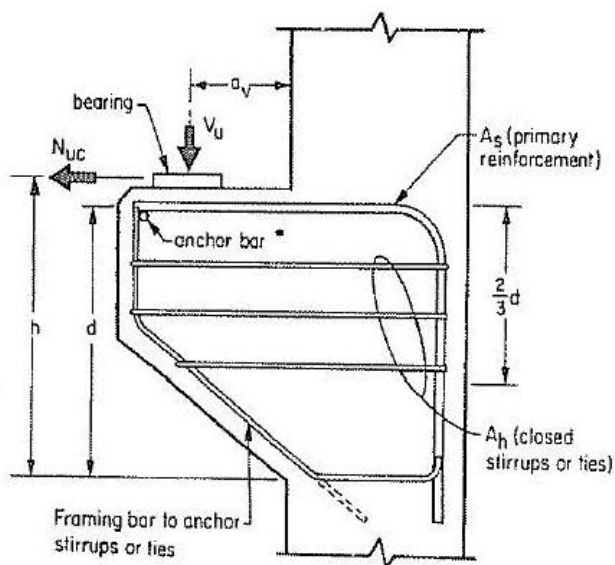
DISEÑO DE MENSULAS - AASHTO LRFD

1. Materiales

$f'_c := 28\text{MPa}$ Resistencia característica a la compresión del concreto a los 28 días

$F_y := 420\text{MPa}$ Esfuerzo a fluencia del acero

2. Definición de las secciones



"Welded to primary reinforcement"

Figure 5.13.2.4.1-1—Notation

$a_v := 250\text{mm}$	Distancia del centroide de la carga concentrada al borde del apoyo del elemento
$b := 1.00\text{m}$	Ancho del elemento
$h_r := 0.60\text{m}$	Altura del elemento
$d := h_r - 6\text{cm}$ $d = 0.54\text{m}$	Peralte efectivo

$$\text{Verificación} := \begin{cases} \text{"OK: } a_v/d \leq 1.0\text{"} & \text{if } \frac{a_v}{d} \leq 1.0 \\ \text{"Aumentar peralte: } a_v/d > 1.0\text{"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Verificación = "OK: $a_v/d \leq 1.0$ "

Verificación de las dimensiones de la mensula

3. Fuerzas para el diseño

La sección de la cara de apoyo debe ser diseñada para resistir simultáneamente una fuerza de corte V_u y un momento flector obtenido según lo indicado en el Artículo 5.13.2.4.1-1 de AASHTO LRFD.

$$M_u = V_u \cdot a_v + N_{uc} \cdot (h_r - d)$$

$$V_u := 10 \text{ kN} \quad \text{Fuerza de reacción vertical}$$

$$N_{uc} := 0 \text{ kN} \quad \text{Fuerza de reacción horizontal}$$

$$M_u := V_u \cdot a_v + N_{uc} \cdot (h_r - d) = 2.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{Momento Flector}$$

4. Cálculo del área de acero primario

$$T := \frac{M_u}{0.85 \cdot F_y \cdot d} = 0.13 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{\text{disp}}} := \frac{2.85 \text{ cm}^2}{0.15} = 19 \cdot \text{cm}^2$$

El artículo 5.13.2.4.1 del AASHTO LRFD, establece que la cuantía mínima en la cara del soporte no debe ser menor a:

$$\frac{A_{s_{\text{disp}}}}{b \cdot d} \geq 0.04 \cdot \frac{f_c}{F_y}$$

$$\text{Verificación1} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \frac{A_{s_{\text{disp}}}}{b \cdot d} \geq 0.04 \cdot \frac{f_c}{F_y} \\ \text{"Aumentar area de acero"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificación1} = \text{"OK"}$$

El Artículo 5.13.2.4.1 del AASHTO LRFD, establece que el área (A_h) no debe ser menor que el 50.00% del área de refuerzo en tensión. Dicha armadura de refuerzo debe ser distribuida uniformemente dentro de los 2/3 del peralte efectivo adyacente a la armadura de refuerzo en tensión.

$$A_h := \frac{50}{100} \cdot A_{s_{\text{disp}}}$$

$$A_h = 9.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{h_{\text{disp}}} := 4.73 \text{ cm}^2 = 4.73 \cdot \text{cm}^2$$

5. Verificación de la interface corte - fricción

$P_c := 0.00\text{kN}$ Fuerza de compresión perpendicular al plano de corte

$c := 0.70\text{MPa}$ Cohesión para concreto

$\mu := 1.00$ Factor de fricción para concreto

$A_{vf} := 2 \cdot \frac{1.27}{0.20} \text{cm}^2 = 12.7 \cdot \text{cm}^2$ Area del refuerzo que atraviesa el plano de corte

La resistencia nominal al corte, en la interface corte fricción, puede ser tomado como:

$$V_n = c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot F_y + P_c)$$

$A_{cv} := b \cdot h_r = 0.6\text{m}^2$ Area que participa en la transferencia de corte

$$V_{n1} := c \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot F_y + P_c)$$

$$V_{n1} = 953.4 \cdot \text{kN}$$

La resistencia nominal usada en el diseño no puede mayor que el menor valor de:

$$V_{n2} := 0.2 \cdot f'c \cdot A_{cv} = 3360 \cdot \text{kN}$$

$$V_{n3} := 5.5 \cdot \frac{A_{cv}}{\frac{1\text{mm}^2}{\text{IN}}} = 3300 \cdot \text{kN}$$

$$V_n := 0.85 \cdot \min(V_{n1}, V_{n2}, V_{n3}) = 810.39 \cdot \text{kN} \quad \text{OK!}$$

DISEÑO DE ALETAS.-

Se modelo la geometría de las aletas haciendo uso del programa de elementos finitos SAP2000:

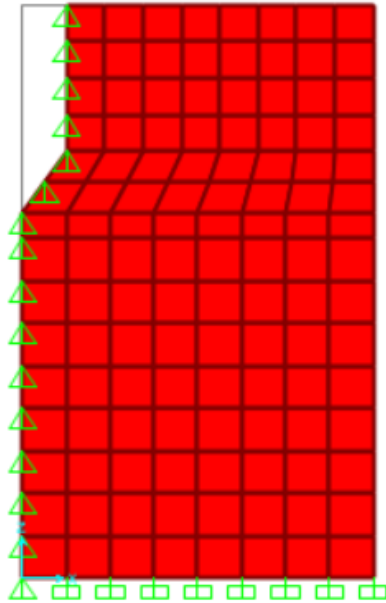


Figura 47: Vista en elevación de la geometría de la aleta

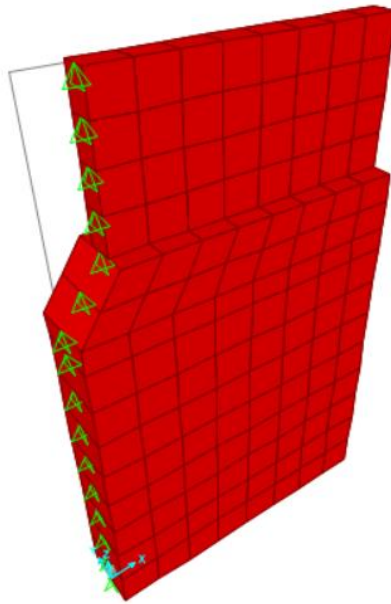


Figura 48: Perspectiva extruida de la geometría de la aleta

Análisis de acciones sobre la pantalla de las aletas del estribo derecho
(Puente Laquipampa)

1. PROPIEDADES DEL SUELO y MURO DE CONTENCIÓN

$\gamma := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	Peso específico de suelo, según estudio geotécnico
$\phi := 30^\circ$	Ángulo de fricción de suelo
$\delta := \frac{1}{3}\phi$	Ángulo de la fuerza de fricción generada entre el muro de contención y el suelo contenido
$\beta := 0^\circ$	Ángulo de la cara del muro orientada hacia el trasdós
$i := 0^\circ$	Inclinación del talud de la superficie de terreno contenida en el trasdós

2. PARÁMETROS SÍSMICOS

$\text{PGA} := 0.52g$	Peak ground acceleration. Aceleración de suelo definida en las bases de cálculo
$k_v := 0$	Coefficiente de empuje sísmico vertical
$k_h := \min\left[\frac{\text{PGA}}{2g}, (1 - k_v) \cdot \tan(\phi - i)\right]$	Coefficiente de empuje sísmico horizontal, para muros de contención rígidos. Según A11.1.1.3
$k_h = 0.263$	
$\theta := \text{atan}\left(\frac{k_h}{1 - k_v}\right) = 14.735^\circ$	Ángulo sísmico interno

2. CALCULO DE PRESIÓN ACTIVA SÍSMICA

$$\psi_A := \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^2$$

$$\psi_{AE} := \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^2 = 2.05$$

$$K_A := \frac{\cos(\phi - \beta)^2}{\psi_A \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta)} = 0.308$$

Coefficiente de empuje activo

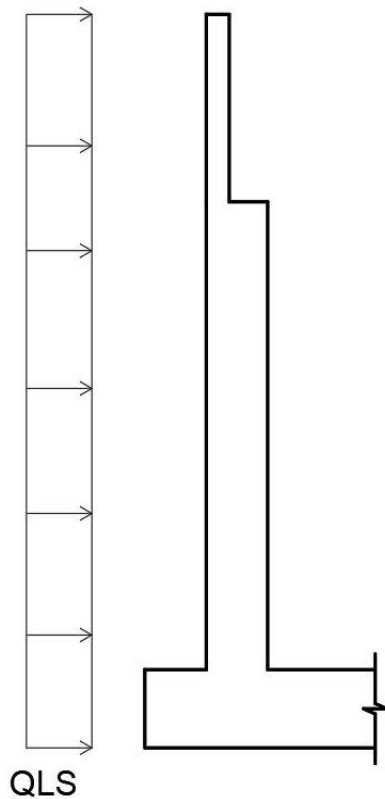
$$K_{AE} := \frac{\cos(\phi - \theta - \beta)^2}{\psi_{AE} \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)} = 0.517$$

$$\Delta K_{AE} := K_{AE} - K_A = 0.208$$

$$K_0 := 1 - \sin(\phi) = 0.5$$

Coefficiente de empuje en reposo

3. VALOR DE ACCIONES

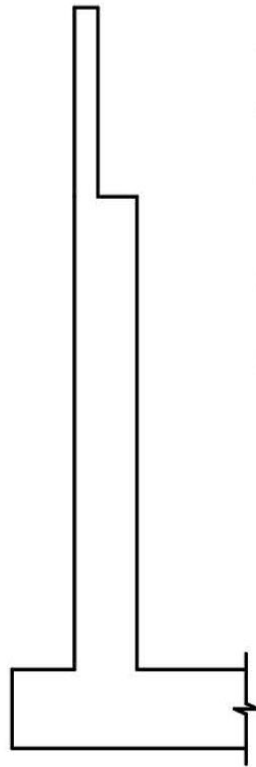
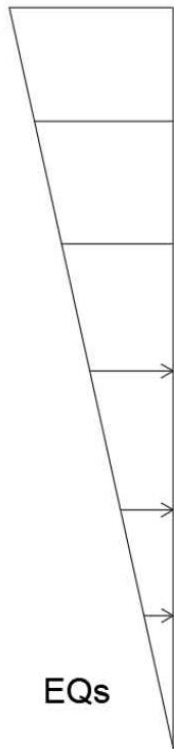


$$K_A = 0.308$$

$$SC := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$QLS := SC \cdot K_A$$

$$QLS = 6.17 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



$$h := 8.4\text{m}$$

$$\Delta K_{AE} = 0.208$$

$$\gamma = 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$EQ_s := h \cdot K_{AE} \cdot \gamma$$

$$EQ_s = 86.846 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

COEFICIENTES SAP 2000 :

$$Ea = Cz + D$$

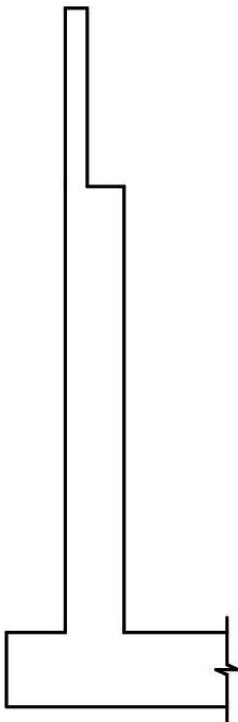
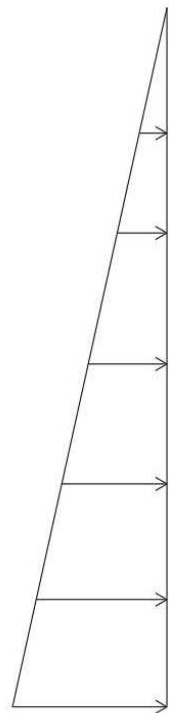
$$\underline{Z} = 0$$

$$0 = D$$

$$\underline{Z} = 8.40$$

$$86.846 = 8.4(C) + 0$$

$$\mathbf{C = 10.338}$$



$$h := 8.4\text{m}$$

$$K_A = 0.308$$

$$\gamma = 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$GEH := h \cdot K_A \cdot \gamma$$

$$GEH = 51.822 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

COEFICIENTES SAP 2000 :

$$Ea = Cz + D$$

$$\underline{Z} = 0$$

$$51.822 = D$$

$$\underline{Z} = 8.40$$

$$0 = 8.4(C) + 51.822$$

$$\mathbf{C = -6.169}$$

Análisis de acciones sobre la pantalla de las aletas del estribo izquierdo
(Puente Laquipampa)

1. PROPIEDADES DEL SUELO y MURO DE CONTENCIÓN

$$\gamma := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Peso específico de suelo, según estudio geotécnico

$$\phi := 30^\circ$$

Ángulo de fricción de suelo

$$\delta := \frac{1}{3}\phi$$

Ángulo de la fuerza de fricción generada entre el muro de contención y el suelo contenido

$$\beta := 0^\circ$$

Ángulo de la cara del muro orientada hacia el trasdós

$$i := 0^\circ$$

Inclinación del talud de la superficie de terreno contenida en el trasdós

2. PARÁMETROS SÍSMICOS

$$\text{PGA} := 0.526g$$

Peak ground acceleration. Aceleración de suelo definida en las bases de cálculo

$$k_v := 0$$

Coefficiente de empuje sísmico vertical

$$k_h := \min \left[\frac{\text{PGA}}{2 \cdot g}, (1 - k_v) \cdot \tan(\phi - i) \right]$$

Coefficiente de empuje sísmico horizontal, para muros de contención rígidos. Según A11.1.1.3

$$k_h = 0.263$$

$$\theta := \text{atan} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) = 14.735^\circ$$

Ángulo sísmico interno

2. CALCULO DE PRESIÓN ACTIVA SÍSMICA

$$\psi_A := \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - i)}{\cos(\delta + \beta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^2$$

$$\psi_{AE} := \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta) \cdot \cos(i - \beta)}} \right)^2 = 2.05$$

$$K_A := \frac{\cos(\phi - \beta)^2}{\psi_A \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta)} = 0.308$$

Coefficiente de empuje activo

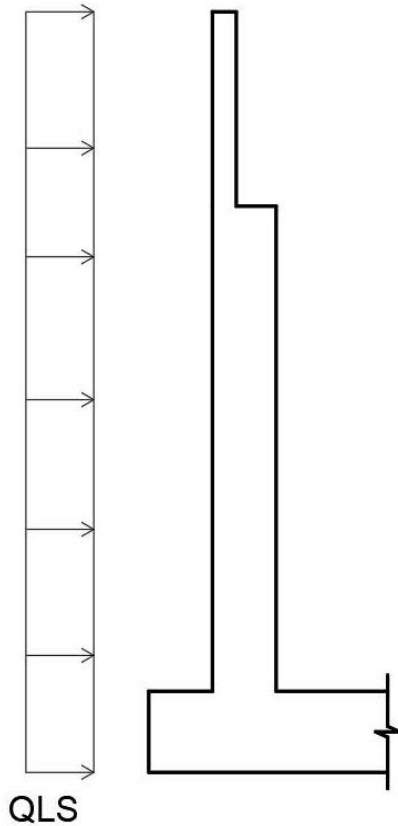
$$K_{AE} := \frac{\cos(\phi - \theta - \beta)^2}{\psi_{AE} \cdot \cos(\theta) \cdot \cos(\beta)^2 \cdot \cos(\delta + \beta + \theta)} = 0.517$$

$$\Delta K_{AE} := K_{AE} - K_A = 0.208$$

$$K_0 := 1 - \sin(\phi) = 0.5$$

Coefficiente de empuje en reposo

3. VALOR DE ACCIONES

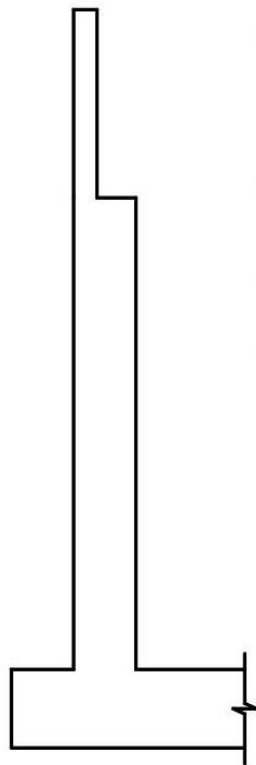
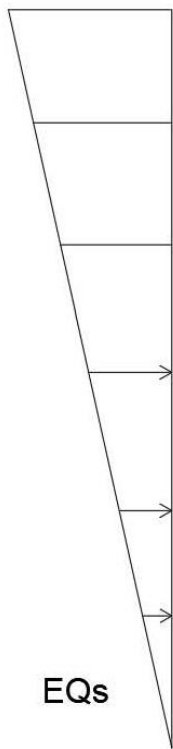


$$K_A = 0.308$$

$$SC := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$QLS := SC \cdot K_A$$

$$QLS = 6.17 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



$$h := 6.5\text{m}$$

$$\Delta K_{AE} = 0.208$$

$$\gamma = 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$EQ_s := h \cdot K_{AE} \cdot \gamma$$

$$EQ_s = 67.202 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

COEFICIENTES SAP 2000 :

$$Ea = Cz + D$$

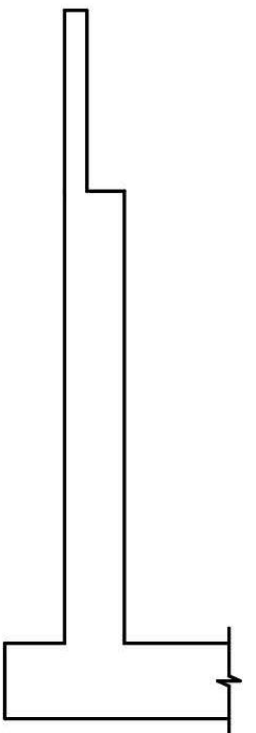
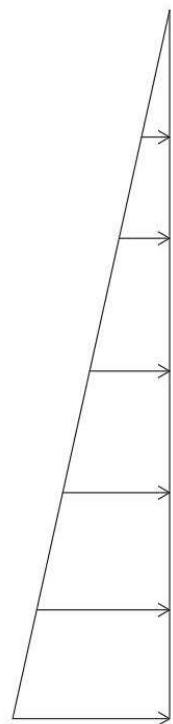
$$\underline{Z} = 0$$

$$0 = D$$

$$\underline{Z} = 6.5$$

$$67.202 = 6.5(C) + 0$$

$$\mathbf{C = 10.338}$$



$$h := 6.5\text{m}$$

$$K_A = 0.308$$

$$\gamma = 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$GEH := h \cdot K_A \cdot \gamma$$

$$GEH = 40.101 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

COEFICIENTES SAP 2000 :

$$Ea = Cz + D$$

$$\underline{Z} = 0$$

$$40.101 = D$$

$$\underline{Z} = 6.5$$

$$0 = 6.5(C) + 40.101$$

$$\mathbf{C = -6.169}$$

GEH

DISEÑO POR CORTE Y FLEXIÓN.-

(Estribo Derecho)

- Diseño por flexión:

PUENTE LAQUIPAMPA
ALETAS DE ESTRIBO DERECHO
FLEXION SIMPLE
Situación accidental (sísmica)

f _{yk}	40
f _{yk}	420
f _{yk}	1.00
γ _{ac}	1.20

		h	h ₁	b	b ₁	f _{yk}	f _{yk}	Clase de exposición	C _{com}	C _i	K	K'	Refuerzo por compresión	d	M _{ed} /M ₀₁	z	s ₁	s ₂	A _{s1}	s ₂	s ₂	A _{s2}	A _{s,prov}	A _{s,req}	M _{ed}	M ₀₁ /M _{res}	Check	A _{s,req,1}	A _{s,req,2}	A _{s,req,3}	A _{s,req,4}	A _{s,req,5}	A _{s,req,6}	A _{s,req,7}					
		m	m	m	m	MPa	MPa		m	m				m	kN-m	m	mm	mm	cm ²	mm	mm	cm ²	cm ²	cm ²	kN-m	%		cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²			
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Inf.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.085	0.095	0.0075	0.208	NO	0.71	4141	0.670	15.9	0.2	9.9	19.1	0.2	14.3	24.3	5.3	150.0	22%	OK	15.32	7.05	320	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Sup.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.060	0.070	0.0019	0.208	NO	0.73	4439	0.694	15.9	0.2	9.9	19.1	0.2	14.3	24.3	1.4	40.0	6%	OK	15.87	7.30	320	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Inf.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.085	0.098	0.0456	0.208	NO	0.70	4104	0.667	15.9	0.2	9.9	25.4	0.2	25.3	35.3	32.1	900.0	91%	OK	15.25	7.02	320	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Sup.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0131	0.208	NO	0.73	4459	0.695	15.9	0.2	9.9	0	0.2	0.0	9.9	9.6	280.0	97%	OK	15.90	7.32	320	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
Muro	Losa de Fondo e=0.30m M11 Ref. Inf.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.085	0.093	0.0027	1.208	NO	0.31	4556	0.292	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	0.8	10.0	8%	OK	6.67	3.07	160	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Muro	Losa de Fondo e=0.30m M11 Ref. Sup.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0045	1.208	NO	0.33	9738	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	1.5	20.0	15%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
Muro	Losa de Fondo e=0.30m M22 Ref. Inf.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0200	0.208	NO	0.33	917	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	6.6	88.0	67%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Muro	Losa de Fondo e=0.30m M22 Ref. Sup.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0017	0.208	NO	0.33	917	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	0.6	7.5	6%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

ALETAS DE ESTRIBO DERECHO
FISURACION

		h	b	d	C _{com}	f _{yk}	f _{yk}	φ ₁	S ₁	M	N	Clase de exposición	w _{max}	M ₀₁	σ _s	kt	f _{ct,eff}	ρ _{act,eff}	E _{cm} -E _{cm}	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	ρ _{act,eff}	S _{1,max}	w _k	Check	
		m	m	m	m	MPa	MPa	mm	m	kN-m	kN		mm	mmkN	Mpa	Largo plazo	Mpa								m	m	mm	
Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Inf.		0.80	1.00	0.71	0.085	40	420	15.9	0.20	10	0.0	XC3	0.30	392.47	6.79	0.40	3.51	0.01	0	0.80	0.50	3.40	0.425	0.120	0.597	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Sup.		0.80	1.00	0.73	0.060	40	420	15.9	0.20	10	0.0	XC3	0.30	396.56	6.22	1.40	3.51	0.01	0	1.80	0.50	3.40	0.425	0.123	0.707	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Inf.		0.80	1.00	0.70	0.085	40	420	15.9	0.20	10	0.0	XC3	0.30	398.14	4.85	2.40	3.51	0.01	0	2.80	0.50	3.40	0.425	0.139	1.201	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Sup.		0.80	1.00	0.73	0.060	40	420	15.9	0.20	10	0.0	XC3	0.30	387.00	13.29	3.40	3.51	0.01	0	3.80	0.50	3.40	0.425	0.087	2.238	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.30m M11 Ref. Inf.		0.40	1.00	0.31	0.085	40	420	15.9	0.20	6	0.0	XC3	0.30	96.02	19.52	4.40	3.51	0.01	0	4.80	0.50	3.40	0.425	0.058	2.095	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.30m M11 Ref. Sup.		0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	3	0.0	XC3	0.30	97.54	8.90	5.40	3.51	0.01	0	5.80	0.50	3.40	0.425	0.059	2.282	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.30m M22 Ref. Inf.		0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	4	0.0	XC3	0.30	98.00	11.97	6.40	3.51	0.01	0	6.80	0.50	3.40	0.425	0.060	2.633	0.000	OK	
Losa de Fondo e=0.30m M22 Ref. Sup.		0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	2	0.0	XC3	0.30	98.00	5.98	7.40	3.51	0.01	0	7.80	0.50	3.40	0.425	0.060	2.990	0.000	OK	

- Diseño por corte

DIMENSIONES DE LA SECCION

h	0.8 m
bw	1 m
recubrimiento	3.5 cm
φ base tracción	15.9 mm
φ refuerzo tracción	19.05 mm
spacing	0.2

d	0.757 m
z	0.681 m
Ancho columna	1 m

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN

γ _c	1.5
γ _s	1.15
f _{ck}	40 MPa
f _{yk}	420 MPa
A _s	2418 mm ²
ρ long	0.00319
θ	30 °
cotg θ	1.73205081
v	0.504
k	1.514

1. V_d < V_{Rd,max}

V _d en sección	300 KN
Factor seguridad	1
V _d diseño	300 KN

v R _{d,max}	5087 KN
----------------------	---------

V _d < V _{Rd,max}	OK
--------------------------------------	----

2. Sin armadura de cortante

V _d en sección	300 KN
Factor seguridad	1
V _d diseño	300 KN

V _{Rd,c}	322 KN
V _{Rd,c MIN}	312 KN
V _{Rd,c design}	322 KN

V _d < V _{Rd,c}	OK
------------------------------------	----

(Estribo Izquierdo)

- Diseño por flexión:

PUENTE LAQUIPAMPA
 ALETAS DE ESTRIBO IZQUIERDO
 FLEXION SIMPLE
 Situación accidental (sísmica)

f_{yk}	40
f_{ck}	420
γ_c	1.00
γ_{cE}	1.20

h	h ₁	b	b _w	b _{ef}	f _{ck}	f _{yk}	Clase de exposición	c _{nom}	c ₁	K	K'	Refuerzo por compresión	d	M _{Ed} /M _{ult}	z	Tension reinforcement								M _{Ed}	M _{Ed} /M _{res}	Check	A _{s,req}	A _{s,prov}	A _{s,prov} /A _{s,req}	A _{s,prov} <A _{s,req}	A _{s,prov} >A _{s,req}				
																A _{s1}	A _{s2}	A _{s3}	A _{s4}	A _{s5}	A _{s6}	A _{s7}	A _{s8}									A _{s9}	A _{s10}		
m	m	m	m	m	MPa	MPa		m	m				m	kN-m	m		mm	m	cm ²	mm	m	cm ²	cm ²	cm ²	cm ²	kN-m	%	cm ²	cm ²	cm ²					
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Inf.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.085	0.093	0.0094	0.208	NO	0.71	4159	0.672	15.9	0.2	9.9	12.7	0.2	6.3	16.3	6.6	187.0	41%	OK	15.36	7.07	320	OK	OK	OK				
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Sup.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0013	0.208	NO	0.73	4459	0.695	15.9	0.2	9.9	12.7	0.2	6.3	16.3	6.6	187.0	41%	OK	15.90	7.32	320	OK	OK	OK				
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Inf.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.085	0.095	0.0311	0.208	NO	0.71	4141	0.670	15.9	0.2	9.9	19.1	0.2	14.3	24.3	22.0	620.0	91%	OK	15.32	7.05	320	OK	OK	OK				
Muro	Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Sup.	0.80	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0103	0.208	NO	0.73	4459	0.695	15.9	0.2	9.9	12.7	0.2	6.3	16.3	6.6	187.0	41%	OK	15.90	7.32	320	OK	OK	OK				
Muro	Losa de Fondo e=0.40m M11 Ref. Inf.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.085	0.093	0.0013	1.208	NO	0.31	4556	0.292	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	0.4	5.0	4%	OK	6.67	3.07	160	OK	OK	OK					
Muro	Losa de Fondo e=0.40m M11 Ref. Sup.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0011	2.208	NO	0.33	9738	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	0.4	5.0	4%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK					
Muro	Losa de Fondo e=0.40m M22 Ref. Inf.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0091	0.208	NO	0.33	917	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	3.0	40.0	30%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK					
Muro	Losa de Fondo e=0.40m M22 Ref. Sup.	0.40	1.00	40	420	XC3	0.060	0.068	0.0005	0.208	NO	0.33	917	0.315	15.9	0.2	9.9	1	0.0	9.9	0.2	2.2	2%	OK	7.21	3.32	160	OK	OK	OK					

PUENTE LAQUIPAMPA
 ALETAS DE ESTRIBO IZQUIERDO
 FISURACION

h	b	d	c _{nom}	f _{ck}	f _{yk}	M	N	Clase de exposición	W _{max}	M _{cr}	σ _s	kt	f _{ct,eff}	ρ _{p,eff}	ε _{sm} ·ε _{cm}	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	s _{r,max}	w _k	Check				
																							σ _s	σ _s	σ _s	σ _s
m	m	m	m	MPa	MPa	kN-m	kN		mm	mN	Mpa	Largo plazo	Mpa							m	mm					
Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Inf.	0.80	1.00	0.71	0.085	40	420	15.9	0.20	36	0.0	XC3	0.30	388.16	34.59	0.40	3.51	0.01	0	0.80	0.50	3.40	0.425	0.102	0.658	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.80m M11 Ref. Sup.	0.80	1.00	0.73	0.060	40	420	15.9	0.20	6	0.0	XC3	0.30	387.00	7.98	1.40	3.51	0.01	0	1.80	0.50	3.40	0.425	0.087	1.168	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Inf.	0.80	1.00	0.71	0.085	40	420	15.9	0.20	160	0.0	XC3	0.30	392.47	108.67	2.40	3.51	0.01	0	2.80	0.50	3.40	0.425	0.120	1.366	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.80m M22 Ref. Sup.	0.80	1.00	0.73	0.060	40	420	15.9	0.20	60	0.0	XC3	0.30	387.00	79.76	3.40	3.51	0.01	0	3.80	0.50	3.40	0.425	0.087	2.238	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.40m M11 Ref. Inf.	0.40	1.00	0.31	0.085	40	420	15.9	0.20	1	0.0	XC3	0.30	96.02	3.25	4.40	3.51	0.01	0	4.80	0.50	3.40	0.425	0.058	2.095	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.40m M11 Ref. Sup.	0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	0.5	0.0	XC3	0.30	97.54	1.48	5.40	3.51	0.01	0	5.80	0.50	3.40	0.425	0.059	2.282	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.40m M22 Ref. Inf.	0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	2	0.0	XC3	0.30	98.00	5.98	6.40	3.51	0.01	0	6.80	0.50	3.40	0.425	0.060	2.633	0.000	OK
Losa de Fondo e=0.40m M22 Ref. Sup.	0.40	1.00	0.33	0.060	40	420	15.9	0.20	1	0.0	XC3	0.30	98.00	2.99	7.40	3.51	0.01	0	7.80	0.50	3.40	0.425	0.060	2.990	0.000	OK

- Diseño por corte:

DIMENSIONES DE LA SECCION

h	0.8 m
bw	1 m
recubrimiento	3.5 cm
φ base tracción	15.9 mm
φ refuerzo tracción	19.05 mm
spacing	0.2
d	0.757 m
z	0.681 m
Ancho columna	1 m

PROPIEDADES DE LA SECCIÓN

γ _c	1.5
γ _s	1.15
f _{ck}	40 MPa
f _{yk}	420 MPa
A _s	2418 mm ²
ρ long	0.00319
θ	30 °
cotg θ	1.73205081
v	0.504
k	1.514

1. V_d < V_{Rd, max}

V _d en sección	310 KN
Factor seguridad	1
V _d diseño	310 KN

v Rd, max	5087 KN
-----------	---------

V _d < V _{Rd, max}	OK
---------------------------------------	----

2. Sin armadura de cortante

V _d en sección	310 KN
Factor seguridad	1
V _d diseño	310 KN

V _{Rd, c}	322 KN
V _{Rd, c MIN}	312 KN
V _{Rd, c design}	322 KN

V _d < V _{Rd, c}	OK
-------------------------------------	----

DISEÑO DE LOSA DE TRANSICIÓN.-

El modelo matemático se realizó haciendo uso del software de elementos finitos SAFE. Se calcularon las demandas considerando principalmente los efectos de la carga viva HL-93.

DISEÑO - LOSA DE TRANSICIÓN - ESTRIBO DER/IZQ

Peralte de losa:	$h := 25\text{cm}$	Coefficiente de Balasto:	$K_{30} := 10 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$
Ancho de losa:	$L := 11.25\text{m}$		
Longitud de losa:	$B := 3.50\text{m}$	Peso específico del terreno:	$\gamma := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

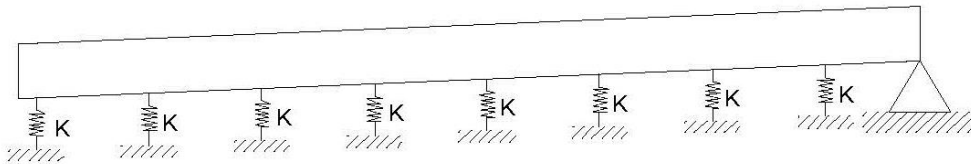
Corrección del módulo de Balasto:

$$K_c := K_{30} \left(\frac{B + 0.30\text{m}}{2 \cdot B} \right)^2 \quad K_c = 2.947 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Comentario: El terreno de apoyo de la losa es un material granular compactado.

$$K := \frac{2}{3} \cdot \left(1 + \frac{B}{2 \cdot L} \right) \cdot K_c \quad K = 2.27 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Modelo estructural de la losa:

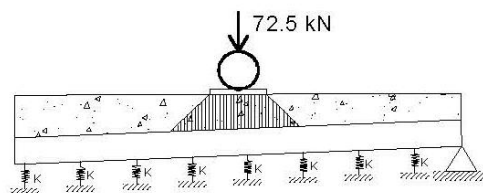


Cargas Permanentes:

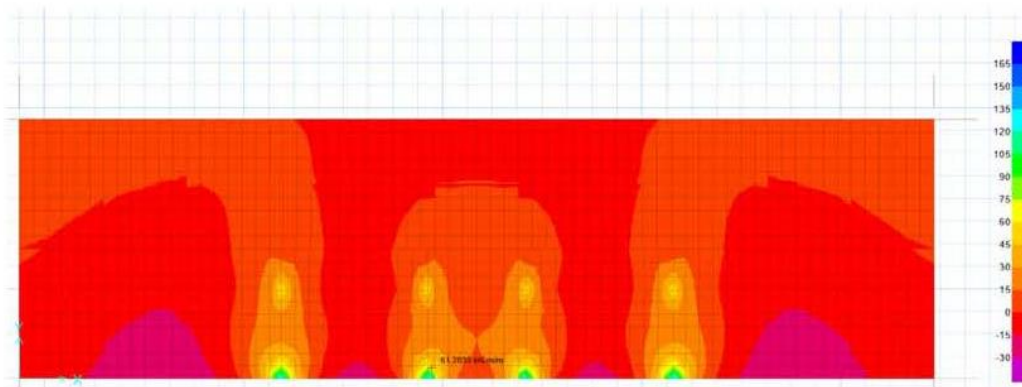
	b	h	L	Factor	Parcial (kN/m ²)
Relleno		0.325		20.00	6.500
Pavimento		0.005		23.00	0.115
				Total:	6.615

Sobre Carga:

Se aplica camión de diseño HL93, que por cada eje transversal tendría el siguiente esquema:



Distribución de momentos máximos Longitudinales Positivos



Parámetros de diseño

$$f_y := 420 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_c := 28 \text{MPa}$$

$$c := 0.05 \text{m} \quad (\text{recubrimiento})$$

Refuerzo Longitudinal Positivo

$$M_{d_{\text{pos}}} := 61 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$d := h - c$$

$$d = 0.2 \text{m}$$

$$b := 100 \text{cm}$$

$$A_{s_{\text{pos}}} = 8.378 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{\text{min}}} = 5.7 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{\text{pos}}} := \max(A_{s_{\text{pos}}}, A_{s_{\text{min}}})$$

$$A_{s_{\text{pos}}} = 8.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_1 := \frac{5}{8} \text{in} \quad s_{\text{tr}} := 20 \text{cm}$$

USE $\phi 5/8 @ 20$

Estado Límite de Fisuración

Datos

$$\phi_1 = 0.625 \cdot \text{in} \quad s_{\text{tr}} = 20 \cdot \text{cm}$$

(diámetro barra traccionada y paso)

$$M = 34.857 \cdot \text{kN}\cdot\text{m}$$

(momento actuante no factorado)

Esfuerzo actuante en el acero

$$f_{s_{act}} = 191.248 \cdot \text{MPa}$$

$$\beta_s := 1 + \frac{dc}{0.7 \cdot (h - dc)} \quad \beta_s = 1.431$$

$$s := 123000 \cdot \frac{\gamma_c \cdot \text{MPa} \cdot \text{mm}}{\beta_s \cdot f_{s_{act}}} \quad \beta_s \cdot f_{s_{act}} = 273.664 \cdot \text{MPa}$$

$$s = 337.092 \cdot \text{mm}$$

$$sep_v := \min(300 \cdot \text{mm}, s)$$

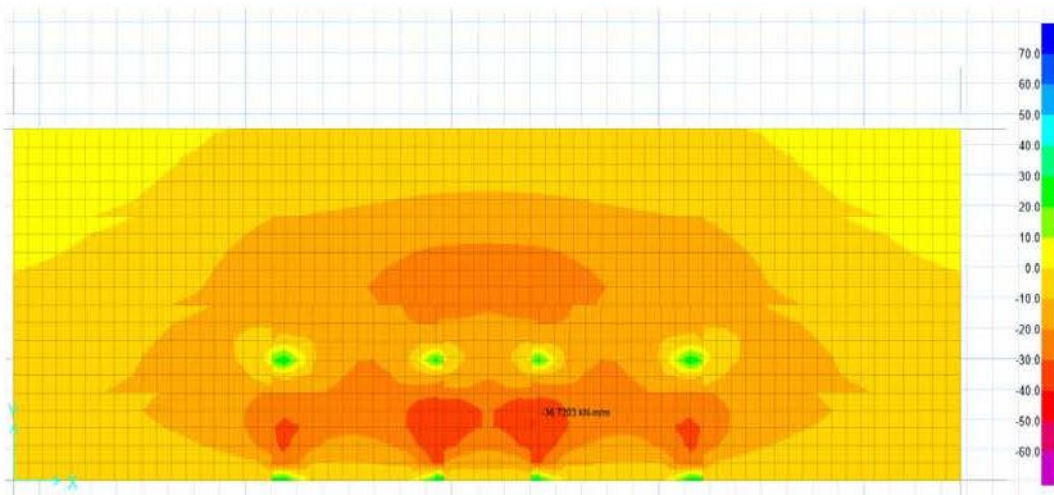
$$sep_v = 300 \cdot \text{mm}$$

$$sep_v < s_{tr}$$

$$s_{tr} = 0.2 \text{m}$$

Separación es adecuada, no fisura

Distribución de Momentos transversales positivos



Refuerzo Transversal Positivo

$$M_{d_{tr_pos}} := 26.14 \text{kN} \cdot \text{m} \quad d := h - c - \phi_1 \quad d = 0.184 \text{m} \quad b := 100 \text{cm}$$

$$a := d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{M_{d_{tr_pos}}}{0.85 \cdot f_c \cdot \phi \cdot b}} \quad a = 0.675 \cdot \text{cm}$$

$$A_{s_{pos_t}} := \frac{M_{d_{tr_pos}}}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

refuerzo mínimo

$$f_{tr} := 0.63\sqrt{f_c} \cdot 1 \text{ MPa} \quad f_{tr} = 3.334 \cdot \text{MPa}$$

$$I_g := \frac{b}{12} \cdot h^3 \quad I_g = 1.302 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$$

$$M_{cr} := \frac{f_{tr} \cdot I_g}{0.5 \cdot h} \quad M_{cr} = 34.725 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$a := d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \frac{1.2M_{cr}}{0.85 \cdot f_c \cdot \phi \cdot b}} \quad a = 1.089 \cdot \text{cm}$$

$$A_{s_{min}} := \frac{1.2M_{cr}}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_{s_{pos_t}} = 3.8 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{s_{min}} = 6.17 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_{posh}} := \max(A_{s_{pos_t}}, A_{s_{min}}) \quad A_{s_{posh}} = 6.17 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_2 := \frac{1}{2} \text{ in} \quad \text{esp} := \frac{0.25\pi \phi_2^2 \cdot 1 \text{ m}}{A_{s_{posh}}} \quad \text{esp} = 0.21 \text{ m}$$

$$s_{tr} := 20 \text{ cm} \quad \text{USE } \phi 1/2 @ 20$$

Refuerzo en la cara superior

la armadura longitudinal y transversal será la correspondiente a la armadura mínima

$$\phi_3 := \frac{1}{2} \text{ in} \quad \text{esp} := \frac{0.25\pi \phi_3^2 \cdot 1 \text{ m}}{A_{s_{min}}} \quad \text{esp} = 0.21 \text{ m}$$

$$s_{tr} := 20 \text{ cm} \quad \text{USE } \phi 1/2 @ 20$$

DISEÑO DE DISPOSITIVOS DE APOYO (NEOPRENOS).-

DISEÑO DE APOYOS DE NEOPRENO CIRCULAR EN ESTRIBOS

1. Datos

$D := 500\text{mm}$ Diámetro del neopreno

$A := \pi \cdot \left(\frac{D^2}{4} \right)$ Área del apoyo de neopreno

$n := 8$ Número de capas de refuerzo

$h_{p_e} := 25\text{mm}$ Espesor de placa exterior

$h_{r_i} := 12\text{mm}$ Espesor de neopreno capa interior

$h_{r_e} := 8.5\text{mm}$ Espesor de neopreno capa exterior

$h_s := 3\text{mm}$ Espesor de plancha de refuerzo

$G := 900 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ Módulo transversal del neopreno (cargas lentas)

$F_y := 345\text{MPa}$ Esfuerzo de fluencia del acero de las planchas de refuerzo ASTM A709 Gr. 50

$\Delta F_{TH} := 165.473\text{MPa}$ Constante de fatiga (Tabla 6.6.1.2.5-3 AASHTO LRFD)

$h_{rt} := ((n - 1)) \cdot h_{r_i} + 2 \cdot h_{r_e} = 101\text{ mm}$ Espesor total de neopreno

$h_{nt} := h_{rt} + n \cdot h_s + 2 \cdot h_{p_e} = 175 \cdot \text{mm}$ Espesor total de neopreno zunchado

$\Delta_s := 26.56\text{mm}$ Deformación por cortante en combinación de servicio

2. Cargas y giros aplicados sobre los apoyos de neopreno:

$R_{DC} := 1848\text{kN}$ $\theta_{DC} := 0.0049\text{rad}$

$R_{LL} := 914.2\text{kN}$ $\theta_{LL} := 0.00268\text{rad}$

$\sigma_{DC} := \frac{R_{DC}}{A} = 9.41 \cdot \text{MPa}$ $\sigma_{LL} := \frac{R_{LL}}{A} = 4.66 \cdot \text{MPa}$

3. Factor de forma de la capa interior de neopreno

$$S_i := \frac{D}{4 \cdot h_{rj}} = 10.42$$

4. Deformaciones por cortante (AASHTO 14.7.5.3.2)

$$h_{rt} \geq 2\Delta_s$$

$$\text{Verificacion1} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } h_{rt} \geq 2 \cdot \Delta_s \\ \text{"No Cumple"} & \text{if } h_{rt} < 2 \cdot \Delta_s \end{cases}$$

$$\text{Verificacion1} = \text{"OK"}$$

5. Combinación de compresión, rotación y cortante

Las combinaciones de carga axial, rotación y cortante en Estado Límite de Servicio, deben cumplir lo siguiente:

$$(\gamma_{ast} + \gamma_{rst} + \gamma_{sst}) + 1.75 \cdot (\gamma_{acy} + \gamma_{rcy} + \gamma_{scy}) \leq 5$$

$$\gamma_{ast} \leq 3$$

Donde

γ_a = deformación cortante causada por carga axial

γ_r = deformación cortante causada por rotación

γ_s = deformación cortante causada por desplazamiento cortante

$$\gamma_a = \frac{D_a \cdot \sigma_s}{G \cdot S_i} \quad \gamma_r = D_r \cdot \left(\frac{D}{h_{rj}} \right)^2 \cdot \frac{\theta_s}{n} \quad \gamma_s = \frac{\Delta_s}{h_{rt}}$$

$D_a := 1.00$ Coeficiente para determinar la deformación de corte debido a la carga axial

$D_r := 0.375$ Coeficiente para determinar la deformación de corte debido a la rotación

$$\theta_s := \theta_{DC} + \theta_{LL} = 0.0076 \cdot \text{rad}$$

$$\gamma_{ast} := \frac{D_a \cdot \sigma_{DC}}{G \cdot S_i} = 1.004 \quad \gamma_{rst} := D_r \cdot \left(\frac{D}{h_{rj}} \right)^2 \cdot \frac{\theta_{DC}}{n} = 0.399 \quad \gamma_{sst} := \frac{\Delta_s}{h_{rt}} = 0.246$$

$$\gamma_{acy} := \frac{D_a \cdot \sigma_{LL}}{G \cdot S_i} = 0.497 \quad \gamma_{rcy} := D_r \cdot \left(\frac{D}{h_{rj}} \right)^2 \cdot \frac{\theta_{LL}}{n} = 0.218 \quad \gamma_{scy} := \frac{0.00}{h_{rt}} = 0$$

$$(\gamma_{ast} + \gamma_{rst} + \gamma_{sst}) + 1.75 \cdot (\gamma_{acy} + \gamma_{rcy} + \gamma_{scy}) = 2.9$$

6. Verificación de la estabilidad del apoyo de neopreno

Los apoyos que cumplan con la ecuación AASHTO 14.7.5.3.4-1 se consideran estables y no necesitan más comprobaciones.

$$W := 0.80D = 0.4 \text{ m}$$

$$A := \frac{1.92 \cdot \left(\frac{h_{rt}}{L}\right)}{\sqrt{1 + \frac{20 \cdot L}{W}}} = 0.113 \quad B := \frac{2.67}{(S_i + 2.00) \cdot \left(1 + \frac{L}{4.00 \cdot W}\right)} = 0.172$$

$$\text{Verificacion2} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } 2 \cdot A \leq B \\ \text{"No Cumple"} & \text{if } 2 \cdot A > B \end{cases}$$

$$\text{Verificacion2} = \text{"No Cumple"}$$

Debido a que no se cumple con las expresiones indicadas en la ecuación anterior, la tensión debida a la carga total debe cumplir con las dos ecuaciones siguientes:

Si el tablero se puede mover libremente en dirección horizontal

$$\sigma_s \leq \frac{G \cdot S_i}{(2A - B)}$$

$$\sigma_s := \sigma_{DC} + \sigma_{LL} = 14.07 \cdot \text{MPa}$$

$$\frac{G \cdot S_i}{(2A - B)} = 172.9 \cdot \text{MPa}$$

$$\text{Verificacion3} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } \sigma_s \leq \frac{G \cdot S_i}{(2A - B)} \\ \text{"No Cumple"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Verificacion3} = \text{"OK"}$$

7. Verificación de las planchas de refuerzo

El espesor mínimo de las planchas de refuerzo debe ser 1.60mm

- Para el Estado Limite de Servicio, el espesor de las planchas de refuerzo debe satisfacer:

$$h_{st1} := \frac{3 \cdot h_{rj} \cdot \sigma_S}{F_y} = 1.468 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Verificacion4} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } h_S \geq h_{st1} \\ \text{"No Cumple"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Verificacion4 = "OK"

- Para el Estado Limite de Fatiga, el espesor de las planchas de refuerzo debe satisfacer:

$$h_{st2} := \frac{3 \cdot h_{rj} \cdot \sigma_{LL}}{\Delta F_{TH}} = 1.01 \cdot \text{mm}$$

$$\text{Verificacion5} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } h_S \geq h_{st2} \\ \text{"No Cumple"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Verificacion5 = "OK"

DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE.-

Los pernos de anclaje utilizados son los F1552 Gr 55. El grado 55 se debe a la soldabilidad del mismo. A continuación, se exponen los resultados del diseño:

Diseño de Pernos de Anclaje (Estribos - Neopreno)

1. Datos.-

(ACI 318S)
(AASHTO 2017)

$$F_y := 420\text{MPa}$$

$$F_{ub} := 527\text{MPa}$$

$$F_{si} := 860\text{kN} \quad \text{Ver anexo de cálculo de la fuerza sísmica}$$

$$F_f := 0.25(35.02\text{kN} + 144.99\text{kN} + 144.99\text{kN}) \cdot 2 \cdot 0.5$$

$$F_f = 81.25\text{kN} \quad \text{Fuerza de frenado}$$

$$F_{y,50} := 345\text{MPa} \quad \text{Esfuerzo de fluencia en planchas ASTM A709 Gr. 50}$$

$$F_{u,50} := 450\text{MPa} \quad \text{Esfuerzo último en planchas ASTM A709 Gr. 50}$$

2. Verificación Resistencia de los Pernos.-

$$F_{sx} := F_{si} + F_f = 941.25\text{kN} \quad \text{Specifications for Bridge Design AASHTO} \\ \text{Cap 3.10.8}$$

$$F_{sy} := 0.3 \cdot F_{sx} = 282.375\text{kN}$$

$$F_{sxp} := \frac{F_{sx}}{2} = 470.625\text{kN}$$

$$F_{syp} := \frac{F_{sy}}{4} = 70.594\text{kN}$$

Comentario: La fuerza de simo longitudinal solo se distribuye entre cada apoyo en cada extremo mientras que la transversal de distribuye en el total de apoyos.

$$V_u := \left(F_{sxp}^2 + F_{syp}^2 \right)^{0.5}$$

$$V_u = 475.89\text{kN} \quad \text{Fuerza actuante en cada perno}$$

$$A_b := \pi \cdot \frac{(40\text{mm})^2}{4} = 1256.637\text{mm}^2 \quad \text{Area nominal del perno } \phi 40\text{mm"}$$

$$n := 8$$

$$V_n := 0.38 \cdot A_b \cdot n \cdot F_{ub} \quad \text{Resistencia nominal al corte de un perno}$$

$$\phi := 1$$

Specifications for Bridge Design AASHTO Ec. 6.13.2.12-1

$$V_n \cdot \phi = 2.013 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$V_u = 475.89 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver1} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } V_u < \phi \cdot V_n \\ \text{"Incrementar Pernos"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver1} = \text{"OK"}$$

3. Verificación de resistencia de las planchas.-

$$e_p := 25 \text{ mm}$$

Espesor recomendado para la plancha, con la finalidad de evitar que el calor de soldadura afecte al elastómero

$$d_p := 31.75 \text{ mm}$$

Diámetro del perno

$$F_{u,50} = 450 \cdot \text{MPa}$$

Esfuerzo de rotura de la placa

$$n := 8$$

Numero de pernos

$$\phi R_n := 2.4 \cdot d_p \cdot e_p \cdot F_{u,50} \cdot n = 6858 \cdot \text{kN}$$

$$V_u = 475.89 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver2} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } V_u < \phi R_n \\ \text{"Incrementar } e_p \text{"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver2} = \text{"OK"}$$

Comentario: Dado que existe un distancia libre entre la placa base y el borde del estribo, los pernos estarán sujetos a un momento flector, producto de la fuerza cortante por el espesor del apoyo elastomérico. Por lo tanto se debe evaluar también la capacidad flexionante del perno

4. Verificación por Flexión en los Pernos.-

$$I_p := \pi \cdot \frac{d_p^4}{64} = 4.988 \cdot \text{cm}^4$$

$$F_{y,50} = 345 \cdot \text{MPa}$$

$$exc := \frac{3.172 \text{ cm}}{2} = 1.586 \cdot \text{cm}$$

$$M_y := F_{y,50} \cdot \frac{I_p}{exc} = 1.085 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{uc_p} := \frac{V_u}{n} = 59.486 \cdot \text{kN}$$

$$B_{m\acute{a}x} := \frac{M_y}{V_{uc_p}} = 1.824 \cdot \text{cm}$$

$$d_{libre} := 5.6 \text{ cm}$$

Distancia libre entre la placa base y la superficie del estribo

Comentario: Debido a que la distancia libre es excesiva se soldarán placas de corte de 25mm de espesor, con lo cuál el brazo de palanca será:

$$B_{new} := d_{libre} - 4.7625 \text{ cm}$$

$$Ver3 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } B_{new} < B_{m\acute{a}x} \\ \text{"Incrementar espesor plancha de corte"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

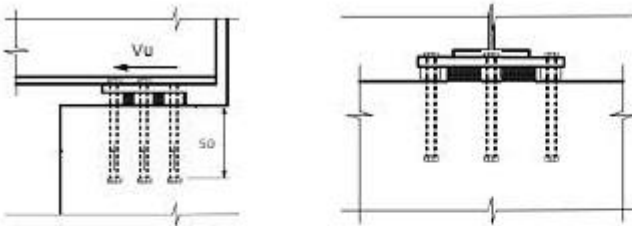
$$B_{new} = 8.375 \text{ mm}$$

$$Ver3 = \text{"OK"}$$

5. Verificación Diseño por Corte de los Anclajes.-

(Dirección perpendicular al eje del puente)

$$V_u = 475.89 \cdot \text{kN}$$



5.1 Resistencia Nominal de un anclaje a cortante (ACI318S_17.5.1.2)

$$F_{y,50} = 345 \cdot \text{MPa}$$

$$F_{uta} := 1.9 \cdot F_{y,50} = 655.5 \cdot \text{MPa}$$

$$d_{rp} := 40 \text{ mm}$$

Diametro nominal del perno en mm

$$A_{seV} := \pi \cdot \frac{(d_{rp})^2}{4} = 1.257 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2 \quad \text{Area transversal efectiva de un anclaje}$$

La resistencia no deberá exceder de (a) o (b):

(a) Para pernos con cabeza preinstalada

$$V_{saa} := A_{seV} \cdot F_{uta} = 823.726 \cdot \text{kN} \quad (17.5.1.2a)$$

(b) Para anclajes preinstalados de tornillo con cabeza o con gancho

$$V_{sab} := 0.6 \cdot A_{seV} \cdot F_{uta} = 494.235 \cdot \text{kN} \quad (17.5.1.2b)$$

$$V_{sa} := \min(V_{saa}, V_{sab}) = 494.235 \cdot \text{kN}$$

$$V_u = 475.89 \cdot \text{kN}$$

$$\% \text{Eff1} := \frac{V_u}{V_{sa}} = 0.963$$

Se sugieren $\text{eff} < 90\%$

$$\text{Ver4} := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } V_{sa} > V_u \\ \text{"Incrementar } V_{sa}\text{"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver4} = \text{"OK"}$$

5.2 Resistencia al arrancamiento del concreto de anclajes a cortante (ACI 318S_17.5.2)

$$f_c := 28 \text{MPa}$$

$$h_a := 337 \text{mm}$$

$$d_a := d_{np}$$

$$d_a = 40 \cdot \text{mm}$$

$$c_{a1} := 750 \text{mm}$$

$$s_1 := 337 \text{mm}$$

$$\psi_{ecV} := 1$$

$$\psi_{edV} := 1$$

$$\psi_{cV} := 1.4$$

$$\psi_{hV} := 1$$

$$A_{VCO} := 4.5 \cdot c_{a1}^2 = 2531250 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{VC} := [2 \cdot (1.5 \cdot c_{a1}) + s_1] \cdot (h_a) = 871819 \cdot \text{mm}^2$$

Comentario: La resistencia básica del arrancamiento por cortante del concreto de un anclaje individual en concreto fisurado, V_b , debe ser la menor de:

le := 500mm

λa := 1

$$(a) \quad V_{ba} := 0.6 \cdot \left(\frac{le}{da} \right)^{0.2} \cdot (da)^{0.5} \cdot (f_c \cdot \text{MPa} \cdot \lambda a)^{0.5} \cdot ca1^{1.5} \quad (17.5.2.2a)$$

$$V_{ba} = 683.493 \cdot \text{kN}$$

$$(b) \quad V_{bb} := 3.7 \cdot \lambda a \cdot (f_c \cdot \text{MPa})^{0.5} \cdot (ca1)^2 \quad (17.5.2.2b)$$

$$V_{bb} = 11012.94 \cdot \text{kN}$$

$$V_b := \min(V_{bb}, V_{ba}) = 683.493 \cdot \text{kN}$$

$$Vu = 475.89 \cdot \text{kN}$$

$$\% \text{Eff2} := \frac{Vu}{V_b} = 0.696$$

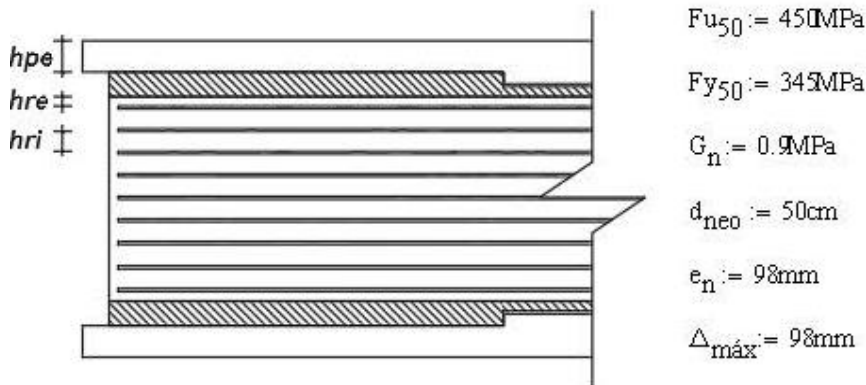
Se sugieren eff < 90%

$$\text{Ver5} := \begin{cases} \text{"OK, el concreto no se arranca"} & \text{if } Vu < V_b \\ \text{"REVISAR, el concreto se arranca"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ver5 = "OK, el concreto no se arranca"

DISEÑO DE TOPES SISMICOS:

Determinación de la rigidez del neopreno y los desplazamientos en el apoyo del puente:



$F_s := 860 \text{kN}$ Fuerza de sismo actuante en cada neopreno

$$A_n := \pi \cdot \frac{d_{\text{neo}}^2}{4} = 1963.495 \text{cm}^2$$

La rigidez del neopreno la estimamos mediante:

$$K_r := G_n \cdot \frac{A_n}{e_n}$$

$$K_r = 1803.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

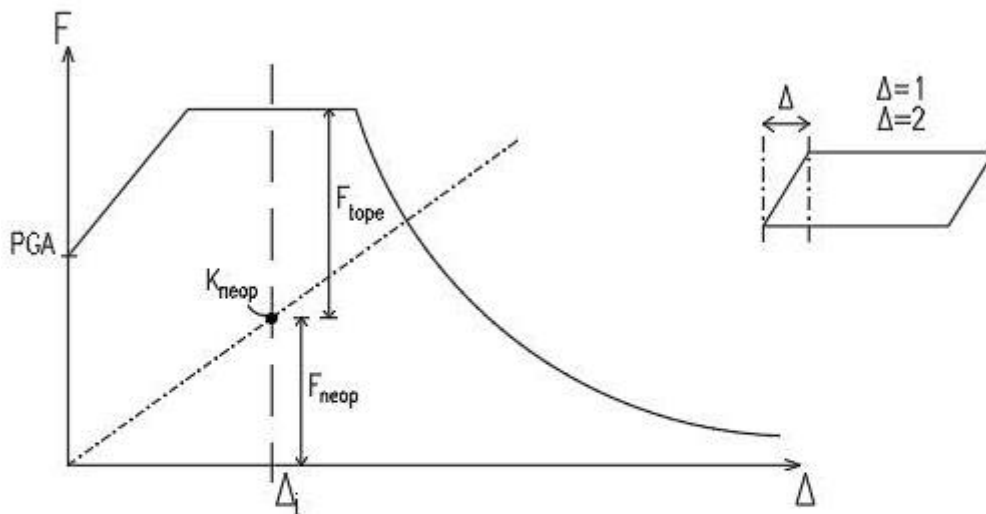
El desplazamiento en el apoyo producto de la fuerza de sismo se calcula como:

$$K_r \cdot X = F_s$$

$X = 476.9 \text{mm}$ Deformación total producto de la fuerza de sismo

Por el tipo de neopreno que se utiliza, este solo permite un desplazamiento máximo igual a su altura ($h=98 \text{mm}$), por ende se concluye en que la estructura impactará contra el tope sismico.

Considerando la rigidez del neopreno y sabiendo que este (por el tipo de neopreno) solo puede asumir un desplazamiento máximo igual a su altura entonces se puede determinar la fuerza que asume el neopreno y el diferencial de fuerza que logra impactar contra el tope sísmico Δf .



$$F_{neop} = K_r \cdot \Delta_{m\acute{a}x}$$

$$F_{neop} = 176.71 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = F_s - F_{neop}$$

$$\Delta F_s = 860 \text{ kN} - 176.71 \text{ kN}$$

$$\Delta F_s = 683.29 \text{ kN}$$

Debido a que la deformación calculada excede la deformación máxima permisible del neopreno, se concluye que el puente impacta sobre los topes sísmicos. Consecuentemente se dimensionarán los elementos resistentes para la fuerza de impacto.

Diseño de tope de concreto longitudinal.-

Debido a la relación de dimensiones en la sección del tope de concreto longitudinal (elemento de gran peralte), las hipótesis de Bernoulli no se cumplen y la distribución de esfuerzos en la sección se ajusta más a un análisis por bielas y tirantes. Se plantea un posible flujo en la distribución de esfuerzos por acción de la carga de impacto:

Comentario: La fuerza sísmica se amplificó por 1.5 veces, bajo la consideración de que en un evento accidental ambos apoyos no impactaran simultáneamente, esto debido a irregularidades de la nivelación, enrasado de la superficie de contacto, etc.

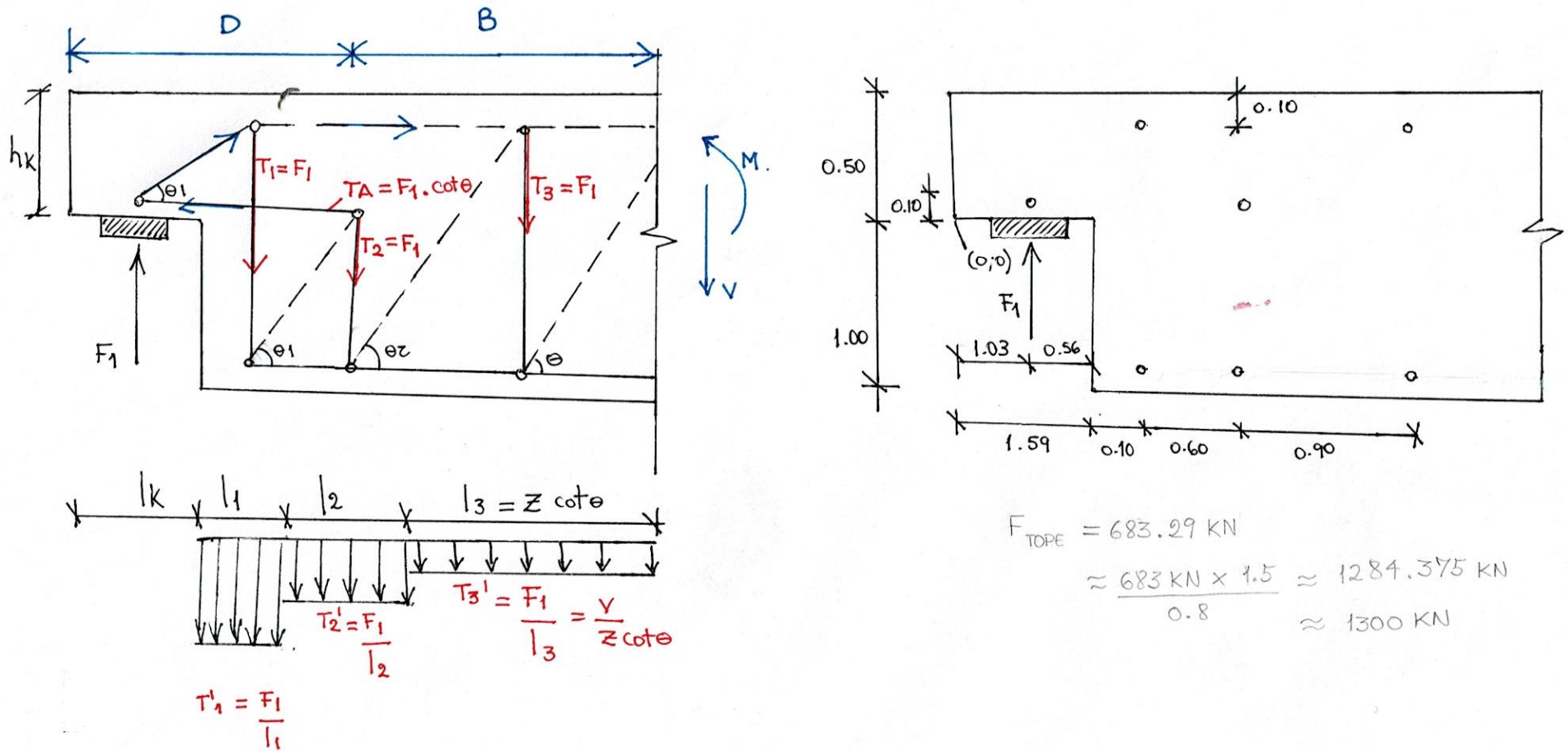


Figura 49: Modelo de bielas y tirantes planteado para la distribución de fuerzas en el tope sísmico producto de la carga de impacto

Se verificó esta hipótesis haciendo uso del software CAST. A continuación se exponen los resultados:

Hipótesis 01:

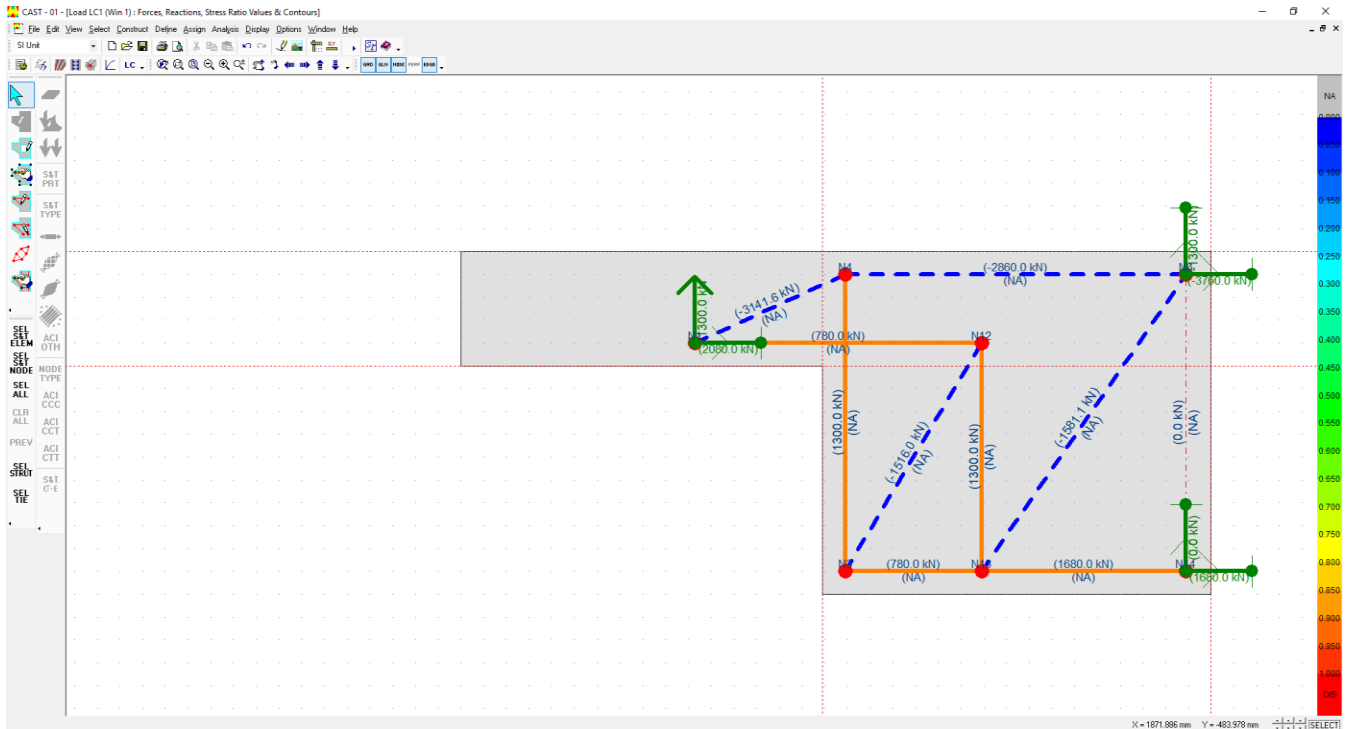


Figura 50: Primer modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada

De acuerdo a lo presentado en la figura anterior, se corrobora que los resultados obtenidos del análisis en el software concuerdan con el planteamiento teórico.

Adicionalmente se verificó otros dos modos posibles de distribución de las fuerzas en la sección:

Hipótesis 02:

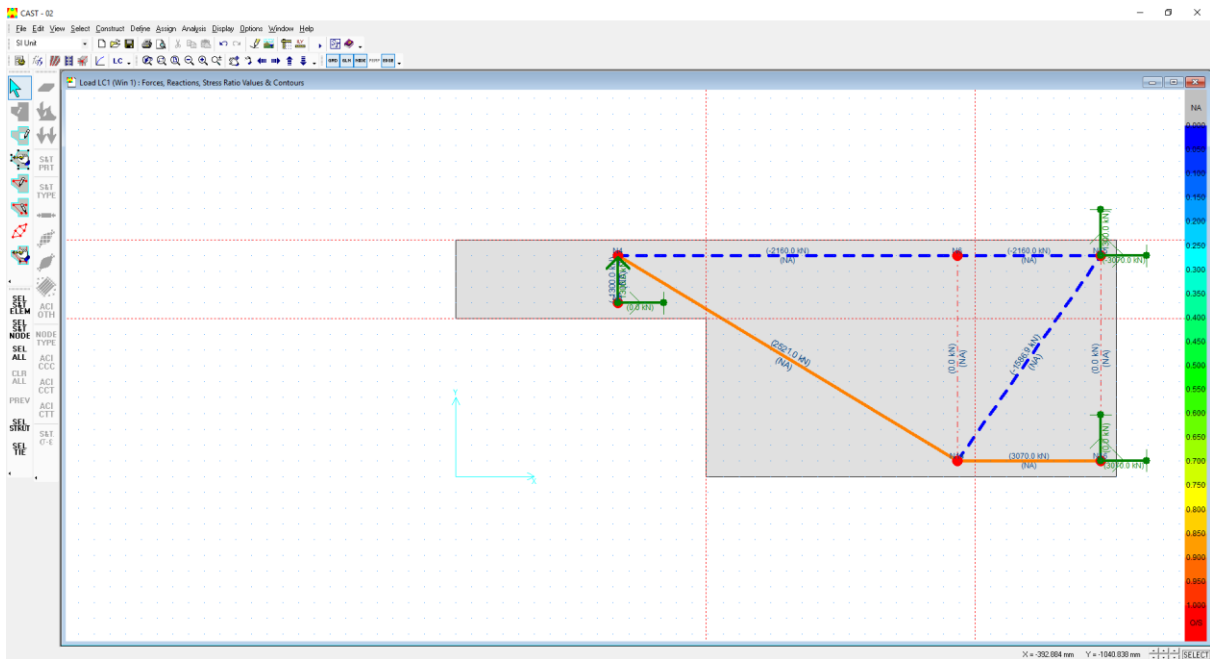


Figura 51: Segundo modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada

Hipótesis 03:

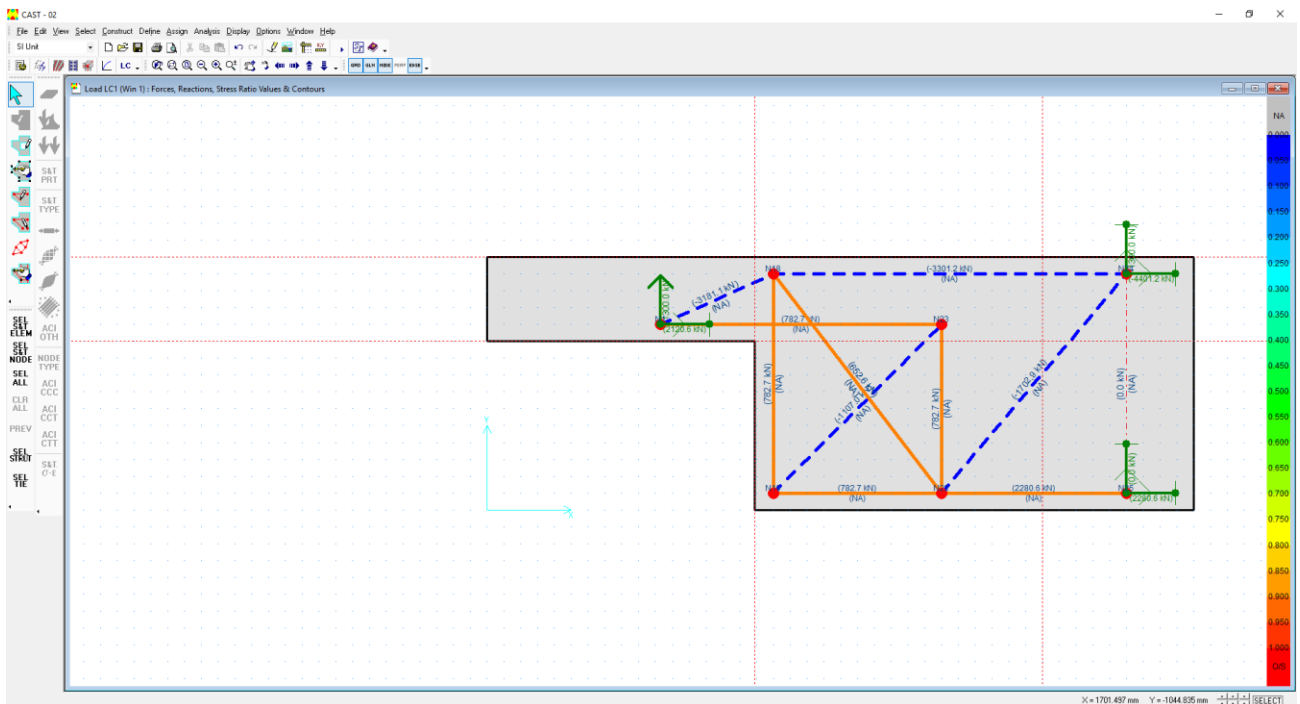


Figura 52: Tercer modelo propuesto para la distribución de las bielas y tirantes en la sección analizada

Diseño de tope de concreto transversal.-

Topo Sísmico Transversal de Concreto - Estribos

Comentario: El diseño de la llave de corte es realizado según "Seismic Design and retrofit of Bridges". M.J.N. Priestley, F. Seible, G.M. Calvi. Wiley-Interscience Publication. 1996. Pag 425.

1. Materiales

$$F_c := 28\text{MPa}$$

$$F_y := 420\text{MPa}$$

2. Geometría de la sección

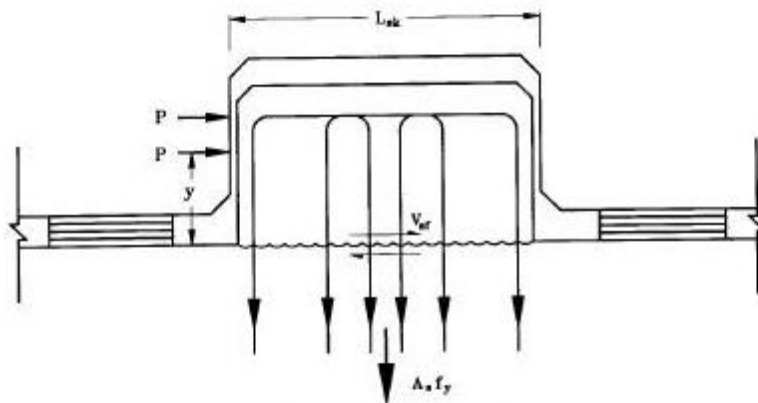
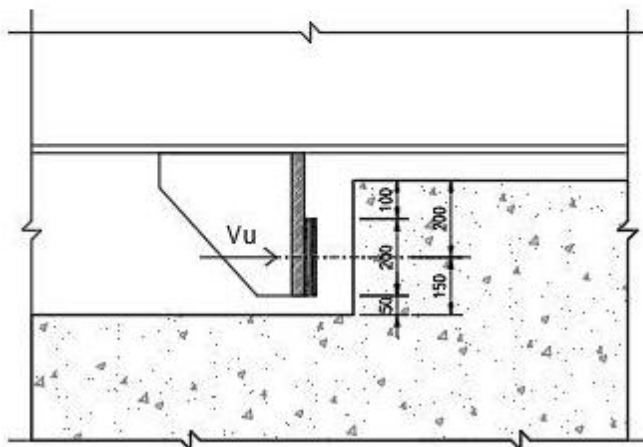


FIG. 5.93 Shear key design.

Fuente: "Seismic Design and retrofit of Bridges". M.J.N. Priestley, F. Seible, G.M. Calvi. Wiley-Interscience Publication. 1996. Pag 425.



$$y := 150\text{mm}$$

$$b := 1000\text{mm}$$

$$L_{sk} := 2500\text{mm}$$

$$h_c := 350\text{mm}$$

$$h_{neop} := 200\text{mm}$$

$$Ver_1 := \begin{cases} \text{"Considerar efecto de corte"} & \text{if } y \leq \frac{L_{sk}}{3} \\ \text{"Considerar efecto de la flexión"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ver₁ = "Considerar efecto de corte"

3. Fuerza de diseño:

V_u := 683.29kN Fuerza sismica horizontal actuante sobre el tope sismico

γ_{amp} := 1.5

4. Verificación de la interface corte - fricción

F_{DC,pp} := 329.6kN F_{DC.vereda} := 163.8kN

F_{DW} := 114kN F_{LL.IM} := 739.6kN

F_{DC.losa} := 1065.5kN F_{LL.ped} := 174.6kN

$$P_c := F_{DC,pp} \cdot 1.3 + F_{DW} + F_{DC,losa} + F_{DC,vereda} + F_{LL,IM} + F_{LL,ped}$$

P_c = 2685.98·kN Fuerza de compresión perpendicular al plano de corte

c_o := 0MPa Cohesión para concreto colocado sobre superficie limpia y sin rugosidad intensional (conservadoramente despreciamos el efecto de la cohesión)

μ := 0.6 Factor de fricción para concreto colocado sobre superficie limpia y sin rugosidad intensional

φ_s := 0.85 Factor de reducción por corte para diseño por resistencia

$$A_{vf} := \frac{V_u \cdot \gamma_{amp}}{\mu \cdot F_y}$$

A_{vf} = 40.672·cm² Area del refuerzo que atraviesa el plano de corte

A_{vasig} := 79.6cm² Area del refuerzo asignada en el plano de corte

La resistencia nominal al corte, en la interface corte - fricción, puede ser tomado como.

$$V_n = c_o \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot F_y + P_c)$$

$$A_{cv} := b \cdot L_{sk} = 2.5 \text{ m}^2 \quad \text{Area que participa en la transferencia de corte}$$

$$V_{n1} := c_o \cdot A_{cv} + \mu \cdot (A_{vf} \cdot F_y + P_c)$$

$$V_{n1} = 2636.523 \cdot \text{kN}$$

La resistencia nominal usada en el diseño no puede ser mayor que el menor valor de:

$$V_{n2} := 0.2 \cdot F_c \cdot A_{cv} = 14000 \cdot \text{kN}$$

$$V_{n3} := 5.5 \cdot \frac{A_{cv}}{\frac{1 \text{ mm}^2}{1 \text{ N}}} = 13750 \cdot \text{kN}$$

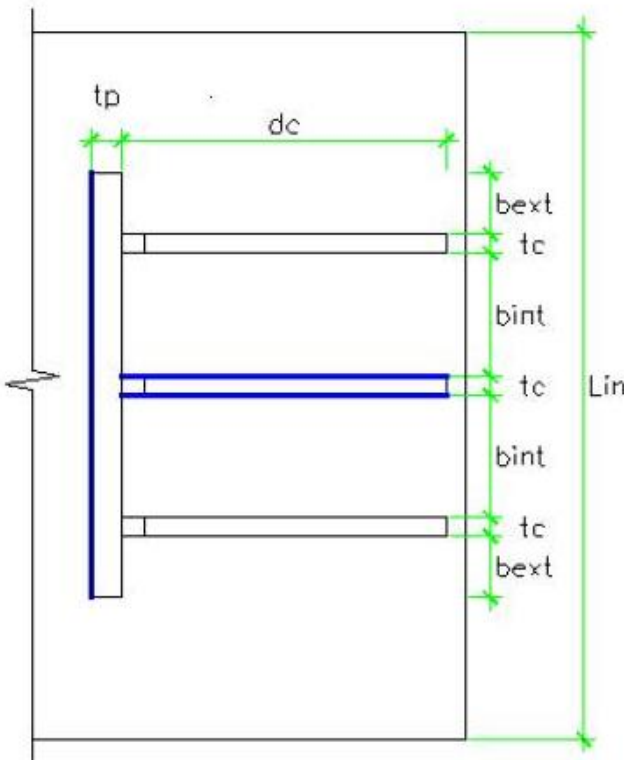
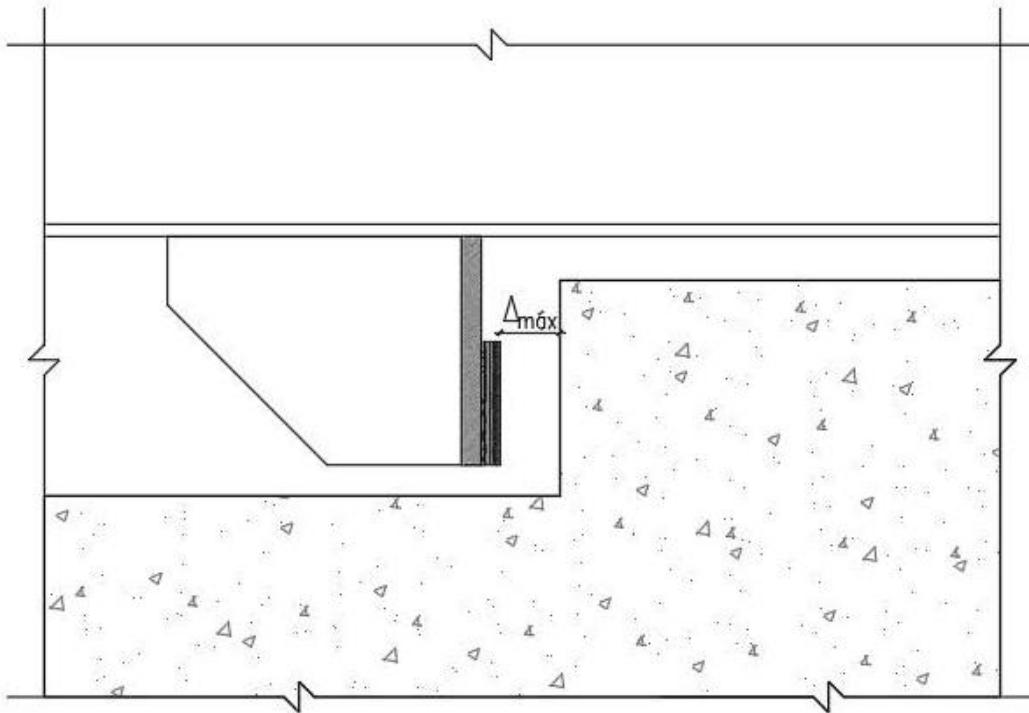
$$V_n := \phi_s \cdot \min(V_{n1}, V_{n2}, V_{n3}) = 2241.045 \cdot \text{kN}$$

$$\text{Ver}_2 := \begin{cases} \text{"OK"} & \text{if } V_n > V_u \cdot \gamma_{amp} \\ \text{"REVISAR"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Ver}_2 = \text{"OK"}$$

Diseño de tope metálico.-

Verificación de Soldadura - Tope Metálico Transversal



Propiedades del acero estructural:

$F_y := 345\text{MPa}$ Acero ASTM 709
 $F_u := 450\text{MPa}$ Grado 50

Propiedades de soldadura:

$F_{exx} := 70\text{ksi}$ electrodo de arco sumergido

Datos de geometría:

$tp := 32\text{mm}$ $H_f := 267\text{mm}$
 $tc := 20\text{mm}$ $H_t := 371.2\text{mm}$
 $b_{int} := 65\text{mm}$
 $b_{ext} := 55\text{mm}$
 $dc := 345\text{mm}$
 $N_{cart} := 3$

Fuerza actuante en el tope:

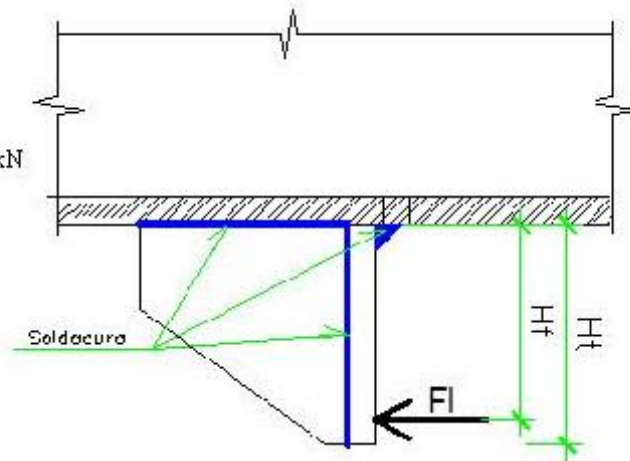
$$\gamma_{amp} := 1.5$$

$$F1 := 683.29 \text{ kN} + 0.8 \cdot \gamma_{amp} = 1281.169 \text{ kN}$$

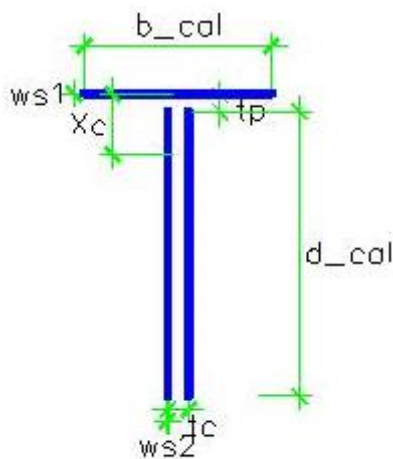
$$V_u := F1$$

$$M_u := V_u \cdot H_f = 342.072 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se tiene que son 3 cartelas



Esquema de resistencia de la soldadura para una línea



$$d_{cal} := dc = 345 \text{ mm}$$

$$b_{cal} := 2 \cdot (b_{int} + b_{ext}) + 3 \cdot tc = 300 \text{ mm}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de líneas verticales} \quad N_{ver} := 2 \cdot N_{cart} = 6$$

$$\text{El ancho de soldadura asumido es de: } \boxed{w_s := 9 \text{ mm}}$$

$$w_{s1} := w_s \quad w_{s2} := w_s$$

Longitud total de soldadura

$$L_w := b_{cal} + N_{ver} \cdot d_{cal} = 2.37 \times 10^3 \text{ mm}$$

$$A_w := b_{cal} \cdot w_{s1} + 2 \cdot d_{cal} \cdot w_{s2}$$

$$A1 := b_{cal} \cdot w_{s1}$$

$$A2 := d_{cal} \cdot w_{s2}$$

El centroide de la sección es

$$Y_{cg} := \frac{A1 \cdot (0.5 \cdot w_{s1}) + N_{ver} \cdot A2 \cdot (w_{s1} + tp + 0.5 \cdot d_{cal})}{A_w} \quad Y_{cg} = 447.8 \text{ mm}$$

$$I_1 := \frac{b_{cal} \cdot w_{s1}^3}{12} = 1.823 \times 10^4 \text{ mm}^4 \quad I_2 := \frac{w_{s2} \cdot d_{cal}^3}{12} = 3.08 \times 10^7 \text{ mm}^4$$

Momento de inercia de la sección

$$I_y := I_1 + N_{ver} \cdot I_2 + A1 \cdot (0.5 \cdot w_{s1} - Y_{cg})^2 + N_{ver} \cdot A2 \cdot (w_{s1} + tp + 0.5 \cdot d_{cal} - Y_{cg})^2 = 1.738 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Modulo de seccion

$$S := \frac{I_y}{Y_{cg}} = 3.881 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$$

Area total de soldadura $A_w = 8.91 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$

Momento de inercia $I_y = 1.738 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4$

Modulo de sección $S = 3.881 \times 10^6 \cdot \text{mm}^3$

Tamaño de la garganta para soldadura de arco protegido:

$$T_e := \begin{cases} w_s & \text{if } w_s \leq \frac{3\text{in}}{8} \\ 0.707 \cdot w_s + 0.11\text{in} & \text{otherwise} \end{cases} \quad T_e = 9 \cdot \text{mm}$$

Se asume que cada cordón de soldadura toma igual carga, entonces el esfuerzo cortante es

$$R_{nv} := \frac{V_u}{(T_e) \cdot (L_w)} = 60.064 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Componente de tension horizontal debido al momento de FI

$$R_{nt} := \frac{M_u \cdot Y_{cg}}{I_y} = 88.14 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

La fuerza resultante actuante es

$$\phi R_n := \left(\sqrt{R_{nv}^2 + R_{nt}^2} \right) \cdot [(T_e) \cdot (L_w)] = 2275.1 \cdot \text{kN}$$

Fuerza cortante resistente por la soldadura es:

$$\phi R_{nw} := 0.75 \cdot (T_e) \cdot 0.60 \cdot F_{\text{exx}} \cdot L_w = 4632.6 \cdot \text{kN}$$

Nota = "Cumple la verificación"

Para la verificación por flexion se tiene que el momento maximo resistente es

$$M_{ur} := \left[\frac{\phi R_{nw}}{[(T_e) \cdot (L_w)]} \right] \cdot S = 842.898 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Nota = "Cumple la verificación"

Adicionalmente, se elaboró un modelo por elementos de área (tipo shell) en el programa de elementos finitos SAP2000, de la viga transversal y se colocó la carga de impacto y el momento flector (fuerza de impacto por su brazo hasta la union con la soldadura) sobre el punto de unión plancha – alma de viga y se evaluaron los esfuerzos bajo el criterio de falla de von Mises. A continuación se exponen los resultados:

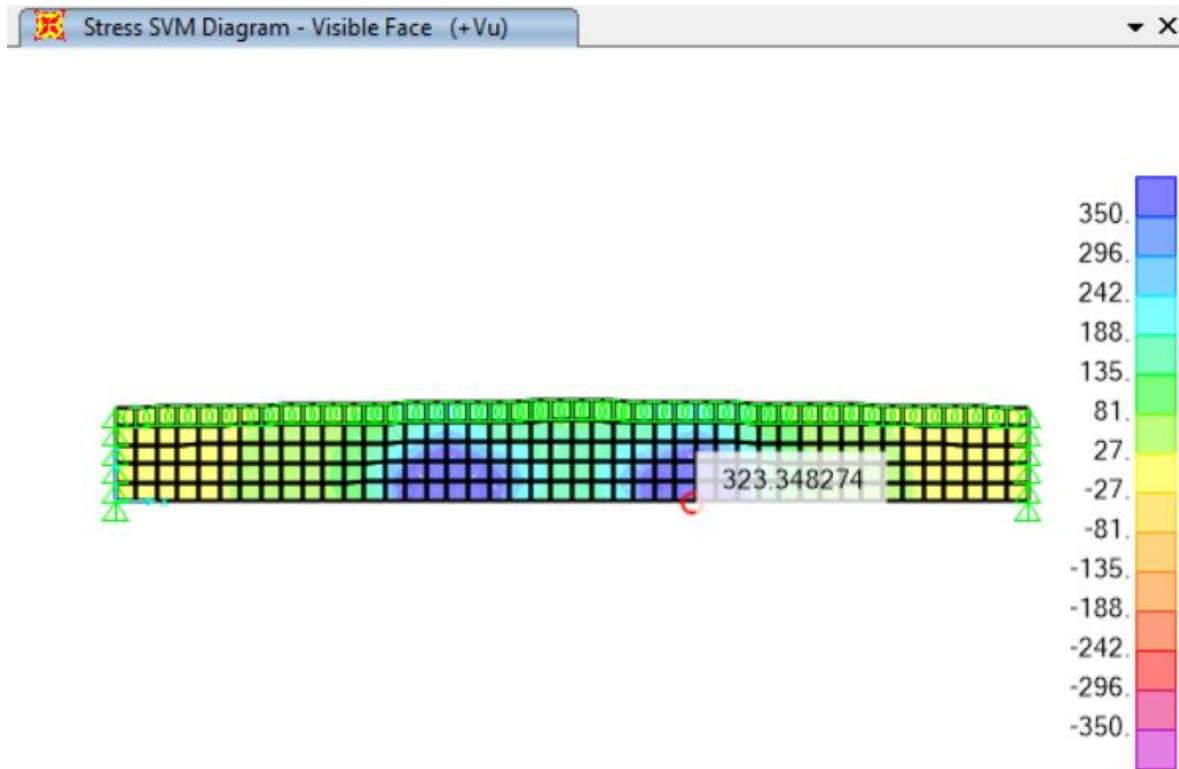


Figura 53: Modelo matemático de la viga transversal en el punto de unión con los topes metálicos

Los resultados muestran que los esfuerzos máximos en compresión son inferiores a los esfuerzos de von Mises $0.95 \cdot F_y = 0.95 \cdot 345 \text{MPa} = 327.75 \text{MPa} > 323.34 \text{MPa}$. Se concluye que el espesor de plancha en el alma ($t_w = 12.7 \text{mm}$) de la sección es apropiado.

DISEÑO DE LA LOSA DE TABLERO

El tablero tendrá 12 tramos de 5.667m cada uno, y estará apoyado en 13 vigas de sección I de acero estructural (ASTM A709 G.50) con una carpeta asfáltica de 5cm de espesor.

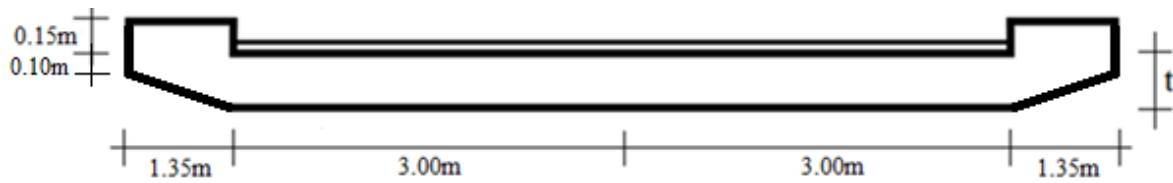
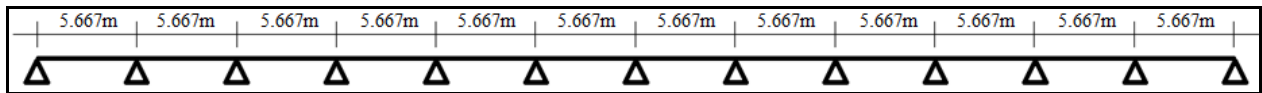


Figura 54: Sección transversal de la losa de tablero



Predimensionamiento:

Dado que el tablero es de tramos continuos (hiperestático), para estimar el espesor del tablero usaremos la siguiente expresión

$$t = \frac{S + 3}{30}$$

$$t = 30cm$$

CARGAS. –

CM

- LOSA: Concreto armado $\gamma = 2400 \text{ kg/cm}^2$
- VEREDA: Concreto armado $\gamma = 2400 \text{ kg/cm}^2$
- SUPERFICIE DE RODADURA: Asfalto $\gamma = 2240 \text{ kg/cm}^2$

CV

- PEATONAL: $PL = 366 \text{ kg/m}^2$
- VEHICULAR: $HL-93$

El diseño de la losa se realizó por metro lineal, por lo tanto, el metrado de cargas debe ser para un ancho $b = 1.00m$.

Cargas permanentes:

Franja de borde

		Carga distribuida
DC	Losa	0.720 Tn/m
	Vereda	0.360 Tn/m
DW	Asfalto	0.112 Tn/m

Franja interior

		Carga distribuida
DC	Losa	0.720 Tn/m
DW	Asfalto	0.112 Tn/m

Cargas vivas:

Para un ancho $b = 1.00\text{m}$:

PEATONAL: $PL = 366 \text{ kg/m}$

VEHICULAR: Las cargas vehiculares se aplicaron al modelo del tablero en SAP2000 y se obtuvieron esfuerzos los cuales fueron divididos entre anchos de faja para poder obtener esfuerzos de diseño que sean para un ancho $b = 1.00\text{m}$

Ancho de faja:

Para la franja interior:

$$\text{Caso 2 carriles cargados} \quad E = 2.1 + 0.12\sqrt{L_1 W_1} \leq \frac{W}{N_L}$$

$$\text{Caso 1 carril cargado} \quad E = 2.1 + 0.12\sqrt{L_1 W_1} \leq \frac{W}{N_L}$$

$$E = 2.94\text{m}$$

Para la franja de borde:

$$E_b = b_{vereda} + 30\text{cm} + \frac{E}{4} \leq \frac{E}{2} \text{ o } 180\text{cm}$$

$$E = 1.47\text{m}$$

Combinaciones de diseño:

Para el diseño del tablero del puente se han usado las siguientes combinaciones o estados límites:

Resistencia I	$U = n[1.25DC+1.5DW+1.75(LL+Imp)]$
Servicio I	$U = n[1.00DC+1.00DW+1.00(LL+Imp)]$
Fatiga II	$U = n[0.75(LL+Imp)]$ (Bajo volumen de tráfico)

Esfuerzos de diseño por tipo de carga:

Por cargas permanentes (Tramos externos)

Franja interior

		Momentos flector	
DC	Losa	-4.03 Tn-m	2.97 Tn-m
DW	Asfalto	-0.54 Tn-m	0.40 Tn-m

Franja de borde

		Momentos flector	
DC	Losa	-4.03 Tn-m	2.97 Tn-m
	Vereda	-2.30 Tn-m	1.70 Tn-m
DW	Asfalto	-0.54 Tn-m	0.40 Tn-m

Por cargas permanentes (Tramos internos)

Franja interior

		Momentos flector	
DC	Losa	-4.03 Tn-m	1.68 Tn-m
DW	Asfalto	-0.54 Tn-m	0.22 Tn-m

Franja de borde

		Momentos flector	
DC	Losa	-4.03 Tn-m	1.68 Tn-m
	Vereda	-2.30 Tn-m	0.96 Tn-m
DW	Asfalto	-0.54 Tn-m	0.22 Tn-m

Por carga viva (Tramos externos)

Franja interior

		Momentos flector	
LL+Imp	HL-93	-7.35 Tn-m	10.27 Tn-m

Franja de borde

		Momentos flector	
PL	Peatonal	-1.75 Tn-m	1.30 Tn-m
LL+Imp	HL-93	-14.70 Tn-m	20.54 Tn-m

Por carga viva (Tramos internos)

Franja interior

		Momentos flector	
LL+Imp	HL-93	-7.35 Tn-m	8.87 Tn-m

Franja de borde

		Momentos flector	
PL	Peatonal	-1.76 Tn-m	1.28 Tn-m
LL+Imp	HL-93	-14.70 Tn-m	17.75 Tn-m

FUERZAS DE DISEÑO:

(tramos externos)

Franja interior

	Mu	
Resistencia I	-18.70 Tn-m	22.28 Tn-m
Servicio I	-11.91 Tn-m	13.64 Tn-m
Fatiga II	-2.62 Tn-m	4.90 Tn-m

Franja de borde

	Mu	
Resistencia I	-37.51 Tn-m	44.65 Tn-m
Servicio I	-23.32 Tn-m	26.90 Tn-m
Fatiga II	-2.62 Tn-m	4.90 Tn-m

(tramos internos)

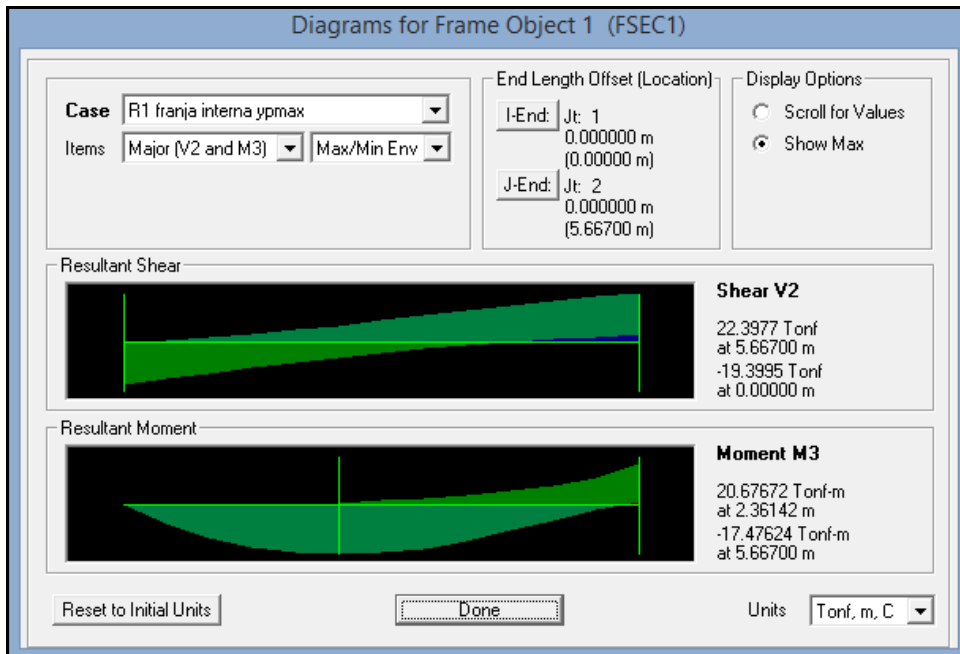
Franja interior

	Mu	
Resistencia I	-18.70 Tn-m	19.84 Tn-m
Servicio I	-11.91 Tn-m	10.77 Tn-m
Fatiga II	-2.62 Tn-m	4.23 Tn-m

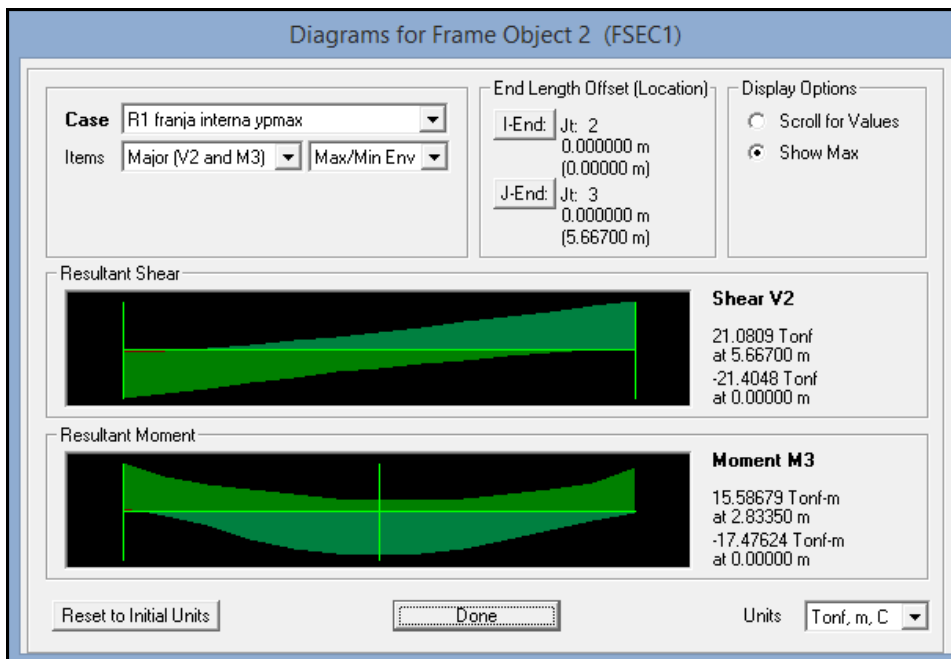
Franja de borde

	Mu	
Resistencia I	-37.52 Tn-m	37.85 Tn-m
Servicio I	-23.32 Tn-m	21.88 Tn-m
Fatiga II	-2.62 Tn-m	4.23 Tn-m

Momentos de diseño (tramo exterior)



Momentos de diseño (tramo interior)



RESUMEN DE ARMADOS:

TRAMO	FRANJA	UBICACIÓN	As	
			LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
TRAMO EXTERIOR	FRANJA DE BORDE	ACERO NEGATIVO	Ø1''@12.5cm	Ø5/8''@20cm
		ACERO POSITIVO	Ø1''@10 cm	Ø5/8''@15cm
	FRANJA INTERNA	ACERO NEGATIVO	Ø1''@25cm	Ø5/8''@40cm
		ACERO POSITIVO	Ø1''@20 cm	Ø5/8''@30cm
TRAMO INTERIOR	FRANJA DE BORDE	ACERO NEGATIVO	Ø1''@12.5cm	Ø5/8''@20cm
		ACERO POSITIVO	Ø1''@10 cm	Ø5/8''@20cm
	FRANJA INTERNA	ACERO NEGATIVO	Ø1''@25cm	Ø5/8''@40cm
		ACERO POSITIVO	Ø1''@20 cm	Ø5/8''@40cm

Tabla 31: Resumen de armados en losa de tablero

Análisis de la vereda:

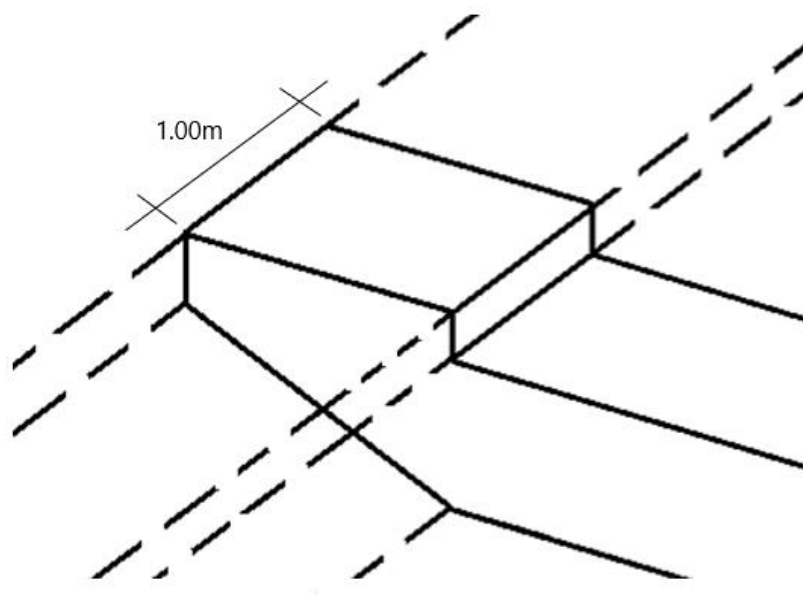
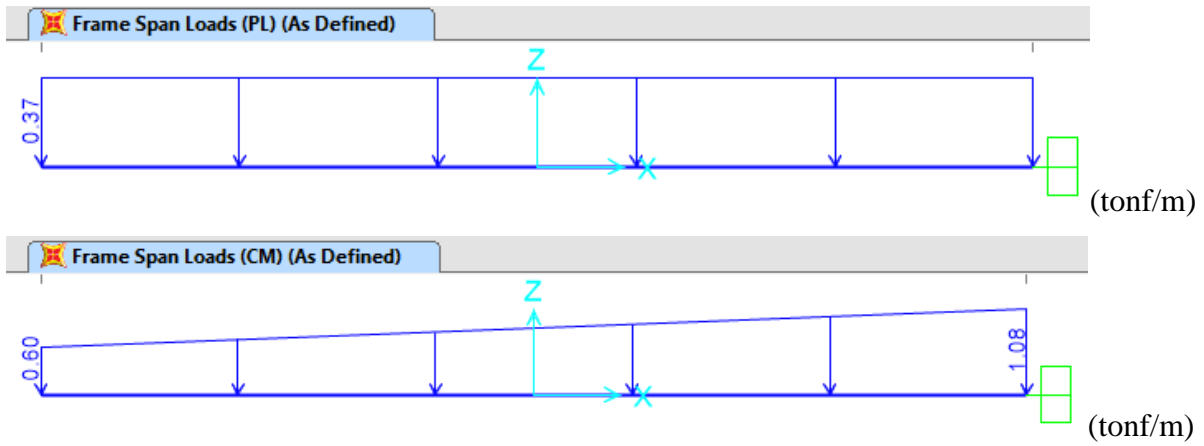
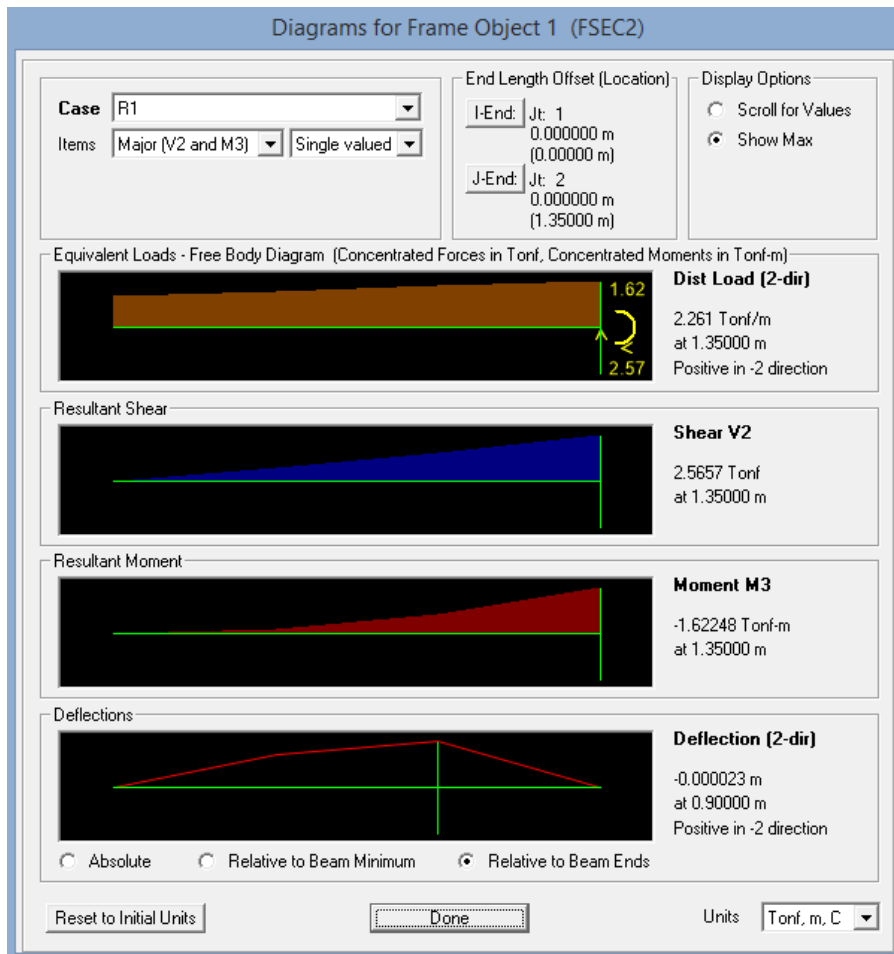
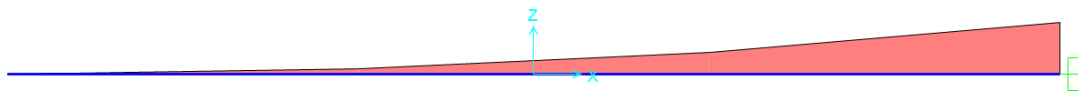


Figura 55: Perspectiva del borde de la losa de tablero en su unión con la vereda

Las cargas consideradas son las peatonales y las cargas permanentes.



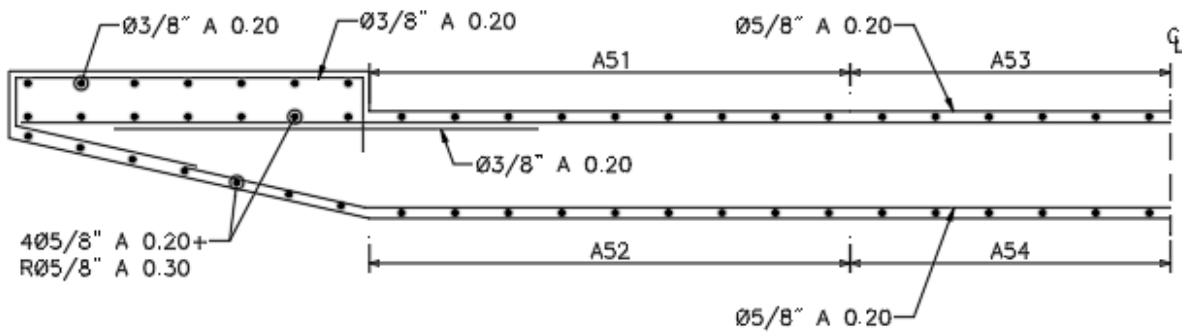
Los esfuerzos de diseño debido a la combinación de **Resistencia I**:



TRAMO	FRANJA	UBICACIÓN	As LONGITUDINAL	As TRANSVERSAL
TRAMO EXTERIOR E INTERIOR	VEREDA	ACERO	1Ø5/8''+	5Ø5/8''@15cm+RØ5/8''@30cm
		NEGATIVO	1Ø3/8''@20cm	
		ACERO	1Ø5/8''@20cm	5Ø5/8''@15cm+RØ5/8''@30cm
		POSITIVO		
		MALLA	Ø3/8''@20cm (ambos sentidos)	

Figura 56: Resumen de armados en la vereda de la losa de tablero

Detalle de armado



OBRAS DE PROTECCIÓN

El tipo y la definición geométrica de las obras de protección están íntimamente ligados a los efectos de socavación que sufra la estructura en la zona de estudio. Para el presente proyecto se analizaron dichos efectos, cuyos resultados se presentan a continuación:

SOCAVACIÓN

Para la evaluación de efectos por socavación se trabajó con un caudal calculado para un periodo de retorno de $T=500$ años, como resultado se obtiene un caudal de $552.37 \text{ m}^3/\text{s}$.

En los estudios mecánica de suelos de las muestras del proyecto, resulta un tipo de suelo granular no cohesivo. En el manual de puentes del MTC se encuentra una fórmula para la socavación según el tipo de suelo, la cual, está en función del caudal y diámetro del material a erosionar (grava gruesa).

Tabla N° 02			
CLASIFICACION SEGÚN EL TAMAÑO DE PARTICULAS			
Tamaño (mm)			Tipo de material
4000	-	2000	Canto rodado grande
2000	-	1000	Canto rodado medio
1000	-	500	Canto rodado pequeño
500	-	250	Cascajo grande
250	-	130	Cascajo pequeño
130	-	64	Grava muy gruesa
64	-	32	Grava gruesa
32	-	16	Grava media
16	-	8	Grava fina
8	-	4	Grave muy fina
4	-	2	Arena muy gruesa
2	-	1	Arena gruesa
1	-	0.500	Arena media
0.500	-	0.250	Arena fina
0.250	-	0.125	Arena muy fina
0.125	-	0.062	Limo grueso
0.062	-	0.031	Limo medio
0.031	-	0.016	Limo fino
0.016	-	0.008	Limo muy fino
0.008	-	0.004	Arcilla gruesa
0.004	-	0.002	Arcilla media
0.002	-	0.001	Arcilla fina
0.001	-	0.0005	Arcilla muy fina

Fuente: UNION GEOFISICA AMERICANA (AGU)

Diametro medio (D_{50}) = =====>

Material : =====>

Peso Especifico (Tn/m^3) =

Figura 57: Tablas de tipo suelo y su clasificación según el tamaño de partículas [17]

Se obtuvo 1 metro de profundidad de socavación general. A este valor se le añadió un factor de seguridad de 1 metro adicional de profundidad de socavación. Finalmente, tenemos una profundidad total de socavación de 2 metros.

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :

X : Exponente que depende de : D _m para suelos Granulares No Cohesivos y γ _s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N°		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
x = 0.30	0.77	β = 1.05	t _s = 2.61 m

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		
H _s	=	t _s - t
H _s	=	0.91 m
H _s	=	1.00 m

Figura 58: Profundidad teórica de socavación

3.1.6 DEFENSA RIBEÑERA

TIRANTE HIDRAULICO

Como nuestro ancho estable es de 65 metros se utilizó el Método de Altunin -Manning (B > 30m) el cual está en función del ancho estable, caudal y pendiente. Como resultado se obtuvo un tirante hidráulico de 1.30 metros de altura.

$t = ((Q / (K_s * B * S^{1/2}))^{3/5}$		t
Valores para K _s para Cauces Naturales (Inversa de n)		(m)
Descripción	K _s	1.29
Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33	
Caudal de Diseño (m³/seg)		
Q = 372.66		
Ancho Estable - Plantilla (m)		
B = 65.00		
Pendiente del Tramo de estudio		
S = 0.01300		

Figura 59: Cálculo del tirante hidráulico

ALTURA DE DIQUE

Se calculó un borde libre, el cual, está en función de la velocidad media de la corriente. De igual manera, se halló con la fórmula de Manning.

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$					
Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>			R :	Pendiente de Fondo >>> S	
Tirante medio (y)		Taluz de Borde (Z)		S = 0.01300	
y = 1.29		Z = 1.5		Coefficiente de Rugosidad de Manning	
Ancho de Equilibrio (B)			1.24	Descripción	
B = 65.00				Cauce con fondo sólido sin irregularidades = 0.025	
Área (m2)		Perímetro (m)		n	
A = 81.35		P = 65.78		0.025	
>>>>>>>			V = 5.26	m/seg	

Figura 60: Cálculo de la velocidad media de la corriente

Una vez hallada la velocidad media, se procedió a calcular el número de Froude, el cual resultó 1.50.

$$\text{Numero de Froude : } F = V / (g * y)^{1/2}$$

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:		Froude (F)
V = 5.26	g = 9.81	y = A / B >>>	y = 1.25	1.50

Figura 61: Cálculo del número de Froude

La altura del dique se calculó como se muestra a continuación:

Bordo Libre (BL) = ϕe					ALTURA DE MURO (H_b)
Caudal máximo m ³ /s	ϕ	ϕ	$e = V^2/2g$	BL	$H_M = y + BL$
3000.00	4000.00	2	1.41	1.55	y : Tirante de diseño (m)
2000.00	3000.00	1.7			y = 1.29
1000.00	2000.00	1.4			>>>>> $H_M = 2.84$
500.00	1000.00	1.2			Por Procesos Constructivos
100.00	500.00	1.1			>>>>> $H_M = 2.90$

Caudal de Diseño (m³/seg) : 372.66

Por lo Tanto las características Geométricas del dique a construir son :

ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	=	2.90
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	=	2.90
ANCHO DE CORONA (m)	=	3.00
TALUD	:	H V
Cara Humeda	1.5 :	1
Cara seca	1 :	1
AREA (m ²)	=	14.86

Figura 62: Cálculo de la altura del dique

PROFUNDIDAD DE UÑA

ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO DEL PUENTE
 Proyecto : LAQUIPAMPA, DISTRITO DE INCAHUASI, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, 2017.

Profundidad de Socavacion (H_s) =	0.66	=====>	Profundidad de Uña ($P_{UÑA}$) =	$FS * H_s$
			FS =	1.1
			$P_{UÑA}$ =	0.73

Por lo Tanto Seleccionamos :

$P_{UÑA}$ =	0.80 m
-------------	--------

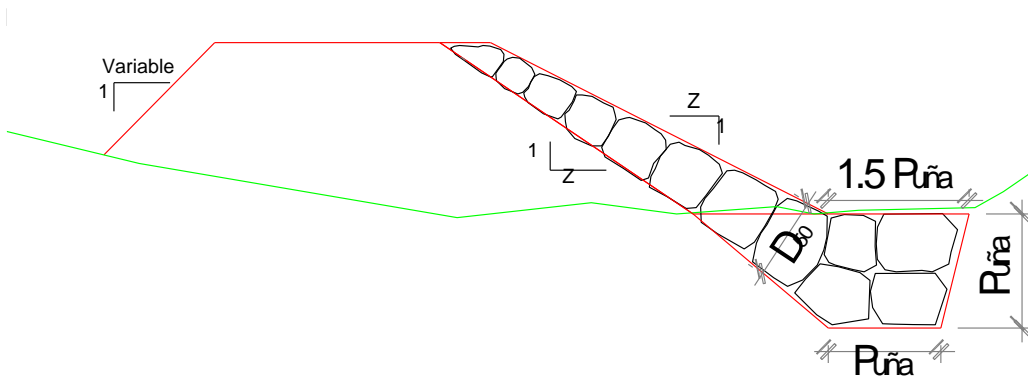


Figura 63: Cálculo de la profundidad de la uña para la defensa ribereña

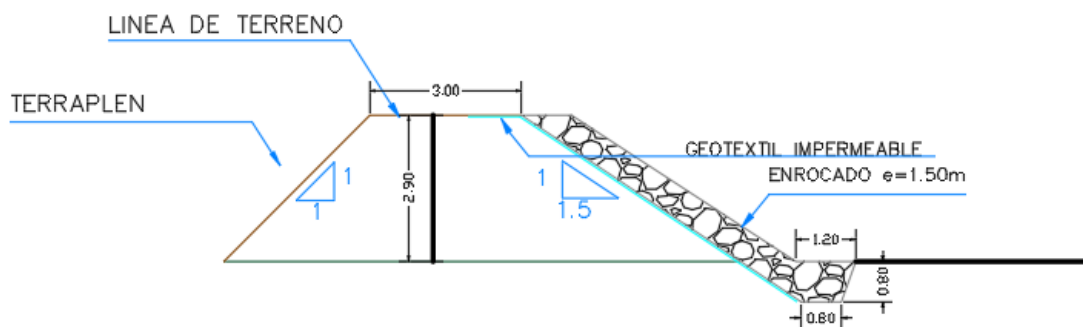


Figura 64: Esquema de composición de la defensa ribereña

CÁLCULO ESTRUCTURAL

Estabilidad del terraplén

Según [20], la estabilidad del terraplén está en función del peso del terraplén, ángulo de fricción interna y la presión del agua. Si la fuerza resistente es mayor que la presión de agua se concluye que hay estabilidad, de lo contrario, fallará por inestabilidad. Se verificó que el terraplén no sufra fallos por estabilidad, los resultados se muestran en la siguiente figura:

ESTABILIDAD DEL TERRAPLEN			
Fuerza Resistente (Kg/m)			ANALISIS DE ESTABILIDAD
$R = W * \text{Tag } \emptyset$			
W = Peso del Terraplen		R	R > P =====> EL DIQUE ES ESTABLE A LA PRESION DEL AGUA
Area Dique (m ²)	14.86	21,275.85	
Peso Especifico del material (Kg/ m ³)	1900.00		
W = 28,234.00			
Angulo de friccion interna en grados(tipo de material de rio)			
\emptyset	37		
Tag \emptyset	0.75		
Presion del Agua (Kg/m ²)			
$P = P_w * t^2/2$		P	
P _w =	1000.00	832.05	
Tirante			
t =	1.29		

Figura 65: Verificación de la estabilidad del terraplén

Probabilidad de movimiento de la roca

El porcentaje de probabilidad de movimiento de roca está en relación con la velocidad del caudal y el peso específico de la roca. Nuestra estructura tiene un 0.47% de probabilidades de fallar por movimiento de roca.

PROBABILIDAD DE MOVIMIENTO DE LA ROCA		
$F_{roca (D50)} = 0.56 * (V^2/2g) * (1/ D_{50}) * (1/ \Delta)$		$F_{roca} (%)$
Velocidad caudal de diseño (V)		
Velocidad		5.26
$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_a}{\gamma_a}$		Δ
Peso específico de la roca (cantera) Kg/m³		1.70
$\gamma_s =$	2,700.00	
Peso específico del agua Kg/m³		
$\gamma_a =$	1,000.00	
Diametro medio de la roca (D₅₀)		
D ₅₀	=	1.00

Figura 66: Estimación de la probabilidad de falla por movimiento de la roca

Estabilidad del revestimiento del enrocado

Se verificó que la fuerza cortante máxima actuante (demanda) es menor que la fuerza cortante crítica (capacidad). De esta forma se garantizó la estabilidad del revestimiento del enrocado.


ESTABILIDAD DEL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO			
ESFUERZO MAXIMO CORTANTE ACTUANTE		ESFUERZO CORTANTE CRITICOS	
$\tau_a = \gamma_a * t * S$	τ_a	$\tau_c = C * (\gamma_s - \gamma_a) * D_{50} * K$	τ_c
Peso especifico del agua Kg/m ³	1.03	Peso especifico del agua Kg/m ³	83.70
$\gamma_a = 1,000.00$		$\gamma_a = 1,000.00$	
Tirante de diseño (m)		Peso especifico de la roca (cantera) Kg/m ³	
t = 1.29		$\gamma_s = 2,350.00$	
Pendiente Tramo de estudio		Factor de Talud (K)	
S = 0.00080		$K = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha}{\text{sen}^2 \phi}}$	
	Angulo del Talud (α)		
	Z = 1.5		
		$\alpha = 33.69^\circ$	
	Angulo de friccion interna del material (Enrocado) (ϕ)		
	$\phi = 45$		
	Factor de Talud (K)		
	K = 0.620		
	Coficiente de Shields		
	C = 0.100		
		Verificacion ==>	
		Si $\tau_a < \tau_c$	
		EL REVESTIMIENTO DEL ENROCADO ES ESTABLE	

Figura 67: Verificación de la estabilidad del revestimiento del enrocado

DIÁMETRO DE LA ROCA

Según Lopardo [30], el diámetro de la roca está en función de su velocidad angular y el ángulo del talud. En la siguiente figura se exponen los resultados:

$$W = \frac{0.011314 * \frac{\gamma_s}{\gamma} * V^6}{\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right) * \text{SENO}^3(\phi - \theta)}$$

γ_s Peso específico de las partículas, Kg/cm³, Tn/m³

γ Peso específico del fluido, Kg/cm³, Tn/m³

V Velocidad media, m/s

ϕ Angulo de reposo del material

θ Ángulo del talud respecto a la horizontal


W Peso, Kg

$$D_s = \left(\frac{6 * W}{\pi * \lambda_s}\right)^{1/3}$$

D_s = Diámetro de volumen esférico equivalente, ft

W = Peso de roca, lb

λ_s = Peso específico de la roca, lb / ft³

Sección Hidráulica	γ_s Tn/m ³	γ Tn/m ³	Velocidad Media (m/s)	ϕ (°)	Talud 	θ (°)	W (Peso)			γ_s pcf	D_s ft (Pies)	D_s (m)
							KG	Tn	Lb			
Rio	2.66	1.00	4.21	4 5.00 °	1.50	3 3.69 °	13404.75	13.405	29552.42	166.058	6.979	2.127

Porcentaje	Diámetro de la roca, m	
100	<=	$D_{calculado} = 2.13$
50	>	$D_{50} = 1.28$
80	>	$D_{80} = 0.85$

$D_{calculado} = 2.13$	m
------------------------	---

Figura 68: Cálculo del diámetro de la roca según la teoría de Lopardo [30]

Por otro parte, según Maynard [31], el diámetro medio de la roca está función de coeficientes con respecto a la ubicación de la roca, velocidad del flujo de agua y altura hidráulica. En la siguiente figura se exponen los resultados:

Sección Hidráulica	Altura Hidráulica (m)	Velocidad en el Centro del Cauce (m/s)	Coefficiente C ₁	Coefficiente por Ubicación de roca C ₂	F = C ₂ V / (g y) ^{0.5}	d ₅₀ = t C ₁ F ³
Río	1.29	4.21	0.25	1.25	1.48	1.04

$$D_{50} = 1.04 \text{ m}$$

Figura 69: Cálculo del diámetro de la roca según la teoría de Maynard [31]

Por último, la fórmula de la California División of Highway, indica que el diámetro medio está en función de propiedades de la roca, la velocidad y el talud. En la siguiente figura se exponen los resultados:

$$d_{50} = \frac{b}{\Delta} * \frac{V^2}{2g} * \frac{1}{f}$$

b factor para condiciones de mucha turbulencia, piedras redondas, y sin que permita movimiento de piedra, se adopta un valor b = 1.4
Δ Densidad Relativa del material ==> $\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$
γ_s Densidad de la roca
γ Densidad del agua
V Velocidad media, m/s
g Aceleracion Gravedad : 9.81
f = Factor de talud $f = \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \phi}}$
θ = Angulo del Talud
φ = Angulo de Friccion Interna del material.

Sección Hidráulica	γ _s Tn/m ³	γ Tn/m ³	Velocidad Media (m/s)	φ (°)	Talud Z/1	θ (°)	Δ	f	d ₅₀ (m)
Río	2.66	1.00	4.21	38.00 °	1.50	33.69 °	1.66	0.434	1.76

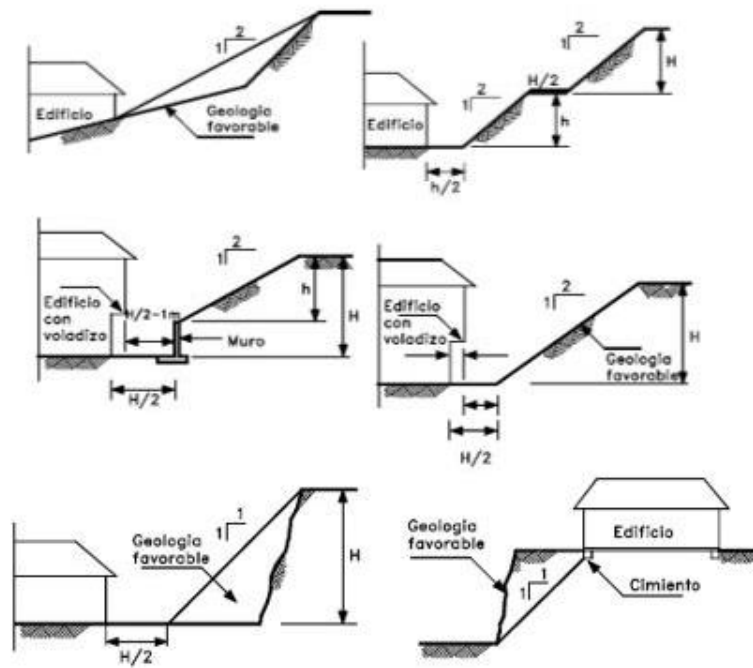
Porcentaje	Diámetro de la roca, m		
100	<=	D _{calculado}	= 1.76
50	>	D ₅₀	= 1.05
80	>	D ₁₀	= 0.7

$$D_{50} = 1.76 \text{ m}$$

Figura 70: Cálculo del diámetro de la roca según la California División of Highway

Finalmente, el diámetro medio de la roca considerado es de 1.5m.

Para la determinación del talud de corte, se tomó en cuenta las consideraciones proporcionadas por el equipo técnico de COPECO, en el Manual para la Evaluación de Riesgo del Emplazamiento y del Medio Construido, además de recomendaciones del MTC [17].



Material	Propiedades	Altura del corte (mt)	Pendiente Sugerida
Roca dura			0.3 H:1V a 0.8H:1V
Roca blanda			0.5H:1V a 1.2H:1V
Arena	Poco densa		1.5H:1V a 2H:1V
Suelo arenoso	Densos	Menos de 5	0.8H:1V a 1H:1V
		5 a 10	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco densos	Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V
Mezcla de arena con grava o masas de roca	Densa	Menos de 10	0.8H:1V a 1H:1V
		10 a 15	1H:1V a 1.2H:1V
	Poco densa	Menos de 10	1H:1V a 1.2H:1V
		10 a 15	1.2H:1V a 1.5H:1V
Suelos cohesivos		0 a 10	0.8H:1V a 1.2H:1V
Suelos cohesivos mezclados con masas de roca o bloques		Menos de 5	1H:1V a 1.2H:1V
		5 a 10	1.2H:1V a 1.5H:1V

Figura 71: Detalles de taludes de excavación y estabilización en fase constructiva

4.8 DISCUSIÓN Y DEBATE

- Se evalúa entre diseñar un puente tipo arco o un reticulado. Para que un arco funcione requiere que la cimentación sea una roca, lo cual se cumple en nuestra zona de estudio, sin embargo, la competencia de la roca será garantizará por el estudio de mecánica de rocas. Para ello se requerirá extraer muestras inalteradas de la roca por lo que se debe recurrir a un ensayo de diamantina en roca. Se hicieron las averiguaciones respectivas pero los costos para realizar este ensayo son demasiado elevados para un estudio de pregrado, motivo por el cual se desiste de emplear un arco. En adición, desde un punto de vista económico, diseñar puentes de tipo arco para luces inferiores a 80m resulta antieconómico. Se optó por el diseño de un reticulado.
- Para el estudio hidrológico, se evalúa si tomar como dato directamente el caudal de la estación hidrometeorológica en Puchaca, con lo cual se evitaría todo el proceso de hallar el caudal de diseño por el método de isoyetas. El meollo del asunto es que dicha estación está ubicada a 6.5km aguas debajo de la localización del puente y recibe el aporte de otro río que es el Sangana. Finalmente se optó por calcular el caudal en la zona de ubicación ya que se verificó visualmente que el caudal que aportaba el río Sangana era incluso mayor al caudal que transcurría por el río Laquipampa con lo que se hubiera sobredimensionado el diseño.
- Se analizó la idea de traer afirmado desde Ferreñafe o si utilizar el hormigón del río. Para ello se extrajo una muestra de aproximadamente 60 kg de hormigón del río y se llevó a ensayar en laboratorio para determinar su ángulo de fricción (el cual debe ser elevado para que me sirva como material de relleno). Según los resultados obtenidos en laboratorio el material resulta ser apropiado, se optó por considerar los materiales y mano de obra necesarios en el presupuesto para que un porcentaje del material de relleno para compactación sea sacado del río.
- Se evalúa si emplear topes sísmicos en los extremos del estribo o en el centro del mismo. Se optó por emplear un tope sísmico justo en el centro del estribo para aprovechar el efecto de llave de corte que se forma en el cuerpo del estribo al momento de recibir la carga de impacto. La complicación radicó en el diseño de los topes metálicos, planchas metálicas soldadas a la viga diafragma, para resistir la carga de impacto. Se verifico por el criterio de falla de von Mises que el esfuerzo máximo producido en la plancha metálica por la carga de impacto es inferior al máximo admisible.

- Con la finalidad de optimizar algunos elementos estructurales, debido a que su capacidad superaba por mucho la demanda, y disminuir los costos se evaluó emplear acero A36 para la fabricación de arriostres superiores e inferiores y sus planchas de apoyo. Se descartó esta opción puesto que la normativa AASHTO indica que únicamente se emplearán planchas A36 en elementos no estructurales.
- Se evaluó el procedimiento más apropiado para el lanzamiento del puente. Utilizar una nariz de lanzamiento implica la instalación de un poste de apoyo en un extremo del río y dos carriles deslizantes en el otro, por este motivo se descartó este método de lanzamiento puesto que debido a la demografía del terreno no se dispone de los espacios ni condiciones apropiadas para poder realizar esto. Se optó entonces por la construcción de un falso puente y el izamiento de las piezas del reticulado por medio de grúas (Ver plano de fases constructivas).

V. CONCLUSIONES

- Se elaboró el expediente técnico del puente Laquipampa, el cual comprende el estudio completo y definitivo para la construcción de un puente que permita a más de 16000 personas, que forman parte de los 70 caseríos desde Laquipampa hasta Incahuasi, tener un puente que sirva de conexión permanente al resto del departamento y responda de manera eficiente a eventos extraordinarios como sismos o fenómenos del niño, permitiendo en todo momento un punto de conexión estable.
- De todos los estudios realizados para el desarrollo del presente proyecto, se considera que el estudio topográfico resultó ser el de mayor trascendencia puesto que todos los cálculos, tanto hidrológicos, hidráulicos y estructurales, están ligados íntimamente a los resultados obtenidos en el levantamiento topográfico. Pequeñas variaciones en la pendiente del eje del río o taludes laterales afectan, por ejemplo, a los valores de la expresión de Manning en el cálculo del ancho natural del río y este a su vez es uno de los parámetros determinantes para decidir sobre la longitud final del puente. De igual manera, por mencionar otro ejemplo, errores en el levantamiento de las secciones transversales del río a lo largo de todas sus progresivas podría generar variaciones importantes en la determinación de la sección inundable en el desarrollo de los estudios hidráulicos, criterio fundamental para fijar la ubicación final del puente.
- En el estudio hidrológico entre mayor sea la data que se pueda conseguir de las distintas estaciones hidrometeorológicas involucradas en la zona de estudio, mayor será la precisión en la determinación del caudal de diseño. Debido a la sensibilidad de las expresiones que se relacionan con este factor y a la importancia de las mismas en el estudio, es de carácter riguroso el recopilar y conseguir la mayor cantidad de datos hidrometeorológicos previos al inicio del estudio y, sobre todo, verificar su fiabilidad.
- El modelo matemático de la estructura que se idealizó en el programa de elementos finitos SAP2000, arroja valores muy cercanos a los obtenidos mediante el cálculo manual en la determinación de las líneas de influencia de la estructura, esto debido a la aplicación correcta de la regla de la palanca en la simplificación del problema a un plano. Esta verificación manual que se realizó comprueba la fiabilidad de los resultados obtenidos por el programa, motivo por el cuál en futuros estudios se puede ahorrar tiempo considerable y trabajar directamente con los resultados obtenidos del programa siempre y cuando se tengan claras las bases teóricas.

- Tener en cuenta la demografía del terreno al momento de considerar el tipo de transporte y la longitud de los perfiles estructurales. Esto tiene implicancias en la fase de diseño y presupuesto. Las longitudes de plancha para el armado de los perfiles deben ser comerciales. Se debe considerar que entre más traslapes se tengan mayor cantidad de pernos y soldadura se requerirá, esto puede afectar negativamente el presupuesto.
- Se diseñó un puente de 68m de luz haciendo uso de reticulados en la superestructura. La infraestructura se resolvió por medio de estribos en voladizo y los efectos de sismo fueron controlados por topes sísmicos metálicos y de concreto.
- El diseño por capacidad resultó gobernar la mayoría de los resultados en el diseño de conexiones empernadas y soldadas, este criterio se considera sumamente conservador al garantizar la falla del conjunto estructural.
- El análisis de rendimientos, en la elaboración de los costos unitarios, se vio principalmente cuestionado por la demografía del terreno al momento del transporte de materiales y maquinaria. La consideración de esta variable permitió hacer un presupuesto más aproximado.
- Los costos pueden ser cuantitativamente optimizables en función de las cotizaciones de cada empresa. El presente estudio debió utilizar las cotizaciones a las que pudo acceder a nivel de pregrado.
- Es indispensable el análisis estructural del puente durante su fase de lanzamiento. Esto debido a la presencia de esfuerzos inversos en los elementos estructurales durante la fase constructiva. La consideración y análisis de esta etapa resulta vital al garantizar un correcto comportamiento de la estructura frente a solicitaciones inesperadas en sus elementos principales y, sobre todo, a determinar la manera más óptima del proceso de lanzamiento del puente ya que si las demandas obtenidas durante la fase de construcción no pueden ser asumidas por la estructura deberá cambiarse la manera en la que se construye. Lo mencionado anteriormente está íntimamente ligado con el cronograma de ejecución de las actividades y variaciones pequeñas en los días programados pueden tener significancia en el costo final del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar un caudalímetro para corroborar in situ los resultados teóricos obtenidos del cálculo del caudal de la zona de estudio. Si bien es cierto la precisión de los resultados en campo tendrá discrepancias respecto de los valores teóricos, pero de igual forma debe existir cierta concordancia entre los resultados. Esta recomendación busca dar fiabilidad de los resultados calculados.
- Durante el desarrollo de la topografía no tomar en cuenta la bolonería de gran tamaño cuya condición de apoyo sea inestable ya que esta puede ser fácilmente desplazada por el flujo del río o empalizadas. En caso de tomarse en cuenta, se sugiere anotar en la libreta de campo los puntos que refieren a rocas de gran tamaño para evitar transiciones fuertes en los niveles del terreno en la etapa de gabinete.
- Se sugiere para el estudio hidrológico, utilizar el método de las isoyetas en el cálculo de los caudales de diseño por tener mayor precisión en los resultados. Para el presente estudio este valor fue fundamental al momento del cálculo de la inundabilidad de la zona de estudio puesto que de haber trabajado con valores de poca aproximación se habría perdido precisión al momento de analizar la mejor posición para el punto de instalación del puente.
- En la data hidrometeorológica recopilada previa al estudio hidrológico e hidráulico, se sugiere no tomar en cuenta los valores máximos semanas o mensuales, ya que estos son promedios de un conjunto de resultados obtenidos en distintos días. Solo se debe trabajar con los valores máximos diarios, de esta forma se está contemplando las máximas demandas por día.
- El presente estudio da solución al análisis estructural por medio de un modelo 2D en SAP2000 y un análisis manual. Sin embargo, se recomienda hacer uso directamente del modelo 2D en un programa de elementos finitos ya que los resultados resultaron ser confiables y bastante conservadores, de esta forma se optimiza tiempo que puede ser enfocado en otras etapas del análisis que demandan mayor complejidad.
- Calibrar bien los equipos topográficos antes del levantamiento del terreno. Deficiencias en estos pueden ocasionar fallas inadvertidas que finalmente arrojan resultados falsos que conllevan a planteamientos de soluciones equivocadas al no estar trabajando con una representación real del terreno.

- Uniformizar el tipo de conectores empernados y espesores de plancha de cartelas para agilizar el proceso de diseño y ejecución.
- En la medida de lo posible evitar soldadura de campo. Al mismo tiempo se recomienda que la soldadura sea casi en su totalidad de filete.
- En el diseño de los elementos principales del reticulado se sugiere optimizar los perfiles desde el extremo hacia su centro, esto con la finalidad de disminuir el peso de la superestructura. Esto ayudará a disminuir la fuerza de sismo actuante y por ende aliviará las demandas en algunas conexiones de la estructura.
- Para el análisis de suelos se recomienda llevar muestras alteradas por un total de 20 kg por muestra y muestras inalteradas de cada punto de exploración. Al momento de transportar dicho material evitar apoyarlo sobre superficies húmedas o expuestas directamente a la intemperie.
- Exigir en los resultados del estudio geoelectrico el detalle de la estratigrafía del terreno y la ubicación del nivel freático, ya que normalmente los resultados en estos estudios suelen brindar resistividades del terreno. Es posible correlacionar dichas resistividades con tipos de suelos por medio de uso de tablas de mecánica de suelos, pero de preferencia exigir al especialista que ejecute el ensayo de sondaje eléctrico que entregue en su informe de resultados el perfil estratigráfico que conforma el terreno explorado como dato directo.
- No utilizar cotizaciones o presupuestos referenciales con más de 2 años de antigüedad. Debido a la envergadura de la obra la mínima variación en los costos podría escalar en sumas considerables que podrían sobredimensionar el proyecto.
- En el caso de que la demografía de la zona de estudio sea complicada, se sugiere la construcción de un falso puente para el proceso de lanzamiento de la estructura. Ya que emplear una nariz de lanzamiento, si bien es cierto optimizaría los tiempos de ejecución, inflaría los gastos operativos al demandar partidas adicionales para la implementación de la torre de izamiento y el transporte de los mecanismos de lanzamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Meruvia, Apoyo Didáctico en la Enseñanza - Aprendizaje de la Asignatura de Puentes, Cochabamba, 2014.
- [2] J. García y J. Ospina, «La Infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquia,» *Revista EIA*, n° 22, pp. 119-131, 2014.
- [3] Víctor Fuentes, Rodrigo Eyzaguirre, Martín Valencia, “Resultados tercer trimestre 2016 del Indicador Compuesto de Actividad Económica”, Instituto Peruano de Economía (ICAE), pp. 17, dic. 2016.
- [4] N. Tadeu y A. Lenz, «Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales,» *SCIELO*, vol. 26, n° 19, pp. 05-24, 2011.
- [5] EL COMERCIO, “Reporte de daños por fenómeno costero El niño 2017”, CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL (COEN), abril 2017, 1.
- [6] INFORME DE EVALUACIÓN DE DAÑOS, Municipalidad Distrital de Incahuasi, 2017.
- [7] “Censo Poblacional”, INEI. [En línea]. Disponible en: <https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda>. [Accedido: 14-jun-2017]
- [8] “Data de agricultura”, Agencia Agraria de Ferreñafe. [En línea]. Disponible en: <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/tema/detalle/4895?pass=NTY2>. [Accedido: 18-jun-2017]
- [9] Municipalidad Distrital de Incahuasi, “DIAGNOSTICO SITUACIONAL DEL DISTRITO DE INCAHUASI”, (Incahuasi, 2010).
- [10] “Detalle de atención de emergencias, año 2017”, Red de salud de Ferreñafe. [En línea]. Disponible en: <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/tema/detalle/12576?pass=NA==>. [Accedido: 18-jun-2017]
- [11] Nilson Mascia y Artur Lenz, “Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales”, *Revista ing. Construcción* (abril): 1-2, 2011.
- [12] J. García y J. Ospina, «La Infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquia,» *Revista EIA*, n° 22, pp. 119-131, 2014.
- [13] Eduardo Arias, Daniel, “Exploración Eeotecnica – relaciones geoelectricas”. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2011.
- [14] Aguiló, Miguel, *Forma y Tipo en el Arte de Construir Puentes*, Abada Editores, España, 2008.
- [15] Monleón, Salvador, *Ingeniería de Puentes, análisis estructural*. España: Editorial UPV, 1997.
- [16] AASHTO LRFD, *Bridge Design Specifications*. Washington, DC, 2017.

- [18] M. D. T. Y. C. D. PERÚ, MANUAL DE PUENTES, LIMA, 2016.
- [19] N. T. Peruana, Suelos Método de Ensayos, 1999.
- [20] M. D. T. Y. COMUNICACION, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, Lima, 2016.
- [21] M. Fuentes y V. Franc, Manual de Ingeniería de Ríos, 2002.
- [22] M. Villon Bejar, Calculo Hidrológico e Hidráulico en Cuencas Hidrográficas, 2015.
- [23] V. Te Chow, Hidráulica de los Canales Abiertos, 1994.
- [24] Témez, Tiempo de Concentración de la Cuenca, 2014.
- [25] A. Rocha, Hidráulica de Tuberías y Canales. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2007.
- [26] M. Álvarez, G. Flores. Estabilidad de Cauces – Manual de Ingeniería de Ríos. Ciudad de México, México. UNAM, 1995.
- [27] M. D. T. Y. C. D. PERÚ, MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO, LIMA, 2018.
- [28] J. Suárez, Defensas fluviales con espigones. Lima, Perú, 2015.
- [29] M. D. T. Y. C. D. PERÚ, MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, LIMA, 2008.
- [30] LOPARDO, R.A., LOPARDO, M.C. y CASADO, J.M.: Local rock scour downstream large dams, en "Rock Scour due to falling high velocity jets", editado por A. J. Schleiss y E. Bolkart, A.A. Balkema Publishers, Lisse, Holanda, ISBN 90 5809 518 5, 2002, pág. 55-61.
- [31] ACI 318S-14, *Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)*, Estados Unidos, 2015.
- [32] C. McCormac, Jack y F. Csernak, Stephen, *Diseño de Estructuras de Acero*, Quinta edición: Alfaomega Grupo Editor, México, diciembre 2012.
- [33] Rodríguez Serquén, Arturo, “Análisis Sísmico de Puentes”, Perú, 2010.
- [34] Rodríguez Serquén, Arturo. Puentes con AASHTO LRFD-2014. Chiclayo, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016.
- [35] V. M. Acevedo Laos, *Diseño de un Puente con estructura de acero*, Univ. Católica del Perú, Lima, septiembre, 2015.
- [36] Zamora Pascual, Pablo, “Herramienta de Cálculo por el Método de Bielas y Tirantes”, Proyecto final de carrera, Universidad Politécnica de Cataluña, 2010.

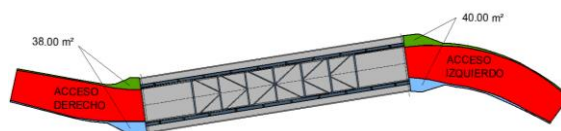
VIII. ANEXOS

ANEXO 01: METRADOS

OBRAS PRELIMINARES (TRABAJOS PRELIMINARES)			
ITEMS	DESCRIPCION	UND	METRADO
	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	glb	1.00
	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	m2	1200.00
	MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL	glb	1.00
	DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO	ha	0.12
	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - TALA DE ARBOLES	UND	5.00
	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE RAICES	UND	5.00
	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE ROCAS	m3	12.57
	TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1088.00

TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION 1200.00 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION - ZONA DE PUENTE							
km 0+206 - km 0+274	1		68.00		10.00		680.00
Eje Río	1					520.00	520.00
TOTAL =							1,200.00



DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO 0.12 ha

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
De Topografía y georeferenciación	1					1,200.00	0.12
TOTAL =							0.12

ELIMINACION DE OBSTRUCCIONES - TALA DE ARBOLES 5.00 UND

Descripción	Lado	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
TALA DE ARBOLES	UND						
km 0+274 - km 0+420					5.00		5.00
TOTAL =							5.00

ELIMINACION DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE RAICES 5.00 UND

Descripción	Lado	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
TALA DE ARBOLES	UND						
km 0+274 - km 0+420					5.00		5.00
TOTAL =							5.00

ELIMINACION DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE ROCAS 12.57 m3

Descripción	Lado	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
ELIMINACION DE ROCAS	M3						
km 0+274 - km 0+420					3.00	1.00	12.57
TOTAL =							12.57

TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO 1088.00 m2

Descripción	Lado	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
TRAZO, NIVEL Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	0+001		68.00		8.00	544.00
km 0+274 - km 0+420							
REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	M2	0+001		68.00		8.00	544.00
km 0+274 - km 0+420							
TOTAL =							1,088.00

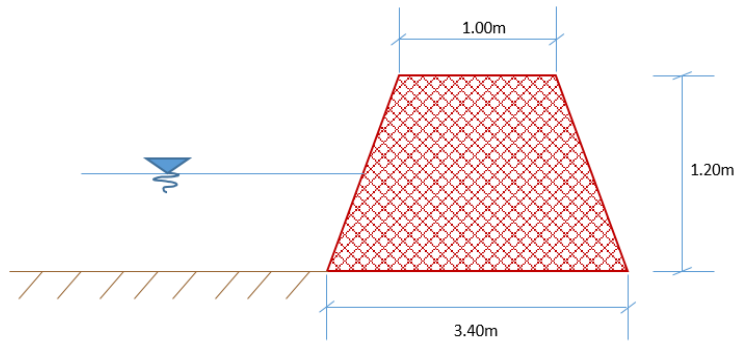
OBRAS TEMPORALES

ITEMS	DESCRIPCION	UND	METRADO
	ENCAUZAMIENTO	m3	217.23

ENCAUZAMIENTO

217.23 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
20m aguas arriba y aguas aba	2		49.37		2.20		217.23
TOTAL =							217.23



SUBESTRUCTURA

ESTRIBOS

DESCRIPCION	UND	METRADO
EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	m3	3064.04
RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	m3	1131.22
RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO PARA ESTRUCTURAS	m3	1121.08
CONCRETO (F'C = 100 KG/CM2)	m3	2.72
CONCRETO (F'C = 280 KG/CM2)	m3	445.88
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO	m2	409.93
ACERO DE REFUERZO, FY=4200 KG/CM2	kg	67166.78
TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES A MAS DE 1,000 M	m3-km	7207.54

EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO

801.60 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Excavación con maquinaria - estribo derecho h = 9.4m	1.00	1.00	6.00	9.40	8.00	1.00	451.20
Excavación con maquinaria - estribo izquierdo h = 7.3m	1.00	1.00	6.00	7.30	8.00	1.00	350.40
TOTAL =							801.60

RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS

384.00 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Relleno maq - mat propio - estribo derecho h = 9.4m Øf = 30°	1.00	1.00	6.00	4.00	8.00		192.00
Relleno maq - mat propio - estribo izquierdo h = 7.3m Øf = 30°	1.00	1.00	6.00	4.00	8.00		192.00
TOTAL =							384.00

RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO PARA ESTRUCTURAS

74.19

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Relleno maq - mat préstamo - estribo derecho h = 9.4m Øf = 30°	1.00	1.00	0.80		80.95		64.76
Relleno maq - mat préstamo - estribo izquierdo h = 7.3m Øf = 30°	1.00	1.00	0.80		11.79		9.43
TOTAL =							74.19

CONCRETO (F'C = 100 KG/CM2)

2.72 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Solado Estribo Derecho (ED)	1.00			0.10		13.60	1.36
Solado Estribo Izquierdo (EI)	1.00			0.10		13.60	1.36
TOTAL =							2.72

CONCRETO (F'C = 280 KG/CM2)

445.88 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Estribo Izquierdo (EI)							
Cabezal	1		12.00	1.00	1.00	0.80	9.54
Muro	1		1.00	1.00	88.64		59.64
Cimentacion	1		13.60	1.00	1.00	4.00	54.40
Ménsula	1		15.15			0.14	2.05
Tope Transversal	1		1.65			2.66	4.39
Aletas	1		4.25	4.00	0.40		6.80
	1		4.25	7.85	0.80		26.69
	1		4.15	4.91	0.40		8.15
	1		2.50	7.85	0.80		15.70
Estribo Derecho (ED)							
Cabezal	1		12.00	1.00	1.00	0.80	9.54
Muro	1		1.00	1.00	88.64		88.64
Cimentacion	1		13.60	1.00	1.00	7.10	96.56
Ménsula	1		15.15			0.14	2.05
Tope Transversal	1		1.65			2.66	4.39
Aletas	1		4.25	4.00	0.40		6.80
	1		4.25	7.85	0.80		26.69
	1		4.15	4.91	0.40		8.15
	1		2.50	7.85	0.80		15.70
TOTAL =							445.88

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO

409.93 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Estribo Derecho (ED)							
Muro, Cimentacion, Cabezal (VER DETALLE)							
A1	1		1.00	9.00			9.00
A2	1		1.00	34.20			34.20
A3	1		1.00	7.20			7.20
A4	1		1.00	4.50			4.50
A5	1		1.00	13.50			13.50
A6	1		1.00	32.40			32.40
A7	1		1.00	6.75			6.75
A8	1		1.00	18.00			18.00
Muro							
laterales	2					0.14	0.28
longitudinales	1		17.05		0.72		12.28
Ménsula							
	1		3.60	2.78			10.01
	1			2.78	0.40		1.11
	1			9.10	0.80		7.28
	1					33.16	33.16
Estribo Izquierdo (EI)							
Muro, Cimentacion, Cabezal (VER DETALLE)							
A1	1		1.00	9.90			9.90
A2	1		1.00	48.60			48.60
A3	1		1.00	6.75			6.75
A4	1		1.00	4.50			4.50
A5	1		1.00	13.50			13.50
A6	1		1.00	18.00			18.00
A7	1		1.00	6.75			6.75
A8	1		1.00	48.15			48.15
0							
laterales	2					0.14	0.28
longitudinales	1		17.05		0.72		12.28
0							
	1		3.60	2.78			10.01
	1			2.78	0.40		1.11
	1			9.10	0.80		7.28
	1					33.16	33.16
TOTAL =							409.93

ACERO DE REFUERZO, FY=4200 KG/CM2

67,166.78 kg

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Diametro (pulg)	Total (mt)	Densidad (kg-m)	Peso (kg)
(Ver hoja de DESPIECE)	1						67,166.78
TOTAL =							67,166.78

* NOTA: Ir a DESPIECE DE ACERO

TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES A MAS DE 1,000 M

6076.32 m3-km

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Distancia (Km)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Volumen (m3)	Volumen (m3-km)
Cantera KM 74+000 Relleno con material de préstamo	1.00		81.90			74.19	6,076.32
TOTAL =							6,076.32

DESPIECE:

	MARCA	TIPO	DIAMETRO	N° VECES ESTRUCTURA	SEPARACION	N° DE VECES	LONGITUD	N° DE ARMADURAS	BARRA TIPO						DIMENSIONES (m)						LONGITUD (m)		PESO (kg)							
									a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	f	PARCIAL	TOTAL								
ACERO DE REFUERZO ASTM A615 G60																			ESTRIBO DERECHO											
PANTALLA -ESTRIBO DERECHO	C	5/8	1	0.15	1	3.00	21	1	1	1	0	0	0	15.45	0.25	0.25								15.95	16.85	353.85	549.18			
	B	5/8	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	4.62	0.40									5.02	5.02	305.92	474.78			
	B	3/4	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	8.28	2.04									10.32	11.52	702.72	1570.58			
	C	3/4	1	0.15	1	9.29	63	1	1	1	0	0	0	15.45	0.25	0.25								15.95	17.15	1080.45	2414.81			
	B	1	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	11.17	0.30									11.47	13.27	809.47	3216.02			
	C	5/8	1	0.15	1	9.00	61	1	1	1	0	0	0	4.40	1.52	0.40									6.32	6.32	385.52	598.33		
	A	1	1	0.15	1	9.00	61	1	0	0	0	0	0	9.00										9.00	9.00	549.00	2181.18			
	C	3/4	1	0.150	1	7.50	51	1	1	1	0	0	0	15.45	0.30	0.30									16.05	17.25	879.75	1966.24		
	C	5/8	1	0.15	1	4.84	34	1	1	1	0	0	0	15.45	0.25	0.25									15.95	16.85	572.90	889.14		
	C	5/8	1	0.500	1	1.00	3	1	1	1	0	0	0	15.48	0.25	0.25									15.98	16.88	50.64	78.59		
	B	1	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	4.15	0.35										4.50	4.50	274.50	1090.59		
	C	3/4	1	0.200	1	1.20	7	1	1	1	0	0	0	15.45	0.30	0.30									16.05	17.25	120.75	269.88		
TOPE SÍSMICO	C	1	1	0.12	1	1.00	10	1	1	1	0	0	0	2.40	1.95	1.95								6.30	6.30	63.00	250.30			
	C	1	1	0.120	1	1.00	10	1	1	0	0	0	0	2.30	1.90	1.90									6.10	6.10	61.00	242.35		
	A	5/8	1	0.15	1	1.95	14	1	0	0	0	0	0	1.95											1.95	1.95	27.30	42.37		
	J	1/2	1	0.150	1	1.00	8	1	1	1	1	2	0	2.38	2.38	2.26	2.26	0.15							9.58	10.28	82.24	82.24		
I	1/2	1	0.15	1	0.40	4	1	2	0	0	0	0	2.36	0.30										2.96	2.96	11.84	11.84			
BANQUETA DE APOYO 1	C	1/2	1	0.15	1	1.00	8	1	1	1	0	0	0	2.28	0.20	0.20									2.68	2.68	21.44	21.44		
	C	1/2	1	0.150	1	1.50	11	1	1	1	0	0	0	1.20	0.74	0.74									2.68	2.68	29.48	29.48		
	I	3/8	1	0.15	1	0.30	3	1	1	1	2	0	0	1.18	1.18	2.26	2.26	0.20							7.28	7.28	21.84	12.23		
I	3/8	1	0.150	3	0.30	9	1	1	1	2	0	0	1.24	1.24	0.38	0.38	0.14							3.52	3.52	31.68	17.74			
BANQUETA DE APOYO 2	C	1/2	1	0.15	1	1.00	8	1	1	1	0	0	0	2.28	0.20	0.20									2.68	2.68	21.44	21.44		
	C	1/2	1	0.150	1	1.50	11	1	1	1	0	0	0	1.20	1.16	1.16									3.52	3.52	38.72	38.72		
	A	3/8	1	0.15	1	0.75	6	1	0	0	0	0	0	1.18	1.18	2.26	2.26	0.20							1.18	1.18	7.08	3.96		
I	3/8	1	0.150	3	0.75	18	1	1	1	2	0	0	1.24	1.24	0.38	0.38	0.14							3.52	3.52	63.36	35.48			
ZAPATA	A	3/4	1	0.15	1	8.50	58	1	0	0	0	0	0	9.00										9.00	9.00	522.00	1166.67			
	B	3/4	1	0.15	2	8.50	116	1	1	0	0	0	0	5.05	0.30										5.35	5.35	620.60	1387.04		
	A	3/4	1	0.15	1	4.63	32	1	0	0	0	0	0	9.00											9.00	9.00	288.00	643.68		
	B	3/4	1	0.15	2	4.63	64	1	1	0	0	0	0	5.05	0.30											5.35	5.35	342.40	765.26	
	A	3/4	1	0.15	1	1.83	14	1	0	0	0	0	0	9.00												9.00	9.00	126.00	281.61	
	B	3/4	1	0.15	2	1.83	28	1	1	0	0	0	0	5.05	0.30											5.35	5.35	149.80	334.80	
	C	1	1	0.15	1	0.55	5	1	1	1	0	0	0	8.35	0.45	0.45										9.25	11.05	55.25	219.51	
	C	1	1	0.15	8	1.70	96	1	1	1	0	0	0	8.25	0.45	0.45										9.15	10.95	1051.20	4176.42	
	C	1	1	0.30	4	1.70	24	1	1	1	0	0	0	8.25	0.35	0.35										8.95	8.95	214.80	853.40	
	C	1	1	0.15	3	2.80	60	1	1	1	0	0	0	8.35	0.45	0.45										9.25	11.05	663.00	2634.10	
	C	1	1	0.15	1	1.05	8	1	1	1	0	0	0	8.25	0.45	0.45										9.15	10.95	87.60	348.03	
	B	3/4	1	0.15	1	17.05	115	1	1	0	0	0	0	7.20	0.30											7.50	7.50	862.50	1927.69	
	B	3/4	1	0.15	1	17.05	115	1	1	0	0	0	0	2.75	0.30											3.05	3.05	350.75	783.93	
	B	1	1	0.150	4	1.70	48	1	1	0	0	0	0	7.30	0.45											7.75	7.75	372.00	1477.96	
	I	3/4	1	0.150	1	3.85	27	1	1	1	2	0	0	0.79	0.79	1.94	1.94	0.14								5.74	5.74	154.98	346.38	
	I	3/4	1	0.15	1	3.85	27	1	1	1	2	0	0	1.61	1.61	1.89	1.89	0.14								7.28	7.28	196.56	439.31	
	A	5/8	1	0.15	2	1.00	16	1	0	0	0	0	0	16.95												16.95	17.85	285.60	443.25	
	ALETA DERECHA	B	5/8	1	0.20	1	5.90	31	1	1	0	0	0	0	8.75	0.25										9.00	9.00	279.00	433.01	
		B	5/8	1	0.20	1	5.90	31	1	1	0	0	0	0	2.30	0.65											2.95	2.95	91.45	141.93
		B	5/8	1	0.20	1	3.55	19	1	1	0	0	0	0	6.90	0.30											7.20	7.20	136.80	212.31
B		5/8	1	0.20	1	5.90	31	1	1	0	0	0	0	5.40	0.25												5.65	5.65	175.15	271.83
B		5/8	1	0.20	1	3.55	19	1	1	0	0	0	0	4.82	0.20												5.02	5.02	95.38	148.03
B		5/8	1	0.20	1	4.15	22	1	1	0	0	0	0	9.65	0.20												9.85	10.75	236.50	367.05
C		5/8	1	1.00	1	1.00	2	1	1	1	0	0	0	5.90	0.25	0.25										6.40	6.40	12.80	19.87	
B		5/8	1	0.20	1	1.75	10	1	1	0	0	0	0	6.00	0.25												6.25	6.25	62.50	97.00
C		5/8	1	0.20	1	9.10	47	1	1	1	0	0	0	5.90	0.25	0.25											6.40	6.40	300.80	466.84
C		5/8	1	0.20	1	7.85	41	1	1	1	0	0	0	5.90	0.25	0.25											6.40	6.40	262.40	407.24
A		3/4	1	0.20	1	5.00	26	1	0	0	0	0	0	4.50													4.50	4.50	117.00	261.50
C		5/8	1	0.20	1	1.25	8	1</																						

ESTRIBO IZQUIERDO																							
PANTALLA - ESTRIBO IZQUIERDO	B	3/4	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	7.27	1.73	9.00	9.00	549.00	1227.02					
		3/4	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	4.20	0.30	4.50	4.50	274.50	613.51					
		5/8	1	0.15	1	8.33	57	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	13.90	792.30	1229.65			
		1	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	5.75	0.25	6.00	6.00	366.00	1454.12				
		A	1	1	0.15	1	9.00	61	1	0	0	0	0	6.25		6.25	6.25	381.25	1514.71				
		B	5/8	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	4.40	0.40	4.80	4.80	292.80	454.43				
		C	5/8	1	0.15	1	2.83	20	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	13.90	278.00	431.46		
		C	5/8	1	0.150	1	9.00	61	1	1	1	0	0	0	4.20	0.45	1.70	6.35	6.35	387.35	601.17		
		C	5/8	1	0.15	1	5.14	36	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	13.90	500.40	776.62		
		C	5/8	1	0.150	1	0.30	3	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	13.90	41.70	64.72		
		B	3/4	1	0.15	1	9.00	61	1	1	0	0	0	0	8.70	0.30	9.00	9.00	549.00	1227.02			
		C	5/8	1	0.150	1	6.10	42	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	13.90	583.80	906.06		
		C	3/4	1	0.200	1	1.20	7	1	1	1	0	0	0	12.50	0.25	0.25	13.00	14.20	99.40	222.16		
		TOPE SISMICO	C	1	1	0.12	1	1.00	10	1	1	1	0	0	0	2.40	3.45	3.45	9.30	11.10	111.00	441.00	
1	1			0.120	1	1.00	10	1	1	1	0	0	0	2.30	3.40	3.40	9.10	10.90	109.00	433.06			
A	5/8			1	0.25	1	1.00	5	1	0	0	0	0	0	1.95		1.95	1.95	9.75	15.13			
I	1/2			1	0.150	1	1.00	8	1	1	1	1	2	0	2.38	2.38	2.26	2.26	0.15	9.58	10.28	82.24	82.24
J	1/2	1	0.15	1	0.40	4	1	2	0	0	0	0	2.36	0.30		2.96	2.96	11.84	11.84				
BANQUETAS DE APOYO 1 Y 2	C	1/2	2	0.15	1	1.00	14	1	1	1	0	0	0	2.28	0.20	0.20	2.68	2.68	37.52	37.52			
		1/2	2	0.150	1	1.50	22	1	1	1	0	0	0	1.00	0.73	0.73	2.46	2.46	54.12	54.12			
		I	3/8	2	0.15	1	0.30	6	1	1	1	1	2	0	1.18	1.18	2.26	2.26	0.20	7.28	7.28	43.68	24.46
		I	3/8	2	0.150	3	0.30	18	1	1	1	1	2	0	1.24	1.24	0.38	0.38	0.14	3.52	3.52	63.36	35.48
MÉNSULA	A	1/2	1	0.25	1	1.00	5	1	0	0	0	0	0	12.50			12.50	13.20	66.00	66.00			
		O	3/4	1	1.00	1	9.00	10	1	1	1	1	0	0	0.75	0.23	0.45	0.43	1.86	1.86	18.60	41.57	
		C	3/4	1	0.20	1	9.00	46	1	1	1	0	0	0	0.54	0.10	0.10	0.74	0.74	34.04	76.08		
ZAPATA	A	3/4	1	0.20	1	8.85	46	1	0	0	0	0	0	8.70			8.70	8.70	400.20	894.45			
		3/4	1	0.20	1	8.85	46	1	0	0	0	0	0	8.00			8.00	8.00	368.00	822.48			
		3/4	1	0.20	1	5.13	27	1	0	0	0	0	0	8.55			8.55	8.55	230.85	515.95			
		3/4	1	0.20	1	5.13	27	1	0	0	0	0	0	8.15			8.15	8.15	220.05	491.81			
		3/4	1	0.20	1	1.88	11	1	0	0	0	0	0	8.70			8.70	8.70	95.70	213.89			
		3/4	1	0.20	1	1.88	11	1	0	0	0	0	0	8.00			8.00	8.00	88.00	196.68			
		1	1	0.15	1	9.00	61	1	0	0	0	0	0	9.00			9.00	9.00	549.00	2181.18			
		3/4	1	0.15	1	9.00	61	1	0	0	0	0	0	3.40			3.40	3.40	207.40	463.54			
		1	1	0.15	1	1.70	13	1	0	0	0	0	0	9.00			9.00	9.00	117.00	146.84			
		3/4	1	0.15	1	2.80	20	1	0	0	0	0	0	3.45			3.45	3.45	69.00	154.22			
		3/4	1	0.30	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	8.55			8.55	8.55	68.40	152.87			
		3/4	1	0.30	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	8.85			8.85	8.85	70.80	158.24			
		3/4	1	0.30	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	8.55			8.55	8.55	68.40	152.87			
		3/4	1	0.30	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	8.40			8.40	8.40	67.20	150.19			
		3/4	1	0.30	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	7.00			7.00	7.00	56.00	125.16			
		3/4	1	0.300	1	2.00	8	1	0	0	0	0	0	7.50			7.50	7.50	60.00	134.10			
ALETA IZQUIERDA	B	5/8	2	0.20	1	9.00	92	1	1	0	0	0	0	5.25	0.25	5.50	5.50	506.00	785.31				
		5/8	2	0.20	1	9.00	92	1	1	0	0	0	0	4.25	0.25	4.50	4.50	414.00	642.53				
		5/8	2	0.20	1	9.00	92	1	1	0	0	0	0	6.75	0.25	7.00	7.00	644.00	999.49				
		3/4	2	0.20	1	8.34	86	1	1	0	0	0	0	5.70	0.30	6.00	6.00	516.00	1153.26				
		5/8	2	0.20	1	5.15	54	1	1	0	0	0	0	8.75	0.25	9.00	9.00	486.00	754.27				
		5/8	2	0.20	1	4.55	48	1	1	0	0	0	0	3.75	0.25	4.00	4.00	192.00	297.98				
		5/8	2	0.20	1	1.75	20	1	1	0	0	0	0	5.90	0.25	6.15	6.15	123.00	190.90				
		5/8	2	0.20	1	8.25	86	1	1	1	0	0	0	6.90	0.25	0.25	7.40	7.40	636.40	987.69			
		C	5/8	2	0.20	1	8.25	86	1	1	1	0	0	0	6.90	0.25	0.25	7.40	7.40	636.40	987.69		
		A	3/4	2	0.20	1	6.25	32	1	0	0	0	0	0	4.50		4.50	4.50	144.00	321.84			
		C	5/8	2	0.20	1	2.85	16	1	1	1	0	0	0	5.25	0.25	0.25	5.75	5.75	92.00	142.78		
		C	5/8	2	0.20	1	2.85	32	1	1	1	0	0	0	5.25	0.25	0.25	5.75	5.75	184.00	285.57		
		B	1	2	0.20	1	0.80	8	1	1	0	0	0	0	8.65	0.35	9.00	9.00	72.00	286.06			
		B	3/4	2	0.20	1	0.40	4	1	1	0	0	0	0	5.60	0.30	5.90	5.90	23.60	52.75			
		C	5/8	2	0.20	1	0.40	2	1	1	1	0	0	0	5.25	0.25	0.25	5.75	5.75	11.50	17.85		
		TOTAL kg DE ACERO ESTRIBO IZQ															27219.59						
TOTAL ESTRIBOS															67166.78								

TABLERO DE PUENTE - ARMADURA INFERIOR / SUPERIOR																					
TRAMO 1																					
ARMADURA TRANSVERSAL	B	5/8	1	0.20	1	43.44	219	1	1	0	0	0	29.92	0.10	30.02	32.72	7165.68	11121.14			
		C	5/8	1	0.20	1	41.77	210	1	1	1	0	0	14.90	0.10	0.10	15.10	16.00	3360.00	5214.72	
		B	5/8	1	0.20	1	39.43	199	1	1	0	0	0	6.80	0.10	6.90	6.90	1373.10	2131.05		
		A	1/2	1	0.20	1	41.77	210	1	0	0	0	0	6.00		6.00	6.00	1260.00	1260.00		
		C	5/8	1	0.33	1	41.77	130	1	1	1	0	0	0	14.90	0.10	0.10	15.10	16.00	2080.00	3228.16
		A	5/8	1	0.33	1	41.77	130	1	0	0	0	0	9.00		9.00	9.00	1170.00	1815.84		
ARMADURA LONGITUDINAL	A	1/2	1	0.20	1	15.00	76	1	0	0	0	0	0	29.92	29.92	32.02	2433.52	2433.52			
		1/2	1	0.20	1	1.80	10	1	0	0	0	0	0	32.90	32.90	35.00	350.00	350.00			
		1/2	1	0.20	1	1.80	10	1	0	0	0	0	0	27.81	27.81	29.91	299.10	299.10			
		5/8	1	0.20	1	3.20	17	1	0	0	0	0	0	42.91	42.91	46.51	790.67	1227.12			
		5/8	1	0.20	4	3.20	68	1	0	0	0	0	0	41.52	41.52	45.12	3068.16	4761.78			
		5/8	1	0.20	1	3.20	17	1	0	0	0	0	0	39.89	39.89	43.49	739.33	1147.44			
TOTAL kg DE ACERO TABLEROS															34989.87						
TOTAL kg de ACERO															120788.26						

LOSAS DE APROXIMACION

DESCRIPCION	UND	METRADO
CONCRETO (F' C = 100 KG/CM2)	m3	19.20
CONCRETO (F' C = 280 KG/CM2)	m3	57.60
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	m2	24.00
ACERO DE REFUERZO FY = 4200KG/CM2	kg	3013.52

CONCRETO (F' C = 100 KG/CM2)

19.20 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
	2		12.00	0.10	8.00		19.20
TOTAL =							19.20

CONCRETO (F' C = 280 KG/CM2)

57.60 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Parte plana	2		12.00	0.30	8.00		57.60
TOTAL =							57.60

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO

24.00 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Frente	2	2	12.00	0.30			14.40
Laterales	2	2	8.00	0.30			9.60
TOTAL =							24.00

ACERO DE REFUERZO FY = 4200KG/CM2

3013.52 kg

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Diametro (pulg)	Peso (kg)	Densidad (kg-ml)	Peso (kg)
VER DETALLE DESPIECE EN ANEXO	1				1,742.63		1,742.63
TOTAL =							1,742.63

EXCAVACIONES ESTRIBOS

DESCRIPCION	UND	METRADO
Excavación para estructuras en material comun seco	m3	2262.44

Excavación para estructuras en material comun seco

2262.44 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
Estribo Izquierdo	1		17.05				1108.668
Estribo Derecho	1		13.40				1153.771
TOTAL =							2,262.439





ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE

DESCRIPCION	UND	METRADO
Eliminación de material excedente	m3	1131.22

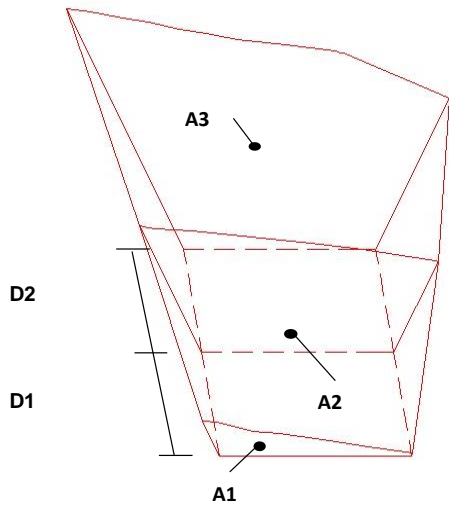
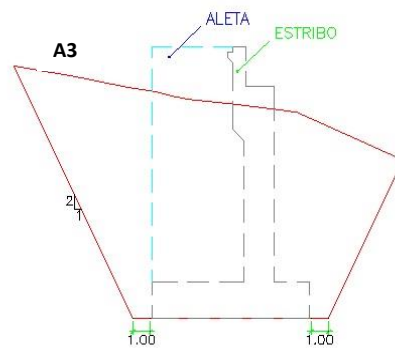
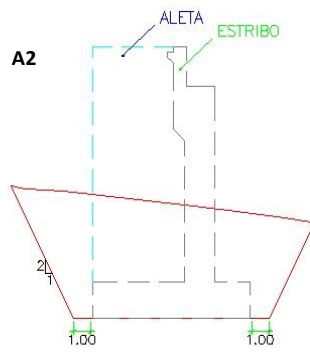
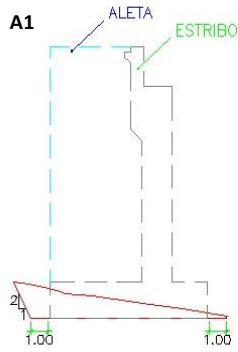
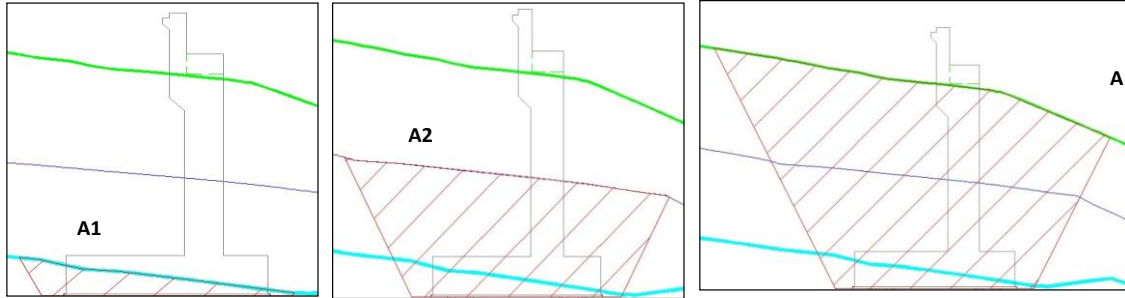
DETALLE DE METRADO DE EXCAVACIONES

metrado: **margen derecho del estribo derecho**

LEYENDA:

-  : PERFIL DEL TERRENO BORDE IZQ
-  : PERFIL DEL TERRENO BORDE DER. AGUAS ARRIBA
-  : PERFIL DEL TERRENO EJE DEL ESTRIBO
-  : PERFIL DEL TERRENO BORDE DER. AGUAS ABAJO

EXCAVACION



AREA 1= 8.397 m2
 AREA 2= 60.573 m2
 AREA 3= 161.446 m2

D1= 9.525
 D2= 9.525

V1= 328.470 m3
 V2= 1057.365 m3




Vt= 1385.835 m3

$$V = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) * d$$

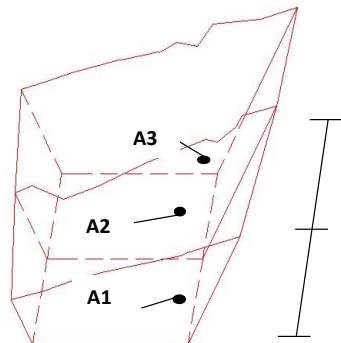
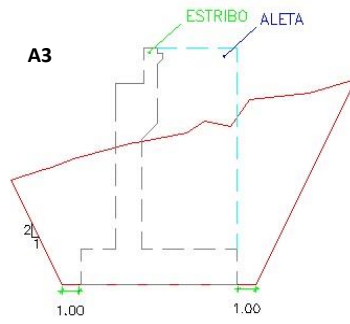
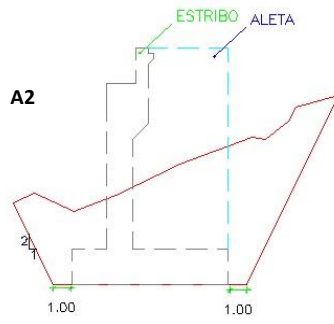
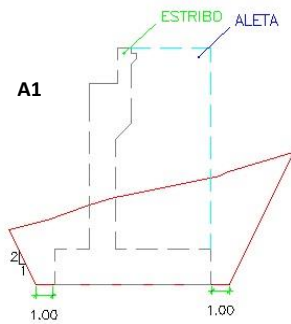
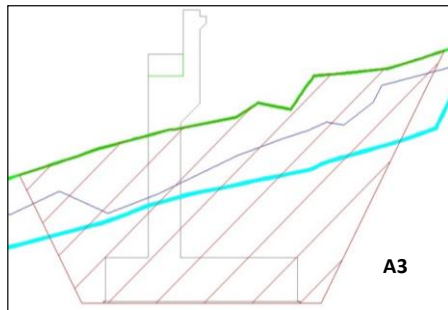
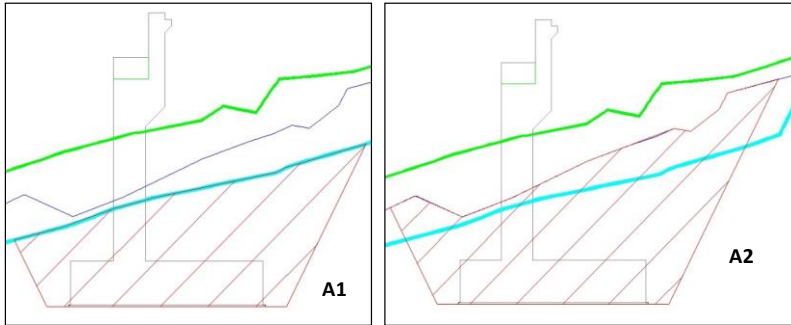
DETALLE DE METRADO DE EXCAVACIONES

metrado: **margen izquierdo del estribo izquierdo**

LEYENDA:

-  : PERFIL DEL TERRENO BORDE IZQ AGUAS ARRIBA
-  : PERFIL DEL TERRENO EJE DEL ESTRIBO
-  : PERFIL DEL TERRENO BORDE DER. AGUAS ABAJO

EXCAVACION



AREA 1= 70.627 m2
 AREA 2= 91.647 m2
 AREA 3= 120.68 m2

D1= 7.7
 D2= 7.7

V1= 624.755 m3
 V2= 817.459 m3

Vt= 1442.214 m3

$$V = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) * d$$

RELLENOS

ITEMS	DESCRIPCION	UND	METRADO
	Relleno con material propio para estructuras	m3	1131.22
	Relleno con material de préstamos para estructuras	m3	1121.08

SUPERESTRUCTURA

SUPERESTRUCTURA

DESCRIPCION	UND	METRADO
CONCRETO (FC = 280 KG/CM2) - LOSAS + VEREDAS	m3	177.48
ENCOFRADO Y DESENCOFADO METALICO	m2	138.60
ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2	kg	34989.87
FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA ASTM A709 GRADO 50	kg	156269.68
MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA	kg	163688.65
PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA	kg	156269.68
TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA	kg	156269.68

CONCRETO (FC = 280 KG/CM2) - LOSAS + VEREDAS

177.48 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
VER ANEXO DE METRADO	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	177.48
TOTAL =							177.48

ENCOFRADO Y DESENCOFADO METALICO

138.60 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Per. (mt)	Area (m2)
VER ANEXO METRADO	1	1	1.00	1.00	1.00	1.00	138.60
TOTAL =							138.60

ACERO DE REFUERZO FY=4200KG/CM2

34989.87 kg

TABLERO Y VEREDAS

DESCRIPCION	UND	METRADO
ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 - TABLERO (ver Despiece)	kg	34989.87

FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA ASTM A709 GRADO 50

156269.68 kg

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Peso (kg/m3)	Parcial (kg)
VER DESPIECE_RETICULADO	1						156,269.68
TOTAL =							156,269.68

MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA

163688.65 kg

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Diam. (mm)	Área (mm2)	Longitud (m)	Peso (kg/m3)	Parcial (kg)
Estructura metalica							156,269.68
CONECTORES							
STUDS VL1	620		22.00	380.133	0.150	7,850.00	277.52
STUDS VL2	4,400		22.00	380.133	0.150	7,850.00	1,969.47
STUDS - VIGAS TRANSVERSALES INTERMEDIAS VT	2,574		22.00	380.133	0.150	7,850.00	1,152.14
STUDS - VIGAS DIAFRAGMA EN ESTRIBO VTE	624		22.00	380.133	0.150	7,850.00	279.31
PERNOS M22 (VIGAS VL - VIGAS VT)	1,440		22.00	380.133	0.150	7,850.00	644.55
PERNOS M22 (VIGAS TIRANTE - VT)	396		22.00	380.133	0.150	7,850.00	177.25
PERNOS M24 (Empalme - Arco)	3,520		24.00	452.389	0.120	7,850.00	1,500.05
PERNOS M12 EN HANDHOLE (En Arco)	264		12.00	113.097	0.100	7,850.00	23.44
PERNOS M22 (Empalme Arranque - Viga Diafragma)	480		22.00	380.133	0.120	7,850.00	171.88
PERNOS M12 EN HANDHOLE (En Diafragma)	24		12.00	113.097	0.100	7,850.00	2.13
PERNOS M22 (Arco - Arrioste Superior)	2,304		22.00	380.133	0.100	7,850.00	687.52
PERNOS M12 EN HANDHOLE (En Arrioste Sup.)	96		12.00	113.097	0.100	7,850.00	8.52
PERNOS M22 (DIAGONALES)	1,760		22.00	380.133	0.100	7,850.00	525.19
TOTAL =							163,688.65

PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA

156269.68 kg

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Parcial (kg)
PINTURA SUPERESTRUCTURA	1						156,269.68
TOTAL =							156,269.68

TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA

156269.68 kg

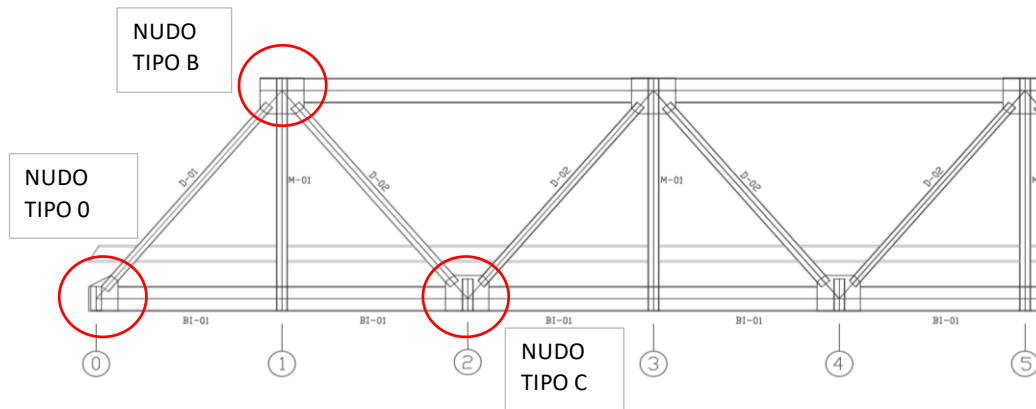
Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Parcial (kg)
	1						156,269.68
TOTAL =							156,269.68

DESPIECES:

PERNOS

ITEMS	DESCRIPCION	UND	METRADO
	PERNOS 30mm	UND	5570.00

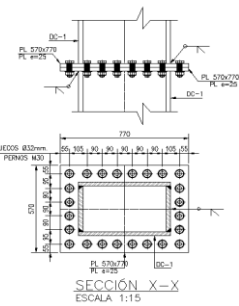
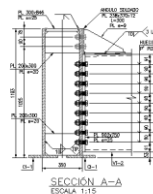
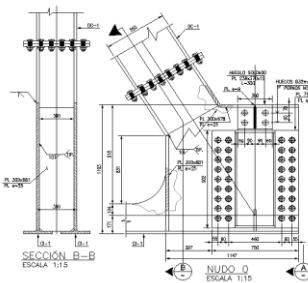
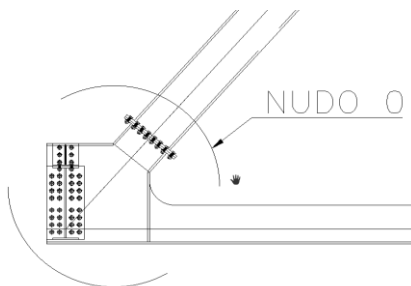
DETALLE METRADO DE EMPERNADO



DETALLE NUDOS.-

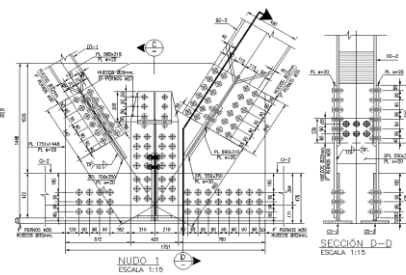
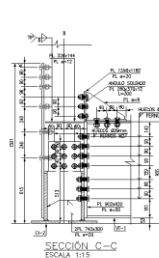
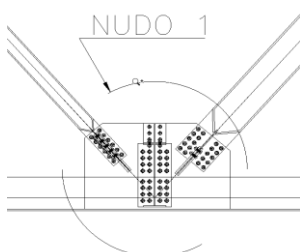
DETALLE EMPALMES.-

NUDO 0



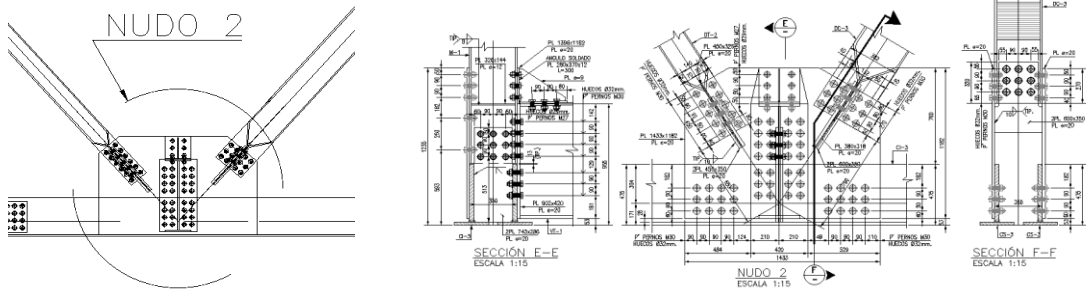
Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
	30mm	4	40	160 pernos de Ø30mm
Corte X-X	30mm	4	24	96 pernos de Ø30mm

NUDO 1



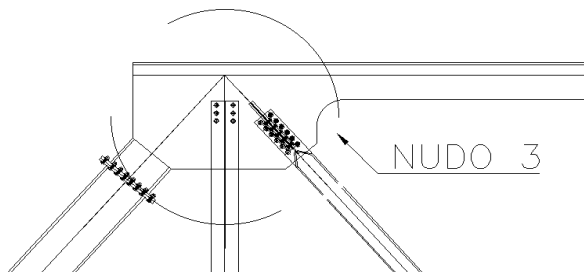
Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Izquierda	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm
Diagonal derecha	30mm	4	46	184 pernos de Ø30mm
Base perpendicular	30mm	4	26	104 pernos de Ø30mm

NUDO 2



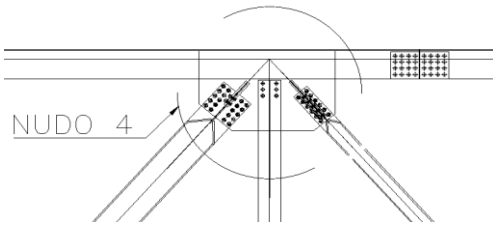
Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Izquierda	30mm	6	34	204 pernos de Ø30mm
Diagonal derecha	30mm	6	33	198 pernos de Ø30mm
Base perpendicular	30mm	6	26	156 pernos de Ø30mm

NUDO 3



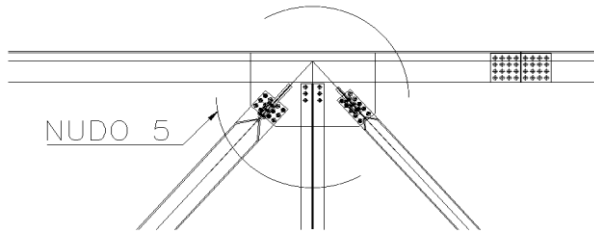
Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Derecha	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm
Llegada de Montante	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm

NUDO 4



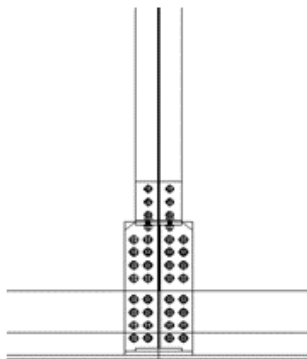
Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Izquierda	30mm	4	46	184 pernos de Ø30mm
Diagonal derecha	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm
Llegada de Montante	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm

NUDO 5



Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Izquierda	30mm	4	33	132 pernos de Ø30mm
Diagonal derecha	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm
Llegada de Montante	30mm	4	34	136 pernos de Ø30mm

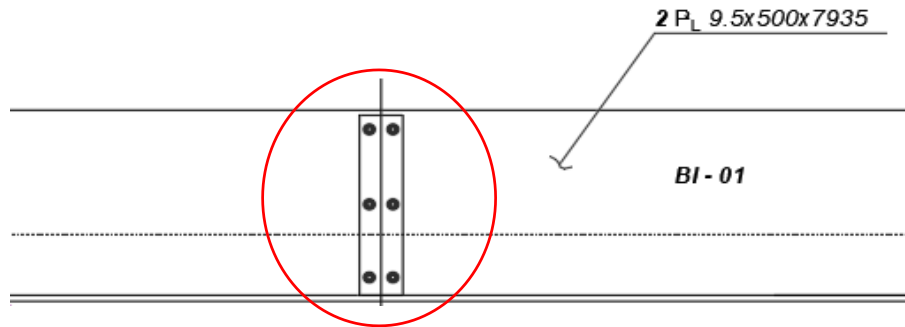
DETALLE 1



Descripción	Tipo Perno	#Elementos paralelos	#Pernos	Total Pernos
Diagonal Izquierda	30mm	12	34	408 pernos de Ø30mm

CONEXIÓN

1 @ CADA LADO DE UN TRASLAPE DE BRIDA INFERIOR +
1 @ CADA TRAMO DE ARMADO

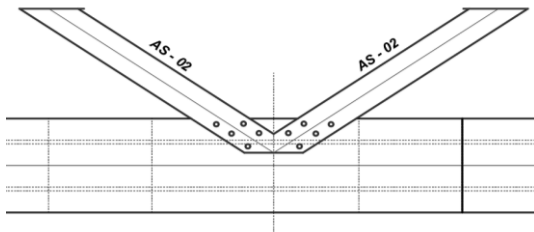


Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos	
30mm	12	6	72 pernos de Ø30mm	elevacion
30mm	12	4	48 pernos de Ø30mm	inferiores

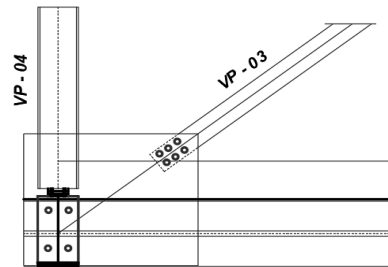
atizadores

DETALLE ARRIOSTRES SUPERIOR E INFERIOR.-

ARRIOSTRES SUPERIORES

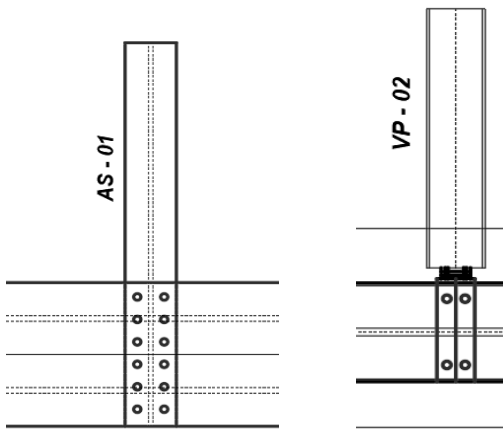


ARRIOSTRES INFERIORES



Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
30mm	10	6	60 pernos de Ø30mm

Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
30mm	6	6	36 pernos de Ø30mm
30mm	4	4	16 pernos de Ø30mm



Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
30mm	22	4	88 pernos de Φ 30mm

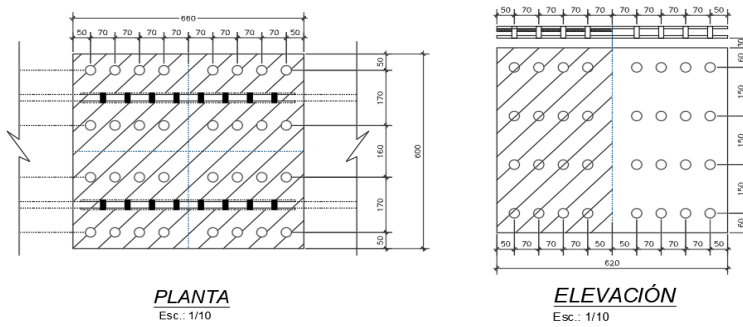
Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
30mm	12	12	144 pernos de Φ 30mm

EMPERNADO ADICIONAL EN ARRIOSTRES SUPERIORES

Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
12mm	6	4	24 pernos de Φ 12mm

TRASLAPES

DETALLE EMPALMES (SUP/INF).-



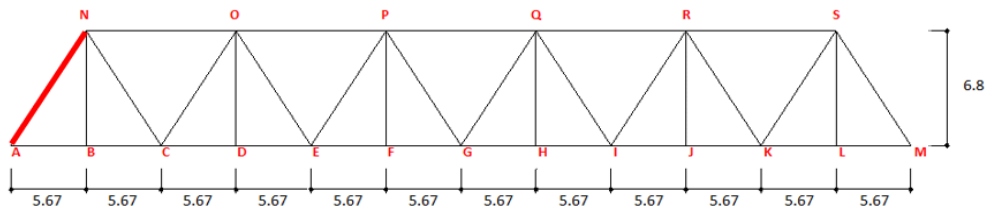
Tipo Perno	#Elementos	#Pernos	Total Pernos
30mm	24	64	1536 pernos de Φ 30mm
30mm	24	32	768 pernos de Φ 30mm

elevacion

base

DESPIECE PLANCHAS METALICAS (RETICULADO)

NOMENCLATURA



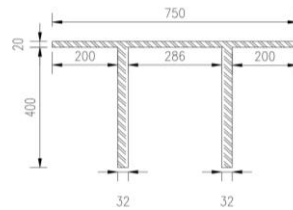
DESMONTAJE DEL RETICULADO

PESO TOTAL

156,269.68

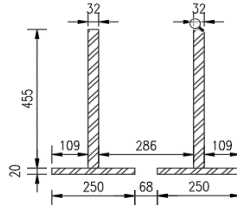
	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
BRIDA SUPERIOR									
BS-01									
Alas	1	2	0.750	0.020	0.015	58.694	1	7,850.00	13,822.44
Almas	1	2	0.400	0.032	0.013	58.694	2	7,850.00	23,590.29

Brida Superior



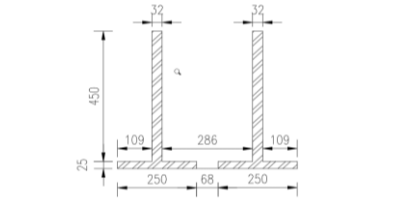
<u>BRIDA INFERIOR</u>	<i>N° veces</i>	<i>N° repet. Tijeral</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Long. (m)</i>	<i>N° Vigas</i>	<i>Factor</i>	<i>Parcial (kg)</i>
BI-01									
Alas	2	2	0.250	0.020	0.005	19.544	2	7,850.00	6,136.82
Almas	2	2	0.455	0.032	0.015	19.544	2	7,850.00	17,870.41

Cordon Inferior (CI-1)



<u>BRIDA INFERIOR</u>	<i>N° veces</i>	<i>N° repet. Tijeral</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Long. (m)</i>	<i>N° Vigas</i>	<i>Factor</i>	<i>Parcial (kg)</i>
BI-02									
Alas	2	2	0.250	0.025	0.006	27.000	2	7,850.00	10,597.50
Almas	2	2	0.450	0.025	0.011	27.000	2	7,850.00	19,075.50

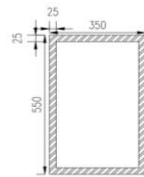
Cordon Inferior (CI-2)



DIAGONALES Y MONTANTES

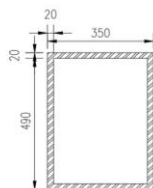
<u>DC-1</u>	<i>N° veces</i>	<i>N° repet. Tijeral</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Long. (m)</i>	<i>N° Vigas</i>	<i>Factor</i>	<i>Parcial (kg)</i>
	2	2	-	-	0.043	6.250	1	7,850.00	8,340.63

Diagonal Compresión 1(DC-1)



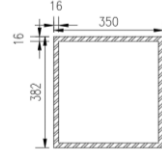
<u>DC-2</u>	<i>N° veces</i>	<i>N° repet. Tijeral</i>	<i>b</i>	<i>t</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Long. (m)</i>	<i>N° Vigas</i>	<i>Factor</i>	<i>Parcial (kg)</i>
	2	2	-	-	0.032	7.260	1	7,850.00	7,294.85

Diagonal Compresión 2(DC-2)



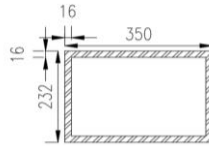
	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
DC-3	2	2	-	-	0.022	7.260	1	7,850.00	5,106.39

Diagonal Compresión 3(DC-3)



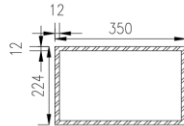
	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
DT-1	4	2	-	-	0.018	7.260	1	7,850.00	8,024.33

Diagonal Tracción 1(DT-1)



	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
DT-2	2	2	-	-	0.013	7.260	1	7,850.00	3,009.12

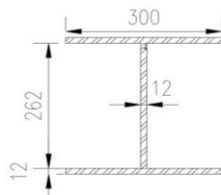
Diagonal Tracción 2(DT-2)



	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
M-01	Alas	6	0.300	0.012	0.004	6.312	2	7,850.00	4,281.05
	Almas	6	0.262	0.012	0.003	6.312	1	7,850.00	1,869.39

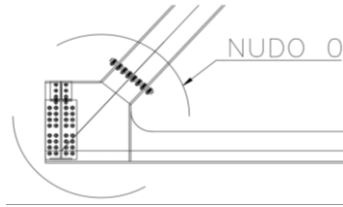
P.Esp.

Montante



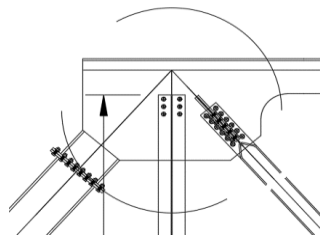
CARTELA EXTREMO INFERIOR	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
--------------------------	----------	-------------------	---	---	-----------	-----------	----------	--------	--------------

	2	2	-	0.020	1.371	-	1	P.Esp. 7,850.00	860.99
--	---	---	---	-------	-------	---	---	--------------------	--------



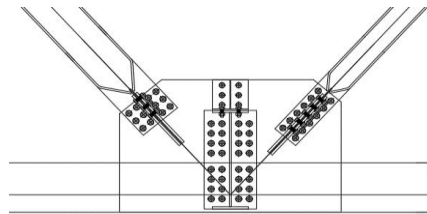
CARTELA EXTREMO SUPERIOR	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
--------------------------	----------	-------------------	---	---	-----------	-----------	----------	--------	--------------

	2	2	-	0.020	2.272	-	1	P.Esp. 7,850.00	1,426.82
--	---	---	---	-------	-------	---	---	--------------------	----------

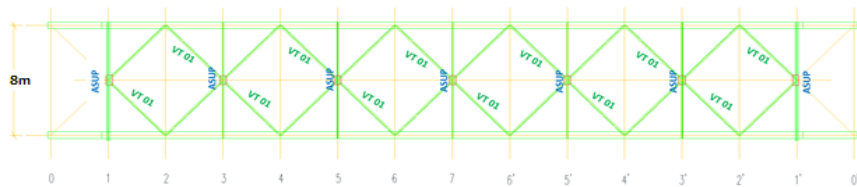


CARTELA CENTRAL	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
-----------------	----------	-------------------	---	---	-----------	-----------	----------	--------	--------------

	9	2	-	0.020	2.168	-	1	P.Esp. 7,850.00	6,126.77
--	---	---	---	-------	-------	---	---	--------------------	----------



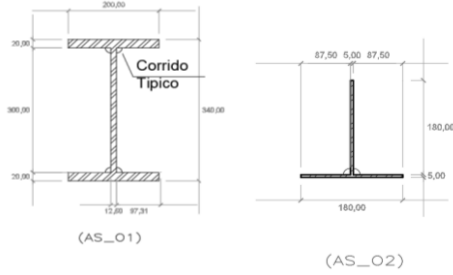
Esquema Arriostre Superior



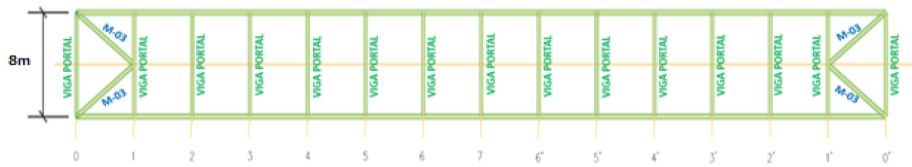
VIGA ARRIOSTRE AS_01	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
Alas	2	2	0.200	0.020	0.016	7.500	1	7,850.00	942.00
Almas	1	2	0.300	0.013	0.008	7.500	1	7,850.00	441.56

AS_02	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
Alas	1	12	0.180	0.005	0.011	6.900	1	7,850.00	584.98
Almas	1	12	0.180	0.005	0.011	6.900	1	7,850.00	584.98

AS_02	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
Alas	1	2	0.100	0.005	0.001	7.500	1	7,850.00	58.88
Almas	1	2	0.008	0.005	0.000	7.500	1	7,850.00	4.71



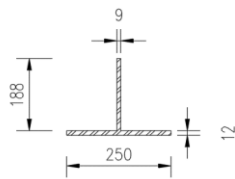
Esquema Planta del Tablero



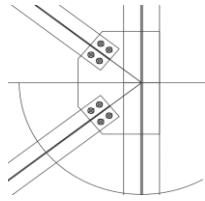
Al-1	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
Alas	4	1	0.250	0.012	0.003	6.260	1	7,850.00	589.69
Almas	4	1	0.188	0.009	0.002	6.260	1	7,850.00	332.59

P.Esp.

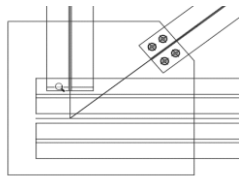
Arriostre Diagonal



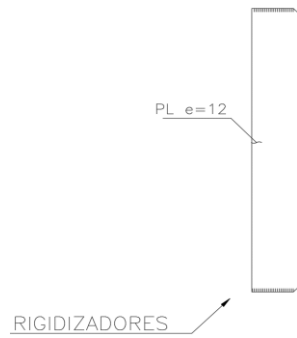
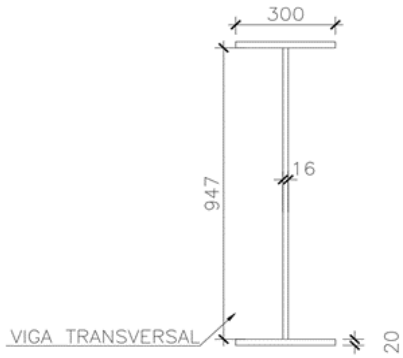
CARTELA INFERIOR CENTRAL	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
	2	1	-	0.020	0.588	-	1	P.Esp. 7,850.00	184.63



CARTELA EXTERIOR	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
	4	1	-	0.020	1.277	-	1	P.Esp. 7,850.00	801.96



VT-1	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
Alas	2	1	0.300	0.020	0.006	8.710	13	P.Esp. 7,850.00	10,666.27
Almas	1	1	0.947	0.002	0.002	8.710	13	7,850.00	1,346.79



RIGIDIZADORES	N° veces	N° repet. Tijeral	b	t	Area (m2)	Long. (m)	N° Vigas	Factor	Parcial (kg)
	14	1	-	0.012	0.134	-	13	P.Esp. 7,850.00	2,297.35

VARIOS

VARIOS

DESCRIPCION	UND	METRADO
TUBERIA PERFORADA DE PVC D=6"	m	0.00
TUBO PVC Ø 3" PARA DRENAJE	m	48.00
PINTURA BITUMINOSA	m2	1977.90
GEOCOMPUESTO DE DRENAJE	m2	132.94
BARANDA METALICA	m	136.00
ACABADO DE VEREDAS	m2	136.00
JUNTAS DE DILATACIÓN EN EL TABLERO DEL PUENTE	m	102.00
JUNTA ENTRE ESTRIBO Y LOSA DE APROXIMACION	m	18.40
JUNTA DE APROXIMACIÓN TIPO TRANSFLEX TR180	m	18.40
NEOPRENOS	und	4.00
TUBO DREN PVC Ø6"	m	9.60
TUBO DREN PVC Ø8"	m	45.60
MORTERO DE NIVELACION	m3	0.08
SUPERFICIE DE DESGASTE		
PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (MAC) E = 5 CM	m3	20.70
RIEGO DE LIGA	m2	408.00

TUBERIA PERFORADA DE PVC D=6"

0.00 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Long. (mt)
							0.00
TOTAL =							0.00



TUBO PVC Ø 3" PARA DRENAJE

48.00 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Long. (mt)
En tablero	40		1.20				48.00
TOTAL =							48.00

PINTURA BITUMINOSA

1977.90 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Diagonal exterior	1						114.48
Bidra superior	1						342.12
Brida inferior	1						476.50
Montante	1						189.70
Arrriostre Superior	1						18.58
-	1						119.33
Viga principal	1						153.30
Viga Longitudinal	1						425.04
Arrriostre Inferior	1						18.15
Empalme de plancha	1						37.76
Empalme de plancha	1						74.63
-							8.31
TOTAL =							1,977.90

GEOCOMPUESTO DE DRENAJE

132.94 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Estribo Derecho (ED)							
Espaldon (VER ANEXO)	1			8.10	9.20		74.52
Estribo Izquierdo (EI)							
Espaldon (VER ANEXO)	1			6.35	9.20		58.42
TOTAL =							132.94

BARANDA METALICA

136.00 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Baranda Metálica tipo C- Tubo acero	1	2	68.00	1.00	1.00		136.00
TOTAL =							136.00

ACABADO DE VEREDAS

136.00 m2

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
VEREDA TRANSITO IZQUIERDA/DERECHA	1	2	68.00	1.00	1.00		136.00
TOTAL =							136.00

JUNTA DE APROXIMACIÓN TIPO TRANSFLEX TR180

18.40 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
TRANSFLEX TR 1880	2		9.20				18.40
TOTAL =							18.40

NEOPRENOS

4.00 und

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Estribo izquierdo	2						2.00
Estribo derecho	2						2.00
TOTAL =							4.00

TUBO DREN PVC Ø6"

9.60 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
	4		2.40				9.60
TOTAL =							9.60

JUNTAS DE DILATACIÓN EN EL TABLERO DEL PUENTE

102.00 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Long. (m)
JUNTAS EN VEREDAS	1	1	6.00				6.00
JUNTAS EN LOSA DEL TABLERO	1	1	96.00				96.00
TOTAL =							102.00

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (MAC) E = 5 CM

20.70 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
Sobre tablero	1		69.00	0.05	6.00		20.70
TOTAL =							20.70

JUNTA ENTRE ESTRIBO Y LOSA DE APROXIMACION

18.40 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Area (m2)
JUNTA TECNOPOR 1"	2		9.20				18.40
TOTAL =							18.40

EXCAVACIONES

MOVIMIENTO DE TIERRAS

DESCRIPCION	UND	METRADO
EXCAVACIÓN EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO	m3	5414.39
CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	182.70

EXCAVACIÓN EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO

5414.39 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Volumen (m3)
0+000							0.00
0+020							42.96
0+040							67.39
0+060							71.90
0+070							32.45
0+080							44.01
0+100							162.88
0+120							255.04
0+130							167.58
0+140							208.61
0+160							587.64
0+180							781.48
0+190							411.89
0+200							243.39
0+206.25							30.33
0+220							0.00
0+240							0.00
0+260							0.00
0+274							0.00
0+274.17							0.00
0+280							0.00
0+290							8.69
0+300							57.91
0+320							242.16
0+340							143.38
0+360							9.27
0+380							176.00
0+400							370.41
0+410							210.68
0+420							216.68
0+430							209.77
0+440							187.99
0+460							286.52
0+480							159.25
0+488.59							28.13
TOTAL =							5,414.39

CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO

182.70 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Volumen (m3)	Volumen (m3)
VER PLANO ACCESOS (ANEXOS)	1					1.00	182.70

* Se considera que un 30% del material excavado puede ser utilizado para relleno con material propio

ACCESOS

DESCRIPCION	UND	METRADO
BASE GRANULAR e= 20 cm	m ³	505.20

BASE GRANULAR e= 20 cm

505.20 m³

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Sección (m ²)	Volumen (m ³)
Base Granular e= 20cm	1		421	0.20	6.00		505.20
TOTAL =							505.20

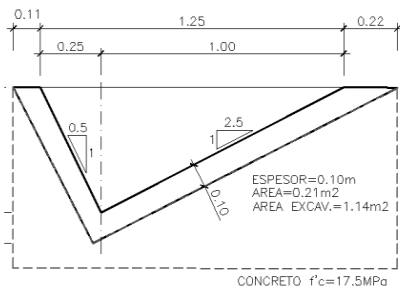
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

DESCRIPCION	UND	METRADO
CUNETA TRIANGULAR	m	82.80
CUNETA BATEA	m	15.00

CUNETA TRIANGULAR

82.80 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	Long. (mt)
Cunetas	1		82.80				82.80
TOTAL =							82.80

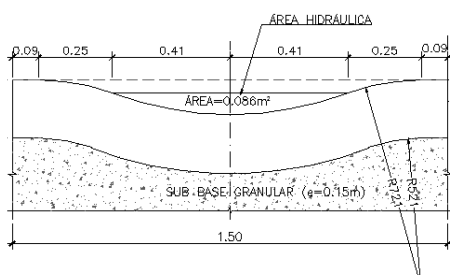


Concreto f _c = 175 kg/cm ²	m ³	0.210
Excavacion manual	m ³	1.140
Relleno para estructuras	m ³	0.498
Encofrado y Desencofrado	m ²	1.650

CUNETA BATEA

15.00 m

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (mt)	Altura (mt)	Ancho (mt)	Area (m2)	und
	1		15.00				15.00
TOTAL =							15.00



Concreto f _c = 175 kg/cm ²	m ³	0.310
Excavacion manual	m ³	0.740
Relleno para estructuras	m ³	0.329
Encofrado y Desencofrado	m ²	1.525

SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL

Resumen			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO
801.A	SEÑALES PREVENTIVAS (0.60mx0.60m)	und	12.00
803.C	SEÑALES REGLAMENTARIOS (0.60mx0.60m)	und	2.00
804.A	SEÑALES INFORMATIVA (2.5mx1.5m)	und	2.00
805.A	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	165.00

SEÑALES PREVENTIVAS (0.60mx0.60m) 12.00 und

N°	KM	DERECHA	IZQUIERDA	TIPO	OBSERVACION
UNIDADES				12	
TOTAL				12.00	

SEÑALES REGLAMENTARIOS (0.60mx0.60m) 2.00 und

N°	KM	DERECHA	IZQUIERDA	TIPO	OBSERVACION
UNIDADES				2.00	
TOTAL				2.00	

SEÑALES INFORMATIVA (2.5mx1.5m) 2.00 und

LADO	KM	SEÑAL	LARGO	ALTURA	AREA
Izq.	ENTRADA	I-18			1.000
Der.	SALIDA	I-18			1.000
TOTAL					2.00

MARCAS EN EL PAVIMENTO 165.00 m2

LADO	ZONA	INICIO	FIN	LONGITUD	ESP	CANTIDAD
Derecho	Rural	ENTRADA	SALIDA	165.00	VAR	
Centro	Rural	ENTRADA	SALIDA	165.00	VAR	
Izquierdo	Rural	ENTRADA	SALIDA	165.00	VAR	
TOTAL						165

DEFENSA RIBEÑERA

OBRAS DE DEFENSA (ENROCADO)

Resumen			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO
801.A	AFIRMADO EN TERRAPLEN	m3	2,290.08
803.C	ROCA (UÑA)	m3	57.60
804.A	TALUD DE ROCA	m3	417.36
805.A	GEOTEXTIL IMPERMEABLE	m3	913.80

AFIRMADO EN TERRAPLEN

2,290.08

m3

DESCRIPCION	KM	-	LARGO	METRADO	OBSERVACION
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+220			381.68	
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+240			381.68	
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+260			381.68	
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+280			381.68	
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+300			381.68	
TERRAPLEN 1V - 1.5H	0+320			381.68	
TOTAL				2,290.08	

ROCA (UÑA)

57.60

m3

DESCRIPCION	KM	-	LARGO	METRADO	OBSERVACION
UÑA TIPICA	0+220			9.60	
UÑA TIPICA	0+240			9.60	
UÑA TIPICA	0+260			9.60	
UÑA TIPICA	0+280			9.60	
UÑA TIPICA	0+300			9.60	
UÑA TIPICA	0+320			9.60	
TOTAL				57.60	

TALUD DE ROCA

417.36

m3

DESCRIPCION	KM	-	LARGO	METRADO	OBSERVACION
ENROCADO TIPICO 200	0+220			69.560	
ENROCADO TIPICO 200	0+240			69.560	
ENROCADO TIPICO 200	0+260			69.560	
ENROCADO TIPICO 200	0+280			69.560	
ENROCADO TIPICO 200	0+300			69.560	
ENROCADO TIPICO 200	0+320			69.560	
TOTAL				417.360	

GEOTEXTIL IMPERMEABLE

913.80

m3

DESCRIPCION	KM	ANCHO	LARGO	METRADO	OBSERVACION
ENROCADO TIPICO 200	0+220	20	7.615	152.300	
ENROCADO TIPICO 200	0+240	20	7.615	152.300	
ENROCADO TIPICO 200	0+260	20	7.615	152.300	
ENROCADO TIPICO 200	0+280	20	7.615	152.300	
ENROCADO TIPICO 200	0+300	20	7.615	152.300	
ENROCADO TIPICO 200	0+320	20	7.615	152.300	
TOTAL				913.800	

PROTECCIÓN AMBIENTAL

PROTECCION AMBIENTAL

DESCRIPCION	UND	METRADO
PROGRAMA DE MEDIDAS PREVENTIVAS, MITIGADORES Y/O CORRECTIVAS		
SEÑALES AMBIENTALES TEMPORALES	und	7.00
PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL		
MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA	pto	2.00
MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE	pto	1.00
MONITOREO DE RUIDO	pto	1.00
MONITOREO DE SUELO	pto	1.00
PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA		
ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3	2208.00
TRATAMIENTO DE DME	glb	1.00

MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA

2.00 pto

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Sección (m ²)	Volumen (m ³)
	2						2.00
TOTAL =							2.00

MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE

1.00 pto

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)
	1						1.00
TOTAL =							1.00

MONITOREO DE RUIDO

1.00 pto

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)
	1						1.00
TOTAL =							1.00

MONITOREO DE SUELO

1.00 pto

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)
	1						1.00
TOTAL =							1.00

ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME

2208.00 m3

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Volumen (m ³)
ESTRIBOS Excavación para estructuras en material c	2					1104.00	2208.00
TOTAL =							2,208.00

TRATAMIENTO DE DME

1.00 glb

REVEGETACIÓN EN DME	m2	1796.92
DREN COLECTOR (0.80X0.80)	ml	27.69
CUNETETA PARA DME	ml	93.91

REVEGETACIÓN EN DME

1796.92 m2

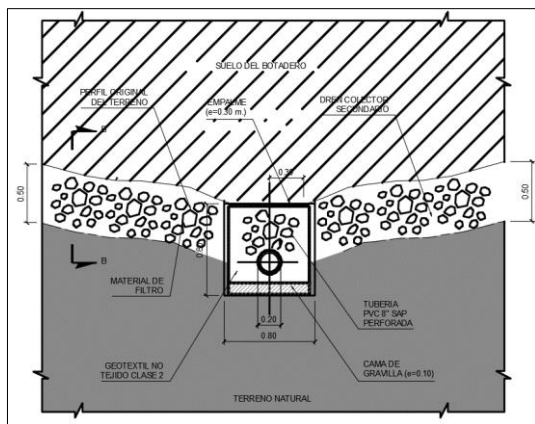
Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Area (m ²)
DME P14-04	1	0.4347				4,133.69	1796.92
TOTAL =							1,796.92

Nota: Area determinada a partir de informacion de civil 3d.

DREN COLECTOR (0.80X0.80)

27.69 ml

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Area (m ²)
DME P14-04	1	0.4347	63.71				27.69
TOTAL =							27.69

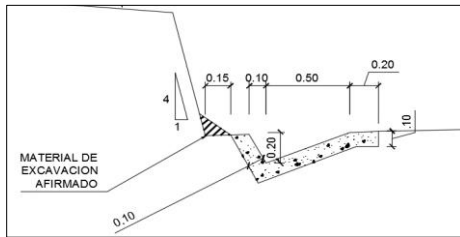


Geotextil No Tejido Clase 2	m2/m	3.200
Excavacion manual	m3/m	0.560
Perfilado y Compactado	m2/m	0.800
Cama de Gravilla (e=0.10m)	m3/m	0.070
Tuberia PVC 8" SAP Perforada	m/m	1.000
Material de Filtro	m3/m	0.175

CUNETA PARA DME

93.91 ml

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Area (m ²)
DME P14-04 Tramo 1	1	0.43	216.04				93.91
TOTAL =							93.91

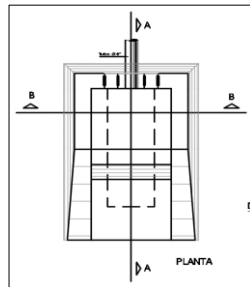


Excavacion manual	m3/m	0.160
Concreto f _c = 175 kg/cm ²	m3/m	0.100
Encofrado y Desencofrado	m2/m	1.050
Junta de Dilatación	m/m	0.085
Junta de Construcción	m/m	0.255
Acerrado	m/m	0.935

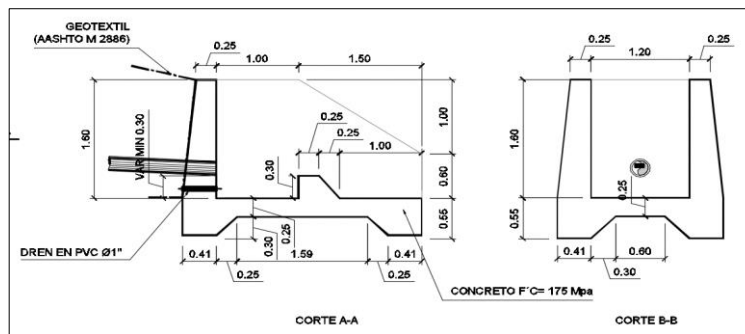
CAJA COLECTORA

0.87 und

Descripción	Cant.	N° Elem. Iguales	Long. (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Area (m ²)	Cantidad (und)
DME P14-04	2	0.4347					0.87
TOTAL =							0.87



Excavacion manual	m3/und	6.280
Compactado y perfilado	m2/und	5.880
Concreto f _c =17.5MPa	m3/und	3.905
Encofrado y Desencofrado	m2/und	15.310
Geotextil (AASHTO 2886)	m/und	9.890
Tubo Dren PVC Ø1"	m/und	0.500



ANEXO 02: COSTOS Y PRESUPUESTOS

PLANILLA DE METRADO

Proyecto : PUENTE LAQUIPAMPA
Ubicación: FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE

PARTIDA	Und.	Cantidad	TOTAL
I.- PUENTE LAQUIPAMPA			
01 OBRAS PRELIMINARES (TRABAJOS PRELIMINARES)			
01.01 OFICINA	m2	15.00	15.00
01.02 ALMACEN Y GUARDIANIA	m2	30.00	30.00
01.03 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS - PUENTE LAQUIPAMPA	glb	1.00	1.00
01.04 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1088.00	1088.00
01.05 MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL	mes	1.00	1.00
01.06 LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	ha	0.12	0.12
01.07 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - TALA DE ARBOLES	uni	5.00	5.00
01.08 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE RAICES	ha	5.00	5.00
01.09 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE ROCAS	m3	12.57	12.57
01.10 TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	Km	1.10	1.10
01.11 TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M	m3-km	1044.00	1044.00
02 OBRAS TEMPORALES			
02.01 ENCAUZAMIENTO			
02.01.01 ENCAUZAMIENTO DEL RIO	m3	217.23	217.23
02.02 EXPLANACIÓN DEL TERRENO PARA ESTRUCTURA METÁLICA			
02.02.01 EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO	m3	200.00	200.00
02.02.02 NIVELACION INTERIOR APISONADO C/EQUIPO	m2	400.00	400.00
02.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE FALSO CIMIENTO	m2	211.00	211.00
02.02.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	250.00	250.00
02.02.05 CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - LOSA DE SOPORTE	m3	40.00	40.00
02.03 FALSO PUENTE			
02.03.01 TABLESTACADO METÁLICO	m2	360.00	360.00
02.03.02 RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	m3	960.00	960.00
02.03.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS	M2	130.00	130.00
02.03.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	856.68	856.68
02.03.05 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - CIMENTACIÓN	m3	2.30	2.30
02.03.06 MONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES	kg	3187.00	3187.00
02.03.07 DESMONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES	kg	3187.00	3187.00
03 SUBESTRUCTURA (ESTRIBO)			
03.01 TRANSPORTE DE AGUA PARA OBRA	m3	58.47	58.47
03.02 TRANSPORTE DE ARENA	m3	130.50	130.50
03.03 TRANSPORTE DE PIEDRA	m3	179.24	179.24
03.04 TRANSPORTE DE ROCA	m3	475.20	475.20
03.05 TRANSPORTE DE AFIRMADO	m3	2290.00	2290.00
03.06 EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMÚN EN SECCIONES	m3	3064.04	3064.04
03.07 GEOTEXTIL IMPERMEABLE	m2	250.00	250.00
03.08 RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	m3	1131.22	1131.22
03.09 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO PARA ESTRUCTURAS	m3	1121.08	1121.08
03.10 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	m2	409.93	409.93
03.11 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	67166.78	67166.78
03.12 CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO	m3	2.72	2.72
03.13 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - ESTRIBOS	m3	445.88	445.88
03.14 TRANSPORTE DE MATERIALES A MAS DE 1000 M	m3-km	7207.54	7207.54
04 SUPERESTRUCTURA			
04.01 ESTRUCTURA METÁLICA			
04.01.01 FABRICACION DE ESTRUCTURA METÁLICA ASTM A709 GRADO 50	tn	156.27	156.27
04.01.02 APARATO DE APOYO DE NEOPRENO	uni	4.00	4.00
04.01.03 MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA	kg	160957.77	160957.77
04.01.04 ARENADO Y PINTURA ANTICORROSIVA PARA ESTRUCTURA METÁLICA	m2	1977.90	1977.90
04.01.05 PINTURA ESMALTE EPÓXICO PARA ESTRUCTURA METÁLICA	m2	1977.90	1977.90
04.01.06 PINTURA DE ACABADO PARA ESTRUCTURA METÁLICA	m2	1977.90	1977.90
04.01.07 TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA	glb	1.00	1.00
04.02 TABLERO			
04.02.01 CONCRETO F'C 175 KG/CM2 - SIN ADITIVO - VEREDA	m3	27.54	27.54
04.02.02 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - SIN ADITIVO - LOSA TABLERO	m3	162.50	162.50
04.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METÁLICO	m2	221.00	221.00
04.02.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	2441.00	2441.00
05 SUPERFICIE DE DESGASTE			

05.01	RIEGO DE LIGA	m2	408.00	408.00
05.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (MAC) E = 5	m3	20.40	20.40
06 LOSA DE APROXIMACIÓN				
06.01	CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO	m3	6.00	6.00
06.02	CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - LOSA DE TRANSICIÓN	m3	20.16	20.16
06.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	m2	24.00	24.00
06.04	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	3013.52	3013.52
07 VARIOS				
07.01	PINTURA BITUMINOSA (ESTRIBOS)	ml	68.00	68.00
07.02	PINTURA SIN CROMATO (PUENTE)	ml	888.00	888.00
07.03	PINTURA ESMALTE	ml	888.00	888.00
07.04	GEOCOMPUESTO DE DRENAJE	m2	192.00	192.00
07.05	BARANDA METALICA	m	136.00	136.00
07.06	ACABADO DE VEREDAS	m2	136.00	136.00
07.07	TUBERIA PVC DIAM 3" PARA DRENAJE	m	136.00	136.00
07.08	TUBO DRENAJE PVC DIAM 6"	m	48.00	48.00
07.09	TUBO DRENAJE PVC DIAM 8"	m	9.60	9.60
07.10	JUNTAS DE DILATACION EN EL TABLERO DEL PUENTE	m	45.60	45.60
07.11	JUNTA ENTRE ESTRIBO Y LOSA DE APROXIMACIÓN	m	18.40	18.40
07.12	JUNTA DE APROXIMACION TIPO TRANSFLEX TR270	m	24.00	24.00
II.- ACCESOS				
01 MOVIMIENTO DE TIERRAS				
01.01	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO	m3	5414.39	5414.39
01.02	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	182.70	182.70
02 PAVIMENTOS				
02.01	BASE GRANULAR	m3	505.20	505.20
03 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
03.01	CUNETA TRIANGULAR	m2	82.80	82.80
03.02	CUNETA BATEA	m2	15.00	15.00
04 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				
04.01	SEÑALES PREVENTIVAS (0.60mx0.60m)	uni	12.00	12.00
04.02	SEÑALES REGLAMENTARIOS (0.60mx0.60m)	uni	2.00	2.00
04.03	SEÑALES INFORMATIVA (2.5mx1.5m)	m2	2.00	2.00
04.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	165.00	165.00
05 OBRAS DE DEFENSA				
05.01	AFIRMADO EN TERRAPLEN	m3	11450.40	11450.40
05.02	ROCA (UÑA)	m3	288.00	288.00
05.03	TALUD DE ROCA	m3	2086.00	2086.00
05.04	GEOTEXTIL IMPERMEABLE	m2	913.80	913.80
06 PROTECCIÓN AMBIENTAL				
06.01 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL				
06.01.01	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	1.00
06.02 PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA				
06.02.01	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3	2208.00	2208.00
06.02.02	TRATAMIENTO DE DME (DMEs P13-03 / P14-03)	glb	1.00	1.00

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

Cod.	Insumos	Unidad	Cuadr.	Cantidad	P.U.	PARCIAL
01.01 OFICINA						
Rendimiento: 30 m2/DIA				Costo unitario directo por: m2		317.73
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	1	0.2667	21.86	5.83
1003	TOPOGRAFO	hh	1	0.2667	25.36	6.76
1009	PEON	hh	2	0.5333	15.78	8.42
						21.01
MATERIALES						
1203	CERRADURA DOS GOLPES FORTE -PARCHE MODELO 220	PZA		1.0000	45.80	45.80
1204	HORMIGON	M3		1.0000	40.00	40.00
1210	TRIPLAY DE 4'x8'x 4 mm	pln		0.8200	25.00	20.50
1211	CALAMINA # 31 DE 1.83m x 0.83m x 2.7mm	PZA		0.7431	15.50	11.52
1213	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2500	3.50	0.88
1237	ALAMBRE NEGRO N°8	KG		0.1000	3.50	0.35
1238	MADERA TORNILLO	p2		5.2500	5.07	26.62
						145.67
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1201	INSTALACIONES ELECTRICAS (ESTIMADO)	est		1.0000	150.00	150.00
						150.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	21.01	1.05
						1.05
01.02 ALMACEN Y GUARDIANIA						
Rendimiento: 30 m2/DIA				Costo unitario directo por: m2		119.33
MANO DE OBRA						
1001	CAPATAZ	hh	0.1	0.0267	24.97	0.67
1002	OPERARIO	hh	1	0.2667	21.86	5.83
1003	TOPOGRAFO	hh	1	0.2667	25.36	6.76
						13.26
MATERIALES						
1203	CERRADURA DOS GOLPES FORTE -PARCHE MODELO 220	PZA		1.0000	45.80	45.80
1210	TRIPLAY DE 4'x8'x 4 mm	pln		0.8200	25.00	20.50
1211	CALAMINA # 31 DE 1.83m x 0.83m x 2.7mm	PZA		0.7431	15.50	11.52
1213	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.2500	3.50	0.88
1237	ALAMBRE NEGRO N°8	KG		0.1000	3.50	0.35
1238	MADERA TORNILLO	p2		5.2500	5.07	26.62
						105.67
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	13.26	0.40
						0.40
01.03 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS - PUENTE LAQUIPAMPA						
Rendimiento: 1 glb/DIA				Costo unitario directo por: glb		16256.30
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1603	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS TRANSPORTADO	glb		1.0000	14233.00	14233.00
1707	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS AUTOTRANSPO	glb		1.0000	2023.30	2023.30
						16256.30
01.04 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO						
Rendimiento: 500 m2/DIA				Costo unitario directo por: m2		3.13
MANO DE OBRA						
1003	TOPOGRAFO	hh	1	0.0160	25.36	0.41
1009	PEON	hh	4	0.0640	15.78	1.01
1010	NIVELADOR	hh	1	0.0160	20.36	0.33
						1.75
MATERIALES						
1207	CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA C/C DE 3"	KG		0.0200	3.65	0.07
1238	MADERA TORNILLO	p2		0.0460	5.07	0.23
1604	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0120	51.45	0.62
						0.92
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.75	0.09
3948	ESTACION TOTAL	hm	1	0.0160	14.79	0.24
3949	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1	0.0160	8.00	0.13

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

						0.46
01.05 MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL						
Rendimiento: 0.0333 mes/DIA						
Costo unitario directo por: mes						9477.82
MANO DE OBRA						
1001	CAPATAZ	hh	0.1	24.0240	24.97	599.88
1009	PEON	hh	2	480.4805	15.78	7581.98
						8181.86
MATERIALES						
1698	CONO DE SEGURIDAD	und		2.5000	45.93	114.83
1699	SEÑALES RESTRICTIVAS	und		2.5000	102.59	256.48
1700	SEÑALES PREVENTIVAS	und		2.0000	102.59	205.18
1701	SEÑALES INFORMATIVAS	und		2.0000	154.17	308.34
1702	TRANQUERAS	und		2.0000	154.17	308.34
1703	CHALECO Y ACCESORIOS DE SEGURIDAD	und		1.0000	35.76	35.76
1704	BANDERINES	und		1.0000	15.33	15.33
1705	LAMPARAS DETELLANTES	und		2.0000	25.85	51.70
						1295.96
01.06 LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO						
Rendimiento: 1 ha/DIA						
Costo unitario directo por: ha						3122.19
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	2	16.0000	21.86	349.76
1009	PEON	hh	2	16.0000	15.78	252.48
						602.24
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	602.24	30.11
3964	TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	1	8.0000	277.43	2219.44
3966	MOTOSIERRA	hm	2	16.0000	16.90	270.40
						2519.95
01.07 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - TALA DE ARBOLES						
Rendimiento: 2 uni/DIA						
Costo unitario directo por: uni						524.81
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	0.5	2.0000	21.86	43.72
1009	PEON	hh	1	4.0000	15.78	63.12
						106.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	106.84	5.34
3964	TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	0.25	1.0000	277.43	277.43
3966	MOTOSIERRA	hm	2	8.0000	16.90	135.20
						417.97
01.08 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE RAICES						
Rendimiento: 1 ha/DIA						
Costo unitario directo por: ha						501.79
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	0.5	4.0000	21.86	87.44
1009	PEON	hh	1	8.0000	15.78	126.24
						213.68
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	213.68	10.68
3964	TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	0.125	1.0000	277.43	277.43
						288.11
01.09 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE ROCAS						
Rendimiento: 80 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						55.16
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	1	0.1000	21.86	2.19
1009	PEON	hh	3	0.3000	15.78	4.73
						6.92
MATERIALES						
1669	COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.0500	20.25	1.01
						1.01
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3956	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.1000	194.93	19.49
3964	TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	1	0.1000	277.43	27.74
						47.23

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

01.10 TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN

Rendimiento: 1 Km/DIA		Costo unitario directo por: Km			1536.90
MANO DE OBRA					
1003 TOPOGRAFO	hh	1	8.0000	25.36	202.88
1009 PEON	hh	6	48.0000	15.78	757.44
1010 NIVELADOR	hh	1	8.0000	20.36	162.88
					1123.20
MATERIALES					
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL	1.0000		22.29	22.29
1213 CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG	0.0400		3.50	0.14
1238 MADERA TORNILLO	p2	2.5000		5.07	12.68
1257 ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG	10.0000		3.05	30.50
1604 PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gal	0.3500		51.45	18.01
1671 YESO DE 28 KG	BOL	2.0000		8.30	16.60
1672 CORDEL	m	50.0000		1.50	75.00
					175.22
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1123.20	56.16
3948 ESTACIÓN TOTAL	hm	1	8.0000	14.79	118.32
3949 NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1	8.0000	8.00	64.00
					238.48

01.11 TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M

Rendimiento: 97.4 m3-km/DIA		Costo unitario directo por: m3-km			29.23
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	0.6071	0.0499	17.51	0.87
					0.87
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3956 CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	0.6071	0.0499	194.93	9.73
3957 CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.0821	226.91	18.63
					28.36

02.01.01 ENCAUZAMIENTO DEL RIO

Rendimiento: 980 m3/DIA		Costo unitario directo por: m3			2.67
MANO DE OBRA					
1003 TOPOGRAFO	hh	1	0.0082	25.36	0.21
1008 OFICIAL	hh	1	0.0082	17.51	0.14
					0.35
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		1.0000	0.35	0.00
3947 EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	1	0.0082	283.18	2.32
					2.32

02.02.01 EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO

Rendimiento: 350 m3/DIA		Costo unitario directo por: m3			8.41
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	1	0.0229	17.51	0.40
1009 PEON	hh	4	0.0914	15.78	1.44
					1.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.84	0.09
3947 EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	1	0.0229	283.18	6.48
					6.57

02.02.02 NIVELACION INTERIOR APISONADO C/EQUIPO

Rendimiento: 120 m2/DIA		Costo unitario directo por: m2			6.84
MANO DE OBRA					
1001 CAPATAZ	hh	0.1	0.0067	24.97	0.17
1002 OPERARIO	hh	1	0.0667	21.86	1.46
1003 TOPOGRAFO	hh	1	0.0667	25.36	1.69
					3.32
MATERIALES					
1226 AGUA	m3		0.0500	19.18	0.96
1234 REGLA DE MADERA	p2		0.0300	8.50	0.26
					1.22
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.32	0.10

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

3935 COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	1	0.0667	32.95	2.20
					2.30

02.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE FALSO CIMENTO

Rendimiento: 12.5 m2/DIA Costo unitario directo por: m2 47.81

MANO DE OBRA					
1001 CAPATAZ	hh	0.1	0.0640	24.97	1.60
1002 OPERARIO	hh	1	0.6400	21.86	13.99
1008 OFICIAL	hh	1	0.6400	17.51	11.21
					26.80
MATERIALES					
1213 CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1300	3.50	0.46
1239 ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.2600	3.50	0.91
1240 MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	p2		4.8300	3.90	18.84
					20.21
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	26.80	0.80
					0.80

02.02.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

Rendimiento: 250 kg/DIA Costo unitario directo por: kg 5.23

MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0320	21.86	0.70
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56
1009 PEON	hh	1	0.0320	15.78	0.50
					1.76
MATERIALES					
1248 ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1257 ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG		1.0500	3.05	3.20
					3.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.76	0.09
					0.09

02.02.05 CONCRETO F'c 140 KG/CM2 - LOSA DE SOPORTE

Rendimiento: 18 m3/DIA Costo unitario directo por: m3 323.21

MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08
					94.58
MATERIALES					
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0000	22.29	156.03
1226 AGUA	m3		0.1800	19.18	3.45
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5700	65.00	37.05
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5600	12.03	6.74
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79
					207.28
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

02.03.01 TABLESTACADO METÁLICO

Rendimiento: 70 m2/DIA Costo unitario directo por: m2 214.46

MANO DE OBRA					
1017 OFICIAL ENCOFRADOR	hh	2	0.2286	20.51	4.69
					4.69
MATERIALES					
1713 TABLETACA RECUPERABLE PARA 25 USOS FORMADA POR PERFIL	%MO		1.0000	20.00	20.00
					20.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.0200	4.69	0.00
3959 GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	2	0.2286	280.14	64.04
3971 MARTILLO PERCUTOR DE DOBLE EFECTO	hm	2	0.2286	550.00	125.73
					189.77

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

02.03.02 RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS

		Rendimiento: 50 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		18.82
MANO DE OBRA							
1008	OFICIAL	hh	1	0.1600	17.51		2.80
1009	PEON	hh	4	0.6400	15.78		10.10
							12.90
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.90		0.65
3935	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	1	0.1600	32.95		5.27
							5.92

02.03.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS

		Rendimiento: 10 M2/DIA			Costo unitario directo por: M2		40.89
MANO DE OBRA							
1001	CAPATAZ	hh	0.1	0.0800	24.97		2.00
1002	OPERARIO	hh	1	0.8000	21.86		17.49
1008	OFICIAL	hh	1	0.8000	17.51		14.01
							33.50
MATERIALES							
1213	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.1500	3.50		0.53
1230	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		1.5000	3.90		5.85
							6.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	33.50		1.01
							1.01

02.03.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

		Rendimiento: 250 Kg/DIA			Costo unitario directo por: Kg		5.23
MANO DE OBRA							
1002	OPERARIO	hh	1	0.0320	21.86		0.70
1008	OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51		0.56
1009	PEON	hh	1	0.0320	15.78		0.50
							1.76
MATERIALES							
1248	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50		0.18
1257	ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG		1.0500	3.05		3.20
							3.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.76		0.09
							0.09

02.03.05 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - CIMENTACIÓN

		Rendimiento: 18 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		465.34
MANO DE OBRA							
1002	OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86		29.15
1008	OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51		23.35
1009	PEON	hh	6	2.6667	15.78		42.08
							94.58
MATERIALES							
1202	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		13.3400	22.29		297.35
1226	AGUA	m3		0.1890	19.18		3.63
1246	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5100	65.00		33.15
1247	GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50		3.22
1618	ARENA ZARANDEADA	m3		0.5000	12.03		6.02
1643	LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	gln		0.1000	7.86		0.79
1716	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	gal		0.2100	25.00		5.25
							349.41
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS							
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58		4.73
3938	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50		14.00
3940	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90		2.62
							21.35

02.03.06 MONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES

		Rendimiento: 250 kg/DIA			Costo unitario directo por: kg		10.69
MANO DE OBRA							
1002	OPERARIO	hh	2	0.0640	21.86		1.40

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1009 PEON	hh	2	0.0640	15.78	1.01
1012 TECNICO SOLDADOR	hh	1	0.0320	20.68	0.66
1014 TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD	hh	1	0.0320	25.39	0.81
					3.88

MATERIALES

1238 MADERA TORNILLO	p2		0.0035	5.07	0.02
1606 PERNO DE ANCLAJE F1554 5/8" X 0.50 m	pza		0.0030	8.58	0.03
1610 SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg		0.0090	35.12	0.32
1622 CABLES - ESTROBOS	est		0.0008	30.00	0.02
1711 PERNO A325 de 20 mm	und		0.0090	18.74	0.17
					0.56

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3952 GATAS 50 TON	hm	2	0.0640	17.91	1.15
3953 TECLÉ 5 TON	hm	0.25	0.0080	34.84	0.28
3955 MOTOSOLDADORA DE 225 A	hm	0.25	0.0080	35.69	0.29
3958 TIRFOR DE 5 TON	hm	0.25	0.0080	5.63	0.05
3959 GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	0.5	0.0160	280.14	4.48
					6.25

02.03.07 DESMONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES

Rendimiento: 400 kg/DIA

Costo unitario directo por: kg **4.58**

MANO DE OBRA

1002 OPERARIO	hh	2	0.0400	21.86	0.87
1009 PEON	hh	2	0.0400	15.78	0.63
					1.50

MATERIALES

1622 CABLES - ESTROBOS	est		0.0008	30.00	0.02
					0.02

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3952 GATAS 50 TON	hm	0.25	0.0050	17.91	0.09
3953 TECLÉ 5 TON	hm	0.25	0.0050	34.84	0.17
3959 GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	0.5	0.0100	280.14	2.80
					3.06

03.01 TRANSPORTE DE AGUA PARA OBRA

Rendimiento: 35 m3/DIA

Costo unitario directo por: m3 **123.28**

MANO DE OBRA

1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.2286	22.80	5.21
					5.21

MATERIALES

1669 COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.0085	20.25	0.17
					0.17

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3968 CAMION CISTERNA 4*2 AGUA 122HP 2000glns	hm	2	0.4571	257.92	117.90
					117.90

03.02 TRANSPORTE DE ARENA

Rendimiento: 32 m3/DIA

Costo unitario directo por: m3 **64.15**

MANO DE OBRA

1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.2500	22.80	5.70
					5.70

MATERIALES

1669 COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.0850	20.25	1.72
					1.72

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3957 CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.2500	226.91	56.73
					56.73

03.03 TRANSPORTE DE PIEDRA

Rendimiento: 32 m3/DIA

Costo unitario directo por: m3 **63.85**

MANO DE OBRA

1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.2500	22.80	5.70
					5.70

MATERIALES

1669 COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.0700	20.25	1.42
					1.42

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3957 CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.2500	226.91	56.73
------------------------------	----	---	--------	--------	-------

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

						56.73
03.04 TRANSPORTE DE ROCA						
Rendimiento: 32 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						68.41
MANO DE OBRA						
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.2500	22.80	5.70
1009	PEON	hh	1	0.2500	15.78	3.95
						9.65
MATERIALES						
1669	COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.1000	20.25	2.03
						2.03
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3957	CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.2500	226.91	56.73
						56.73
03.05 TRANSPORTE DE AFIRMADO						
Rendimiento: 32 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						64.46
MANO DE OBRA						
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.2500	22.80	5.70
						5.70
MATERIALES						
1669	COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.1000	20.25	2.03
						2.03
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3957	CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.2500	226.91	56.73
						56.73
03.06 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO						
Rendimiento: 350 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						8.41
MANO DE OBRA						
1008	OFICIAL	hh	1	0.0229	17.51	0.40
1009	PEON	hh	4	0.0914	15.78	1.44
						1.84
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.84	0.09
3947	EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	1	0.0229	283.18	6.48
						6.57
03.07 GEOTEXTIL IMPERMEABLE						
Rendimiento: 120 m2/DIA						
Costo unitario directo por: m2						22.20
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1687	SUBCONTRATO (COMPRA Y COLOCACIÓN DE GEOEMBRANA)	m2		1.0000	22.20	22.20
						22.20
03.08 RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS						
Rendimiento: 50 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						18.82
MANO DE OBRA						
1008	OFICIAL	hh	1	0.1600	17.51	2.80
1009	PEON	hh	4	0.6400	15.78	10.10
						12.90
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.90	0.65
3935	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	1	0.1600	32.95	5.27
						5.92
03.09 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO PARA ESTRUCTURAS						
Rendimiento: 120 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						114.82
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	1	0.0667	21.86	1.46
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.0667	22.80	1.52
1009	PEON	hh	3	0.2000	15.78	3.16
						6.14
MATERIALES						
1226	AGUA	m3		0.1000	19.18	1.92
1680	MATERIAL ESPECÍFICO	m3		1.2000	11.31	13.57
						15.49
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1617	TRANSPORTE DE AGREGADO	m3		1.0000	53.50	53.50

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

					53.50
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.14	0.31
3964 TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	0.5	0.0333	277.43	9.24
3965 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12 Tor	hm	1	0.0667	225.96	15.07
3967 MOTONIVELADORA DE 145-150HP	hm	1	0.0667	225.96	15.07
					39.69

03.10 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO

Rendimiento: 20 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		46.78
MANO DE OBRA					
1016 OPERARIO ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	23.86	9.54
1017 OFICIAL ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	20.51	8.20
					17.74
MATERIALES					
1673 PLANCHA METÁLICA 90*300	m2		0.0240	1062.00	25.49
1674 PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3M DE ALTURA	uni		0.0300	38.44	1.15
1675 BERENJENO DE PVC, DE VARIAS DIMENSIONES Y 2500 mm DE LONC	uni		1.3380	1.00	1.34
1676 AGENTE DESMONTANTE A BASE DE ACEITES ESPECIALES EMULSIC	uni		0.0300	5.69	0.17
					28.15
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	17.74	0.89
					0.89

03.11 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

Rendimiento: 250 Kg/DIA			Costo unitario directo por: Kg		5.23
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0320	21.86	0.70
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56
1009 PEON	hh	1	0.0320	15.78	0.50
					1.76
MATERIALES					
1248 ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1257 ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG		1.0500	3.05	3.20
					3.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.76	0.09
					0.09

03.12 CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO

Rendimiento: 18 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		323.21
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08
					94.58
MATERIALES					
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0000	22.29	156.03
1226 AGUA	m3		0.1800	19.18	3.45
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5700	65.00	37.05
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5600	12.03	6.74
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79
					207.28
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

03.13 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - ESTRIBOS

Rendimiento: 18 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		465.34
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08
					94.58
MATERIALES					

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		13.3400	22.29	297.35
1226 AGUA	m3		0.1890	19.18	3.63
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5100	65.00	33.15
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5000	12.03	6.02
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79
1716 ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	gal		0.2100	25.00	5.25
					349.41
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

03.14 TRANSPORTE DE MATERIALES A MAS DE 1000 M

Rendimiento: 97.4 m3-km/DIA		Costo unitario directo por: m3-km			29.23
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	0.6071	0.0499	17.51	0.87
					0.87
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3956 CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	0.6071	0.0499	194.93	9.73
3957 CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1	0.0821	226.91	18.63
					28.36

04.01.01 FABRICACION DE ESTRUCTURA METALICA ASTM A709 GRADO 50

Rendimiento: 2 tn/DIA		Costo unitario directo por: tn			10986.08
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	2	8.0000	17.51	140.08
1009 PEON	hh	10	40.0000	15.78	631.20
1012 TECNICO SOLDADOR	hh	2	8.0000	20.68	165.44
1013 TÉCNICO CALDERERO	hh	1	4.0000	20.68	82.72
1014 TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD	hh	1	4.0000	25.39	101.56
1015 CORTADOR	hh	2	8.0000	20.53	164.24
					1285.24
MATERIALES					
1238 MADERA TORNILLO	p2		3.0000	5.07	15.21
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		2.5400	11.50	29.21
1610 SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg		120.0000	35.12	4214.40
1611 OXIGENO	m3		12.0000	7.10	85.20
1612 ACETILENO	m3		4.0000	27.01	108.04
1619 ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 709 GRADO 50	Tn		1.0500	3050.00	3202.50
					7654.56
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1681 SOLDADURA UNION BRIDA PLANCHA	kg		27.8800	25.20	702.58
					702.58
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1285.24	64.26
3951 EQUIPO OXICORTE	hm	2	8.0000	8.68	69.44
3952 GATAS 50 TON	hm	2	8.0000	17.91	143.28
3953 TECLE 5 TON	hm	2	8.0000	34.84	278.72
3954 MONTACARGA 80HP 5 TON	hm	1	4.0000	125.62	502.48
3955 MOTOSOLDADORA DE 225 A	hm	2	8.0000	35.69	285.52
					1343.70

04.01.02 APARATO DE APOYO DE NEOPRENO

Rendimiento: 2 uni/DIA		Costo unitario directo por: uni			6159.30
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	4.0000	21.86	87.44
1008 OFICIAL	hh	1	4.0000	17.51	70.04
1009 PEON	hh	1	4.0000	15.78	63.12
					220.60
MATERIALES					
1610 SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg		5.0000	35.12	175.60
1632 SIKAGROUT 212	bls		1.6380	129.63	212.33
1633 PERNO DE ANCLAJE F1554 GRADO 55 1"X400MM	pza		4.0000	55.59	222.36
1634 TUERCAS HEXAGONALES 1"	pza		2.0000	4.96	9.92
1636 PLANCHA DE ACERO PL38 0.85X0.55M	pza		2.0000	271.45	542.90

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERRENAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1708 APOYO TIPO LRB D500 B550 Z410	und		1.0000	3624.56	3624.56
1709 RESINA EPOXICA HILTI RE-500	und		1.0000	140.00	140.00
					4927.67
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	220.60	11.03
3970 APLICADOR HILTI HDM-500	und	0.5	2.0000	500.00	1000.00
					1011.03

04.01.03 MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METÁLICA

Rendimiento: 300 kg/DIA			Costo unitario directo por: kg		60.86
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	4	0.1067	21.86	2.33
1009 PEON	hh	10	0.2667	15.78	4.21
1012 TECNICO SOLDADOR	hh	2	0.0533	20.68	1.10
1014 TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD	hh	1	0.0267	25.39	0.68
					8.32
MATERIALES					
1238 MADERA TORNILLO	p2		0.0035	5.07	0.02
1610 SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg		0.0090	35.12	0.32
1622 CABLES - ESTROBOS	est		1.0000	30.00	30.00
1691 PERNOS A490 30mm	uni		0.0400	25.68	1.03
1710 PERNO A490 de 27 mm	und		0.0050	21.77	0.11
					31.48
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3952 GATAS 50 TON	hm	2	0.0533	17.91	0.95
3953 TECLE 5 TON	hm	5	0.1333	34.84	4.64
3955 MOTOSOLDADORA DE 225 A	hm	0.25	0.0067	35.69	0.24
3958 TIRFOR DE 5 TON	hm	2	0.0533	5.63	0.30
3959 GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	2	0.0533	280.14	14.93
					21.06

04.01.04 ARENADO Y PINTURA ANTICORROSIVA PARA ESTRUCTURA METÁLICA

Rendimiento: 75 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		70.74
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	0.3200	21.86	7.00
1008 OFICIAL	hh	1	0.1067	17.51	1.87
1009 PEON	hh	1	0.1067	15.78	1.68
					10.55
MATERIALES					
1623 DISOLVENTE PARA PINTURA IMPRIMANTE	gal		0.0174	59.30	1.03
1624 PINTURA IMPRIMANTE A BASE DE ZINC INORGANICO	gal		0.0870	219.83	19.13
					20.16
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1625 ARENA ZARANDEADA	m3		0.0500	12.30	0.62
					0.62
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.55	0.53
3960 COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1	0.1067	113.81	12.14
3961 EQUIPO ARENADO	hm	1	0.1067	56.17	5.99
3962 EQUIPO DE PINTURA AIRLESS	hm	3	0.3200	64.85	20.75
					39.41

04.01.05 PINTURA ESMALTE EPOXICO PARA ESTRUCTURA METALICA

Rendimiento: 50 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		80.21
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	0.4800	21.86	10.49
1008 OFICIAL	hh	1	0.1600	17.51	2.80
1009 PEON	hh	1	0.1600	15.78	2.52
					15.81
MATERIALES					
1626 DISOLVENTE PARA PINTURA EPOXICO	gal		0.0355	52.60	1.87
1627 PINTURA DE RESINA EPOXICA	gal		0.1184	104.76	12.40
					14.27
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	15.81	0.79
3960 COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1	0.1600	113.81	18.21
3962 EQUIPO DE PINTURA AIRLESS	hm	3	0.4800	64.85	31.13

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

						50.13
04.01.06 PINTURA DE ACABADO PARA ESTRUCTURA METALICA						
Rendimiento: 100 m2/DIA						
Costo unitario directo por: m2						56.92
MANO DE OBRA						
1002 OPERARIO	hh	3	0.2400	21.86	5.25	
1008 OFICIAL	hh	1	0.0800	17.51	1.40	
						6.65
MATERIALES						
1628 DISOLVENTE PARA PINTURA ESMALTE POLIURETANO	gal		0.0269	70.20	1.89	
1629 PINTURA DE POLIURETANO ALIFATICA, AMERSHIEL O SIMILAR	gal		0.0797	168.04	13.39	
						15.28
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1630 ANDAMIOS	hm		2.0000	5.00	10.00	
						10.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.65	0.33	
3960 COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1	0.0800	113.81	9.10	
3962 EQUIPO DE PINTURA AIRLESS	hm	3	0.2400	64.85	15.56	
						24.99
04.01.07 TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA						
Rendimiento: 1 glb/DIA						
Costo unitario directo por: glb						13801.08
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1631 SUBCONTRATO (TRANSPORTE DE TRUJ - PUCHACA)	glb		1.0000	12330.00	12330.00	
1712 SUBCONTRATO (TRANSPORTE PUCHACA - LAQUIPAMPA)	glb		1.0000	910.80	910.80	
						13240.80
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3959 GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	0.25	2.0000	280.14	560.28	
						560.28
04.02.01 CONCRETO F'C 175 KG/CM2 - SIN ADITIVO - VEREDA						
Rendimiento: 18 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						343.56
MANO DE OBRA						
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15	
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35	
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08	
						94.58
MATERIALES						
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		8.0000	22.29	178.32	
1226 AGUA	m3		0.1800	19.18	3.45	
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5500	65.00	35.75	
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22	
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5400	12.03	6.50	
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.0500	7.86	0.39	
						227.63
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73	
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00	
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62	
						21.35
04.02.02 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - SIN ADITIVO - LOSA TABLERO						
Rendimiento: 18 m3/DIA						
Costo unitario directo por: m3						460.09
MANO DE OBRA						
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15	
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35	
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08	
						94.58
MATERIALES						
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		13.3400	22.29	297.35	
1226 AGUA	m3		0.1890	19.18	3.63	
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5100	65.00	33.15	
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22	
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5000	12.03	6.02	
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79	
						344.16
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

04.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO

Rendimiento: 20 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		48.32
MANO DE OBRA					
1016 OPERARIO ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	23.86	9.54
1017 OFICIAL ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	20.51	8.20
					17.74
MATERIALES					
1673 PLANCHA METÁLICA 90*300	m2		0.0240	1062.00	25.49
1674 PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3M DE ALTURA	uni		0.0700	38.44	2.69
1675 BERENJENO DE PVC, DE VARIAS DIMENSIONES Y 2500 mm DE LONGITUD	uni		1.3380	1.00	1.34
1676 AGENTE DESMONTANTE A BASE DE ACEITES ESPECIALES EMULSIONADO	uni		0.0300	5.69	0.17
					29.69
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	17.74	0.89
					0.89

04.02.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

Rendimiento: 250 kg/DIA			Costo unitario directo por: kg		5.23
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0320	21.86	0.70
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56
1009 PEON	hh	1	0.0320	15.78	0.50
					1.76
MATERIALES					
1248 ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1257 ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG		1.0500	3.05	3.20
					3.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.76	0.09
					0.09

05.01 RIEGO DE LIGA

Rendimiento: 4500 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		0.18
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	1	0.0018	17.51	0.03
1009 PEON	hh	5	0.0089	15.78	0.14
					0.17
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.17	0.01
					0.01

05.02 PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (MAC) E = 5 CM

Rendimiento: 200 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		1270.00
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0400	21.86	0.87
1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	3	0.1200	22.80	2.74
1009 PEON	hh	6	0.2400	15.78	3.79
					7.40
MATERIALES					
1669 COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.2400	20.25	4.86
1682 MEZCLA ASFALTICA	m3		1.5000	820.14	1230.21
					1235.07
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	7.40	0.37
3965 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12 Ton	hm	2	0.0800	225.96	18.08
3969 PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA	hm	1	0.0400	227.10	9.08
					27.53

06.01 CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO

Rendimiento: 18 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		323.21
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERRENAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08
					94.58
MATERIALES					
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		7.0000	22.29	156.03
1226 AGUA	m3		0.1800	19.18	3.45
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5700	65.00	37.05
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5600	12.03	6.74
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79
					207.28
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

06.02 CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - LOSA DE TRANSICION

			Rendimiento: 18 m3/DIA	Costo unitario directo por: m3	465.34
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	3	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	3	1.3333	17.51	23.35
1009 PEON	hh	6	2.6667	15.78	42.08
					94.58
MATERIALES					
1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		13.3400	22.29	297.35
1226 AGUA	m3		0.1890	19.18	3.63
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.5100	65.00	33.15
1247 GASOLINA 84 OCTANOS	gln		0.2800	11.50	3.22
1618 ARENA ZARANDEADA	m3		0.5000	12.03	6.02
1643 LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	glb		0.1000	7.86	0.79
1716 ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	gal		0.2100	25.00	5.25
					349.41
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	94.58	4.73
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4444	31.50	14.00
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1	0.4444	5.90	2.62
					21.35

06.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO

			Rendimiento: 20 m2/DIA	Costo unitario directo por: m2	46.78
MANO DE OBRA					
1016 OPERARIO ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	23.86	9.54
1017 OFICIAL ENCOFRADOR	hh	1	0.4000	20.51	8.20
					17.74
MATERIALES					
1673 PLANCHA METÁLICA 90*300	m2		0.0240	1062.00	25.49
1674 PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3M DE ALTURA	uni		0.0300	38.44	1.15
1675 BERENJENO DE PVC, DE VARIAS DIMENSIONES Y 2500 mm DE LONC	uni		1.3380	1.00	1.34
1676 AGENTE DESMONTANTE A BASE DE ACEITES ESPECIALES EMULSIK	uni		0.0300	5.69	0.17
					28.15
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	17.74	0.89
					0.89

06.04 ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2

			Rendimiento: 250 Kg/DIA	Costo unitario directo por: Kg	5.23
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0320	21.86	0.70
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56
1009 PEON	hh	1	0.0320	15.78	0.50
					1.76
MATERIALES					
1248 ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1257 ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG		1.0500	3.05	3.20
					3.38
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.76	0.09

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERRENAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

						0.09
07.01 PINTURA BITUMINOSA (ESTRIBOS)						
Rendimiento: 40 ml/DIA						
Costo unitario directo por: ml						63.17
MANO DE OBRA						
1008 OFICIAL	hh	2	0.4000	17.51	7.00	
1009 PEON	hh	1	0.2000	15.78	3.16	
						10.16
MATERIALES						
1670 PINTURA ASFALTICA	gal		0.7000	75.00	52.50	
						52.50
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.16	0.51	
						0.51
07.02 PINTURA SIN CROMATO (PUENTE)						
Rendimiento: 40 ml/DIA						
Costo unitario directo por: ml						14.47
MANO DE OBRA						
1008 OFICIAL	hh	2	0.4000	17.51	7.00	
1009 PEON	hh	1	0.2000	15.78	3.16	
						10.16
MATERIALES						
1654 PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.1000	38.00	3.80	
						3.80
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.16	0.51	
						0.51
07.03 PINTURA ESMALTE						
Rendimiento: 40 ml/DIA						
Costo unitario directo por: ml						15.82
MANO DE OBRA						
1008 OFICIAL	hh	2	0.4000	17.51	7.00	
1009 PEON	hh	1	0.2000	15.78	3.16	
						10.16
MATERIALES						
1604 PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.1000	51.45	5.15	
						5.15
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	10.16	0.51	
						0.51
07.04 GEOCOMPUESTO DE DRENAJE						
Rendimiento: 250 m2/DIA						
Costo unitario directo por: m2						34.62
MANO DE OBRA						
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56	
1009 PEON	hh	2	0.0640	15.78	1.01	
						1.57
MATERIALES						
1645 GEOMEMBRANA DRENAJE	m2		1.1000	29.97	32.97	
						32.97
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.57	0.08	
						0.08
07.05 BARANDA METALICA						
Rendimiento: 10 m/DIA						
Costo unitario directo por: m						376.30
MANO DE OBRA						
1002 OPERARIO	hh	1	0.8000	21.86	17.49	
1009 PEON	hh	4	3.2000	15.78	50.50	
						67.99
MATERIALES						
1606 PERNO DE ANCLAJE F1554 5/8" X 0.50 m	pza		3.2000	8.58	27.46	
1607 PLATINA DE ACERO 3/8" X 0.125 X 2.20 m	m2		0.2300	69.19	15.91	
1608 PLATINA DE ACERO 3/8" (B3)	m2		0.0900	41.07	3.70	
1609 PLANCHA DE ACERO 5/8" X 0.20 X 0.17 m	pza		0.8000	26.44	21.15	
1610 SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg		3.5000	35.12	122.92	
1611 OXIGENO	m3		0.6000	7.10	4.26	
1612 ACETILENO	m3		0.2000	27.01	5.40	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1613	TUBO DE FIERRO 3" SCH-40	m		1.0500	46.86	49.20
1614	TUBO DE FIERRO 2" SCH-40	m		2.1000	23.60	49.56
						299.56

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3950	SOLDADORA ELÉCTRICA TRIFÁSICA 400A	hm	0.5	0.4000	13.20	5.28
3951	EQUIPO OXICORTE	hm	0.5	0.4000	8.68	3.47
						8.75

07.06 ACABADO DE VEREDAS

Rendimiento: 15 m2/DIA

Costo unitario directo por: m2 **24.91**

MANO DE OBRA

1002	OPERARIO	hh	1	0.5333	21.86	11.66
1009	PEON	hh	1	0.5333	15.78	8.42
						20.08

MATERIALES

1202	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		0.1250	22.29	2.79
1226	AGUA	m3		0.0030	19.18	0.06
1618	ARENA ZARANDEADA	m3		0.0150	12.03	0.18
						3.03

OTROS BIENES Y SERVICIOS

1617	TRANSPORTE DE AGREGADO	m3		0.0150	53.50	0.80
						0.80

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	20.08	1.00
						1.00

07.07 TUBERIA PVC DIAM 3" PARA DRENAJE

Rendimiento: 120 m/DIA

Costo unitario directo por: m **9.87**

MANO DE OBRA

1008	OFICIAL	hh	1	0.0667	17.51	1.17
1009	PEON	hh	1	0.0667	15.78	1.05
						2.22

MATERIALES

1248	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.5000	3.50	1.75
1717	TUBO PVC SAP D=3"	M		1.0500	5.51	5.79
						7.54

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.22	0.11
						0.11

07.08 TUBO DRENAJE PVC DIAM 6"

Rendimiento: 90 m/DIA

Costo unitario directo por: m **20.17**

MANO DE OBRA

1008	OFICIAL	hh	1	0.0889	17.51	1.56
1009	PEON	hh	1	0.0889	15.78	1.40
						2.96

MATERIALES

1248	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1615	TUBO PVC SAP D=6"	M		1.0500	16.08	16.88
						17.06

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.96	0.15
						0.15

07.09 TUBO DRENAJE PVC DIAM 8"

Rendimiento: 60 m/DIA

Costo unitario directo por: m **34.49**

MANO DE OBRA

1008	OFICIAL	hh	1	0.1333	17.51	2.33
1009	PEON	hh	1	0.1333	15.78	2.10
						4.43

MATERIALES

1248	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0500	3.50	0.18
1616	TUBO PVC SAP D=8"	M		1.0000	29.66	29.66
						29.84

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	4.43	0.22
						0.22

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

07.10 JUNTAS DE DILATACION EN EL TABLERO DEL PUENTE

		Costo unitario directo por: m			1264.69
Rendimiento: 10 m/DIA					
MANO DE OBRA					
1002	OPERARIO	hh	2	1.6000	34.98
1009	PEON	hh	1	0.8000	12.62
					47.60
MATERIALES					
1637	JUNTA ELASTOMERICA ESTRUCTURAL	m		1.0500	272.98
1638	PEGAMENTO PARA NEOPRENO	uni		0.1000	66.13
1639	CONCRETO POLIMERICO	kg		7.7500	101.58
1640	ADHESIVO EPÓXICO DE FIJACIÓN	kg		0.8000	153.90
1641	ESPUMA SINTETICA DE POLIETAENO e=2	m2		0.0500	10.74
1642	IMPRIMANTE DE ADHESIVO EPOXICO	kg		0.1035	24.21
					1214.71
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	47.60
					2.38

07.11 JUNTA ENTRE ESTRIBO Y LOSA DE APROXIMACIÓN

		Costo unitario directo por: m			17.17
Rendimiento: 70 m/DIA					
MANO DE OBRA					
1002	OPERARIO	hh	1	0.1143	2.50
1009	PEON	hh	2	0.2286	3.61
					6.11
MATERIALES					
1279	ARENA FINA	M3		0.0100	0.45
1667	ASFALTO RC-250	gln		0.3500	10.30
					10.75
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	6.11
					0.31

07.12 JUNTA DE APROXIMACION TIPO TRANSFLEX TR270

		Costo unitario directo por: m			11.13
Rendimiento: 80 m/DIA					
MANO DE OBRA					
1002	OPERARIO	hh	1	0.1000	2.19
1008	OFICIAL	hh	1	0.1000	1.75
					3.94
MATERIALES					
1618	ARENA ZARANDEADA	m3		0.1000	1.20
1667	ASFALTO RC-250	gln		0.0150	0.44
					1.64
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1617	TRANSPORTE DE AGREGADO	m3		0.1000	5.35
					5.35
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	3.94
					0.20

II.- ACCESOS

Cod.	Insumos	Unidad	Cuadr.	Cantidad	P.U.	PARCIAL
01.01 EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO						
Rendimiento: 350 m3/DIA		Costo unitario directo por: m3			8.41	
MANO DE OBRA						
1008	OFICIAL	hh	1	0.0229	17.51	0.40
1009	PEON	hh	4	0.0914	15.78	1.44
					1.84	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.84	0.09
3947	EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	1	0.0229	283.18	6.48
					6.57	

01.02 CONFORMACION DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO

		Costo unitario directo por: m3			5.49
Rendimiento: 800 m3/DIA					
MANO DE OBRA					
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.0100	22.80
					0.23

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1008 OFICIAL	hh	1	0.0100	17.51	0.18
1009 PEON	hh	2	0.0200	15.78	0.32
					0.73

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.73	0.04
3956 CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	1	0.0100	194.93	1.95
3964 TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	1	0.0100	277.43	2.77
					4.76

02.01 BASE GRANULAR

Rendimiento: 350 m3/DIA

Costo unitario directo por: m3 **78.67**

MANO DE OBRA

1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.0229	22.80	0.52
1009 PEON	hh	4	0.0914	15.78	1.44
					1.96

MATERIALES

1226 AGUA	m3		0.1000	19.18	1.92
1668 AFIRMADO	m3		1.2500	55.00	68.75
1669 COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln		0.0380	20.25	0.77
					71.44

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.96	0.10
3965 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12 Tor	hm	1	0.0229	225.96	5.17
					5.27

03.01 CUNETA TRIANGULAR

Rendimiento: 20 m2/DIA

Costo unitario directo por: m2 **64.56**

MANO DE OBRA

1008 OFICIAL	hh	1	0.4000	17.51	7.00
1009 PEON	hh	2	0.8000	15.78	12.62
					19.62

MATERIALES

1202 CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		0.8000	22.29	17.83
1241 ARENA GRUESA	M3		0.1200	45.00	5.40
1246 PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.1250	65.00	8.13
					31.36

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	19.62	0.98
3938 MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	1	0.4000	31.50	12.60
					13.58

03.02 CUNETA BATEA

Rendimiento: 30 m2/DIA

Costo unitario directo por: m2 **69.86**

MANO DE OBRA

1002 OPERARIO	hh	2	0.5333	21.86	11.66
1009 PEON	hh	2	0.5333	15.78	8.42
					20.08

MATERIALES

1677 CONCRETO F'C 175	m3		0.0800	328.86	26.31
1679 PIEDRA MEDIANA	m3		0.1200	84.29	10.11
					36.42

OTROS BIENES Y SERVICIOS

1678 PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL	m2		1.0000	12.36	12.36
					12.36

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	20.08	1.00
					1.00

04.01 SENALES PREVENTIVAS (0.60mx0.60m)

Rendimiento: 6 uni/DIA

Costo unitario directo por: uni **415.29**

MANO DE OBRA

1002 OPERARIO	hh	1	1.3333	21.86	29.15
1008 OFICIAL	hh	1	1.3333	17.51	23.35
					52.50

MATERIALES

1604 PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0165	51.45	0.85
1646 PERNOSC1/4" X 3"	pza		2.0000	1.82	3.64
1648 LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		3.8800	12.58	48.81

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERRENAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1649	SOLDADURA AWS E6011	kg		0.0800	10.60	0.85
1650	FIBRA DE VIDRIO DE 4mm ACABADO	m2		0.3600	210.12	75.64
1651	ANGULO DE ACERO 1"X1"X3/16"	m		2.4000	3.98	9.55
1652	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"	m		1.5400	3.42	5.27
1653	DISOLVENTE XILOL	gal		0.0270	37.13	1.00
1654	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.0165	38.00	0.63
1655	TINTA SERIGRÁFICA NEGRA O ROJA	gal		0.0165	1109.19	18.30
1656	TUBO DE FIERRO GALVANIZADO D=2" e=2.5mm	m		3.6000	22.71	81.76
246.30						
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1657	SUBCONTRATO (INSTALACIÓN DE SEÑALES PREVENTIVA P2A)	uni		1.0000	96.26	96.26
96.26						
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	52.50	2.63
3950	SOLDADORA ELÉCTRICA TRIFÁSICA 400A	hm	1	1.3333	13.20	17.60
20.23						

04.02 SEÑALES REGLAMENTARIOS (0.60mx0.60m)

				Costo unitario directo por: uni		746.07
Rendimiento: 6 uni/DIA						
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	1	1.3333	21.86	29.15
1008	OFICIAL	hh	1	1.3333	17.51	23.35
52.50						
MATERIALES						
1604	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gal		0.0160	51.45	0.82
1646	PERNOSC1/4" X 3"	pza		4.0000	1.82	7.28
1648	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		11.6300	12.58	146.31
1649	SOLDADURA AWS E6011	kg		0.1000	10.60	1.06
1650	FIBRA DE VIDRIO DE 4mm ACABADO	m2		1.0800	210.12	226.93
1651	ANGULO DE ACERO 1"X1"X3/16"	m		6.0000	3.98	23.88
1652	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"	m		2.8600	3.42	9.78
1653	DISOLVENTE XILOL	gal		0.0270	37.13	1.00
1654	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.0160	38.00	0.61
1655	TINTA SERIGRÁFICA NEGRA O ROJA	gal		0.0600	1109.19	66.55
1656	TUBO DE FIERRO GALVANIZADO D=2" e=2.5mm	m		5.1600	22.71	117.18
1658	PLANCHA METALICA ASTM A36 e=1/4" 0.125mX.0125m	pza		2.0000	2.75	5.50
606.90						
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1659	SUBCONTRATO (INSTALACIÓN DE SEÑALES REGLAMENTARIAS P2A)	uni		1.0000	66.44	66.44
66.44						
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	52.50	2.63
3950	SOLDADORA ELÉCTRICA TRIFÁSICA 400A	hm	1	1.3333	13.20	17.60
20.23						

04.03 SEÑALES INFORMATIVA (2.5mx1.5m)

				Costo unitario directo por: m2		1041.79
Rendimiento: 6 m2/DIA						
MANO DE OBRA						
1002	OPERARIO	hh	1	1.3333	21.86	29.15
1008	OFICIAL	hh	1	1.3333	17.51	23.35
52.50						
MATERIALES						
1604	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gal		0.1000	51.45	5.15
1646	PERNOSC1/4" X 3"	pza		4.7600	1.82	8.66
1648	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		10.8200	12.58	136.12
1649	SOLDADURA AWS E6011	kg		0.0800	10.60	0.85
1650	FIBRA DE VIDRIO DE 4mm ACABADO	m2		1.0100	210.12	212.22
1651	ANGULO DE ACERO 1"X1"X3/16"	m		4.6000	3.98	18.31
1652	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"	m		2.8800	3.42	9.85
1654	PINTURA ANTICORROSIVA	gal		0.1000	38.00	3.80
1655	TINTA SERIGRÁFICA NEGRA O ROJA	gal		0.2500	1109.19	277.30
1656	TUBO DE FIERRO GALVANIZADO D=2" e=2.5mm	m		10.4200	22.71	236.64
1658	PLANCHA METALICA ASTM A36 e=1/4" 0.125mX.0125m	pza		2.3800	2.75	6.55
915.45						
OTROS BIENES Y SERVICIOS						
1660	SUBCONTRATO (INSTALACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS P2A)	uni		1.0000	71.21	71.21

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERRENAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					71.21
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	52.50	2.63
					2.63
04.04 MARCAS EN EL PAVIMENTO					
Rendimiento: 800 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		9.27
MANO DE OBRA					
1002 OPERARIO	hh	1	0.0100	21.86	0.22
1009 PEON	hh	4	0.0400	15.78	0.63
					0.85
MATERIALES					
1653 DISOLVENTE XILOL	gal		0.0100	37.13	0.37
1661 PINTURA PARA TRAFICO TTP-115 COLOR AMARILLO	gal		0.1000	59.30	5.93
1662 MICROESFERAS DE VIDRIO	kg		0.3500	3.99	1.40
					7.70
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.85	0.04
3963 MAQUINARIA PARA PINTAR MARCAS EN PAVIMENTOS	hm	1	0.0100	67.77	0.68
					0.72
05.01 AFIRMADO EN TERRAPLEN					
Rendimiento: 380 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		7.40
MANO DE OBRA					
1007 OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	1	0.0211	22.80	0.48
1009 PEON	hh	3	0.0632	15.78	1.00
					1.48
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.48	0.07
3964 TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	1	0.0211	277.43	5.85
					5.92
05.02 ROCA (UNA)					
Rendimiento: 300 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		151.11
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1683 TRANSPORTE DE ROCA	m3		1.0000	127.04	127.04
1684 ACOPIO DE MATERIAL	m3		1.0000	5.98	5.98
1685 CARGUIO DE MATERIAL	m3		1.0000	7.84	7.84
1686 COLOCACION Y ACOMODO DE ROCA	m3		1.0000	10.25	10.25
					151.11
05.03 TALUD DE ROCA					
Rendimiento: 300 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		151.11
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1683 TRANSPORTE DE ROCA	m3		1.0000	127.04	127.04
1684 ACOPIO DE MATERIAL	m3		1.0000	5.98	5.98
1685 CARGUIO DE MATERIAL	m3		1.0000	7.84	7.84
1686 COLOCACION Y ACOMODO DE ROCA	m3		1.0000	10.25	10.25
					151.11
05.04 GEOTEXTIL IMPERMEABLE					
Rendimiento: 120 m2/DIA			Costo unitario directo por: m2		22.20
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1687 SUBCONTRATO (COMPRA Y COLOCACIÓN DE GEOEMBRANA)	m2		1.0000	22.20	22.20
					22.20
06.01.01 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL					
Rendimiento: 1 glb/DIA			Costo unitario directo por: glb		72987.20
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1715 PROGRAMA DE MONITORIO AMBIENTAL	glb		1.0000	72987.20	72987.20
					72987.20
06.02.01 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME					
Rendimiento: 250 m3/DIA			Costo unitario directo por: m3		3.43
MANO DE OBRA					
1008 OFICIAL	hh	1	0.0320	17.51	0.56

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
 Fecha 26/06/2019

I.- PUENTE LAQUIPAMPA

1009 PEON	hh	2	0.0640	15.78	1.01
					1.57
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
3900 HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.57	0.08
3964 TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	0.2	0.0064	277.43	1.78
					1.86
06.02.02 TRATAMIENTO DE DME (DMEs P13-03 / P14-03)					
Rendimiento: 1 glb/DIA			Costo unitario directo por: glb		5000.00
OTROS BIENES Y SERVICIOS					
1714 SUBCONTRATO DE TRATAMIENTO DE DME	glb		1.0000	5000.00	5000.00
					5000.00

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

Proyecto

PUENTE LAQUIPAMPA

Lugar
Elab. Por
Fecha

FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
JOSEPH TIPACTI REQUEJO
26/06/2019

PARTIDAS		UND	METRADO	C.U.	PARCIAL
I.- PUENTE LAQUIPAMPA					13 715 421.31
01 OBRAS PRELIMINARES (TRABAJOS PRELIMINARES)					75 893.14
01.01	OFICINA	m2	15.00	317.73	4 765.95
01.02	ALMACEN Y GUARDIANA	m2	30.00	119.33	3 579.90
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS - PUENTE LAQUIPAMPA	glb	1.00	16 256.30	16 256.30
01.04	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	1088.00	3.13	3 405.44
01.05	MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL	mes	1.00	9 477.82	9 477.82
01.06	LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	ha	0.12	3 122.19	374.66
01.07	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - TALA DE ARBOLES	uni	5.00	524.81	2 624.05
01.08	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE RAICES	ha	5.00	501.79	2 508.95
01.09	ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES - ELIMINACION DE ROCAS	m3	12.57	55.16	693.36
01.10	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACIÓN	Km	1.10	1 536.90	1 690.59
01.11	TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MAS DE 1000 M	m3-km	1044.00	29.23	30 516.12
02 OBRAS TEMPORALES					184 126.52
02.01 ENCAUZAMIENTO					580.00
02.01.01	ENCAUZAMIENTO DEL RIO	m3	217.23	2.67	580.00
02.02 EXPLANACION DEL TERRENO PARA ESTRUCTURA METALICA					28 741.81
02.02.01	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO	m3	200.00	8.41	1 682.00
02.02.02	NIVELACION INTERIOR APISONADO C/EQUIPO	m2	400.00	6.84	2 736.00
02.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE FALSO CIMIENTO	m2	211.00	47.81	10 087.91
02.02.04	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	250.00	5.23	1 307.50
02.02.05	CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - LOSA DE SOPORTE	m3	40.00	323.21	12 928.40
02.03 FALSO PUENTE					154 804.71
02.03.01	TABLESTACADO METALICO	m2	360.00	214.46	77 205.60
02.03.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	m3	960.00	18.82	18 067.20
02.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL PARA ZAPATAS	M2	130.00	40.89	5 315.70
02.03.04	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	856.68	5.23	4 480.44
02.03.05	CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - CIMENTACIÓN	m3	2.30	465.34	1 070.28
02.03.06	MONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES	kg	3187.00	10.69	34 069.03
02.03.07	DESMONTAJE DE COLUMNAS DESMONTABLES	kg	3187.00	4.58	14 596.46
03 SUBESTRUCTURA (ESTRIBO)					1 177 976.72
03.01	TRANSPORTE DE AGUA PARA OBRA	m3	58.47	123.28	7 208.18
03.02	TRANSPORTE DE ARENA	m3	130.50	64.15	8 371.58
03.03	TRANSPORTE DE PIEDRA	m3	179.24	63.85	11 444.47
03.04	TRANSPORTE DE ROCA	m3	475.20	68.41	32 508.43
03.05	TRANSPORTE DE AFIRMADO	m3	2290.00	64.46	147 613.40
03.06	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS EN MATERIAL COMUN EN SECO	m3	3064.04	8.41	25 768.58
03.07	GEOTEXTIL IMPERMEABLE	m2	2500.00	22.20	5 550.00
03.08	RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	m3	1131.22	18.82	21 289.56
03.09	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO PARA ESTRUCTURAS	m3	1121.08	114.82	128 722.41
03.10	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	m2	409.93	46.78	19 176.53
03.11	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	67166.78	5.23	351 282.26
03.12	CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO	m3	2.72	323.21	879.13
03.13	CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - ESTRIBOS	m3	445.88	465.34	207 485.80
03.14	TRANSPORTE DE MATERIALES A MAS DE 1000 M	m3-km	7207.54	29.23	210 676.39
04 SUPERESTRUCTURA					12 069 940.38
04.01 ESTRUCTURA METALICA					11 962 268.96
04.01.01	FABRICACION DE ESTRUCTURA METALICA ASTM A709 GRADO 50	tn	156.27	10 986.08	1 716 794.72
04.01.02	APARATO DE APOYO DE NEOPRENO	uni	4.00	6 159.30	24 637.20
04.01.03	MONTAJE Y LANZAMIENTO DE ESTRUCTURA METALICA	kg	160957.77	60.86	9 795 889.88
04.01.04	ARENADO Y PINTURA ANTICORROSIVA PARA ESTRUCTURA METALICA	m2	1977.90	70.74	139 916.65
04.01.05	PINTURA ESMALTE EPOXICO PARA ESTRUCTURA METALICA	m2	1977.90	80.21	158 647.36
04.01.06	PINTURA DE ACABADO PARA ESTRUCTURA METALICA	m2	1977.90	56.92	112 582.07
04.01.07	TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA	glb	1.00	13 801.08	13 801.08
04.02 TABLERO					107 671.42
04.02.01	CONCRETO F'C 175 KG/CM2 - SIN ADITIVO - VEREDA	m3	27.54	343.56	9 461.64
04.02.02	CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - SIN ADITIVO - LOSA TABLERO	m3	162.50	460.09	74 764.63
04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO	m2	221.00	48.32	10 678.72
04.02.04	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	kg	2441.00	5.23	12 766.43
05 SUPERFICIE DE DESGASTE					25 981.44
05.01	RIEGO DE LIGA	m2	408.00	0.18	73.44
05.02	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE (MAC) E = 5 CM	m3	20.40	1 270.00	25 908.00
06 LOSA DE APROXIMACION					28 203.94
06.01	CONCRETO F'C 140 KG/CM2 - SOLADO	m3	6.00	323.21	1 939.26
06.02	CONCRETO F'C 280 KG/CM2 - CON ADITIVO - LOSA DE TRANSICIÓN	m3	20.16	465.34	9 381.25
06.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN SECO	m2	24.00	46.78	1 122.72
06.04	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2	Kg	3013.52	5.23	15 760.71
07 VARIOS					153 299.17
07.01	PINTURA BITUMINOSA (ESTRIBOS)	ml	68.00	63.17	4 295.56
07.02	PINTURA SIN CROMATO (PUENTE)	ml	888.00	14.47	12 849.36
07.03	PINTURA ESMALTE	ml	888.00	15.82	14 048.16
07.04	GEOCOMPUESTO DE DRENAJE	m2	192.00	34.62	6 647.04
07.05	BARANDA METALICA	m	136.00	376.30	51 176.80

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

Proyecto

PUENTE LAQUIPAMPA

Lugar
Elab. Por
Fecha

FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
JOSEPH TIPACTI REQUEJO
26/06/2019

PARTIDAS		UND	METRADO	C.U.	PARCIAL
07.06	ACABADO DE VEREDAS	m2	136.00	24.91	3 387.76
07.07	TUBERIA PVC DIAM 3" PARA DRENAJE	m	136.00	9.87	1 342.32
07.08	TUBO DRENAJE PVC DIAM 6"	m	48.00	20.17	968.16
07.09	TUBO DRENAJE PVC DIAM 8"	m	9.60	34.49	331.10
07.10	JUNTAS DE DILATACION EN EL TABLERO DEL PUENTE	m	45.60	1 264.69	57 669.86
07.11	JUNTA ENTRE ESTRIBO Y LOSA DE APROXIMACIÓN	m	18.40	17.17	315.93
07.12	JUNTA DE APROXIMACION TIPO TRANSFLEX TR270	m	24.00	11.13	267.12
II.- ACCESOS					652 079.44
01 MOVIMIENTO DE TIERRAS					46 538.04
01.01	EXCAVACION EN EXPLANACIONES EN MATERIAL SUELTO	m3	5414.39	8.41	45 535.02
01.02	CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES CON MATERIAL PROPIO	m3	182.70	5.49	1 003.02
02 PAVIMENTOS					39 744.08
02.01	BASE GRANULAR	m3	505.20	78.67	39 744.08
03 OBRAS DE ARTE Y DRENAJE					6 393.47
03.01	CUNETAS TRIANGULAR	m2	82.80	64.56	5 345.57
03.02	CUNETAS BATEA	m2	15.00	69.86	1 047.90
04 SENALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL					10 088.75
04.01	SENALES PREVENTIVAS (0.60mx0.60m)	uni	12.00	415.29	4 983.48
04.02	SENALES REGLAMENTARIOS (0.60mx0.60m)	uni	2.00	746.07	1 492.14
04.03	SENALES INFORMATIVA (2.5mx1.5m)	m2	2.00	1 041.79	2 083.58
04.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	165.00	9.27	1 529.55
05 OBRAS DE DEFENSA					463 754.46
05.01	AFIRMADO EN TERRAPLEN	m3	11450.40	7.40	84 732.96
05.02	ROCA (UNA)	m3	288.00	151.11	43 519.68
05.03	TALUD DE ROCA	m3	2086.00	151.11	315 215.46
05.04	GEOTEXTIL IMPERMEABLE	m2	913.80	22.20	20 286.36
06 PROTECCIÓN AMBIENTAL					85 560.64
06.01 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL					72 987.20
06.01.01	PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL	glb	1.00	72 987.20	72 987.20
06.02 PROGRAMA DE CIERRE DE OBRA					12 573.44
06.02.01	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE EN DME	m3	2208.00	3.43	7 573.44
06.02.02	TRATAMIENTO DE DME (DMEs P13-03 / P14-03)	glb	1.00	5 000.00	5 000.00
COSTO DIRECTO					14 367 500.75
GASTOS GENERALES (12% CD)					1 724 100.09
UTILIDAD (10% CD)					1 436 750.08
SUB TOTAL					17 528 350.92
IMPUESTO (IGV 18%)					3 155 103.17
MONTO REFERENCIAL DE OBRA (VR)					20 683 454.09
GASTOS DE SUPERVISION					30 000.00
EXPEDIENTE TECNICO					35 000.00
LIQUIDACION					10 000.00
MONTO TOTAL DEL PROYECTO					20 758 454.09

RELACION DE INSUMOS DEL PROYECTO

Proyecto **PUENTE LAQUIPAMPA**
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					1 994 340.03
1001	CAPATAZ	hh	24.97	51.41	1 283.71
1015	CORTADOR	hh	20.53	1 250.16	25 665.78
1010	NIVELADOR	hh	20.36	26.21	533.64
1008	OFICIAL	hh	17.51	7 328.31	128 318.71
1017	OFICIAL ENCOFRADOR	hh	20.51	344.27	7 060.98
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	22.80	1 114.32	25 406.50
1002	OPERARIO	hh	21.86	23 556.99	514 955.80
1016	OPERARIO ENCOFRADOR	hh	23.86	261.97	6 250.60
1009	PEON	hh	15.78	59 397.61	937 294.29
1013	TÉCNICO CALDERERO	hh	20.68	625.08	12 926.65
1014	TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD	hh	25.39	5 024.64	127 575.61
1012	TECNICO SOLDADOR	hh	20.68	9 931.19	205 377.01
1003	TOPOGRAFO	hh	25.36	66.67	1 690.75
MATERIALES					7 117 328.29
1257	ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60	KG	3.05	77 425.38	236 147.41
1619	ACERO ESTRUCTURAL ASTM A 709 GRADO 50	Tn	3 050.00	164.08	500 444.00
1612	ACETILENO	m3	27.01	652.28	17 618.08
1640	ADHESIVO EPOXICO DE FIJACIÓN	kg	153.90	36.48	5 614.27
1716	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE	gal	25.00	98.35	2 458.75
1668	AFIRMADO	m3	55.00	631.50	34 732.50
1676	AGENTE DESMONTANTE A BASE DE ACEITES ESPECIALES EMULSIONADO	uni	5.69	19.65	111.81
1226	AGUA	m3	19.18	315.99	6 060.69
1237	ALAMBRE NEGRO N°8	KG	3.50	4.50	15.75
1248	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG	3.50	3 757.28	13 150.48
1239	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG	3.50	54.86	192.01
1651	ANGULO DE ACERO 1"X1"X3/16"	m	3.98	50.00	199.00
1708	APOYO TIPO LRB D500 B550 Z410	und	3 624.56	4.00	14 498.24
1279	ARENA FINA	M3	45.00	0.18	8.10
1241	ARENA GRUESA	M3	45.00	9.94	447.30
1618	ARENA ZARANDEADA	m3	12.03	362.01	4 354.98
1667	ASFALTO RC-250	gln	29.44	6.80	200.19
1704	BANDERINES	und	15.33	1.00	15.33
1675	BERENJENO DE PVC, DE VARIAS DIMENSIONES Y 2500 mm DE LONGITUD	uni	1.00	876.30	876.30
1622	CABLES - ESTROBOS	est	30.00	160 953.08	4 828 592.26
1211	CALAMINA # 31 DE 1.83m x 0.83m x 2.7mm	PZA	15.50	33.44	518.32
1202	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL	22.29	9 061.11	201 972.14
1203	CERRADURA DOS GOLPES FORTE -PARCHE MODELO 220	PZA	45.80	45.00	2 061.00
1703	CHALECO Y ACCESORIOS DE SEGURIDAD	und	35.76	1.00	35.76
1207	CLAVOS DE ALAMBRE PARA MADERA C/C DE 3"	KG	3.65	21.76	79.42
1213	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG	3.50	58.22	203.77
1669	COMBUSTIBLE MAQUINARIA PESADA	gln	20.25	325.38	6 588.95
1677	CONCRETO F'C 175	m3	328.86	1.20	394.63
1639	CONCRETO POLIMERICO	kg	101.58	353.40	35 898.37
1698	CONO DE SEGURIDAD	und	45.93	2.50	114.83
1672	CORDEL	m	1.50	55.00	82.50
1626	DISOLVENTE PARA PINTURA EPOXICO	gal	52.60	70.22	3 693.57
1628	DISOLVENTE PARA PINTURA ESMALTE POLIURETANO	gal	70.20	53.21	3 735.34
1623	DISOLVENTE PARA PINTURA IMPRIMANTE	gal	59.30	34.42	2 041.11
1653	DISOLVENTE XILOL	gal	37.13	2.03	75.37
1641	ESPUMA SINTETICA DE POLIETANO e=2	m2	10.74	2.28	24.49
1650	FIBRA DE VIDRIO DE 4mm ACABADO	m2	210.12	8.50	1 786.02
1247	GASOLINA 84 OCTANOS	gln	11.50	594.91	6 841.47
1645	GEOMEMBRANA DRENAJE	m2	29.97	211.20	6 329.66
1204	HORMIGON	M3	40.00	15.00	600.00
1642	IMPRIMANTE DE ADHESIVO EPOXICO	kg	233.89	4.72	1 103.96
1637	JUNTA ELASTOMERICA ESTRUCTURAL	m	259.98	47.88	12 447.84
1648	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2	12.58	91.46	1 150.57
1705	LAMPARAS DETELLANTES	und	25.85	2.00	51.70
1643	LUBRICANTES, GRASAS Y FILTROS	gln	7.86	69.33	544.93
1238	MADERA TORNILLO	p2	5.07	1 332.36	6 755.07
1230	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2	3.90	195.00	760.50
1240	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	p2	3.90	1 019.13	3 974.61
1680	MATERIAL ESPECIFICO	m3	11.31	1 345.30	15 215.34
1682	MEZCLA ASFALTICA	m3	820.14	30.60	25 096.28
1662	MICROESFERAS DE VIDRIO	kg	3.99	57.75	230.42
1611	OXIGENO	m3	7.10	1 956.84	13 893.56
1638	PEGAMENTO PARA NEOPRENO	uni	66.13	4.56	301.55
1711	PERNO A325 de 20 mm	und	18.74	28.68	537.46
1710	PERNO A490 de 27 mm	und	21.77	804.79	17 520.28
1606	PERNO DE ANCLAJE F1554 5/8" X 0.50 m	pza	8.58	444.76	3 816.04
1633	PERNO DE ANCLAJE F1554 GRADO 55 1"X400MM	pza	55.59	16.00	889.44

1691	PERNOS A490 30mm	uni	25.68	6 438.31	165 335.80
1646	PERNOSC1/4" X 3"	pza	1.82	41.52	75.57
1246	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3	65.00	375.00	24 375.00
1679	PIEDRA MEDIANA	m3	84.29	1.80	151.72
1654	PINTURA ANTICORROSIVA	gal	38.00	89.23	3 390.74
1670	PINTURA ASFALTICA	gal	75.00	47.60	3 570.00
1629	PINTURA DE POLIURETANO ALIFATICA, AMERSHIEL O SIMILAR	gal	168.04	157.64	26 489.83
1627	PINTURA DE RESINA EPOXICA	gal	104.76	234.18	24 532.70
1604	PINTURA ESMALTE SINTÉTICO	gal	51.45	102.67	5 282.37
1624	PINTURA IMPRIMANTE A BASE DE ZINC INORGANICO	gal	219.83	172.08	37 828.35
1661	PINTURA PARA TRAFICO TTP-115 COLOR AMARILLO	gal	59.30	16.50	978.45
1609	PLANCHA DE ACERO 5/8" X 0.20 X 0.17 m	pza	26.44	108.80	2 876.67
1636	PLANCHA DE ACERO PL38 0.85X0.55M	pza	271.45	8.00	2 171.60
1673	PLANCHA METALICA 90*300	m2	1 062.00	15.72	16 694.64
1658	PLANCHA METALICA ASTM A36 e=1/4" 0.125mX.0125m	pza	2.75	8.76	24.09
1652	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"	m	3.42	29.96	102.46
1608	PLATINA DE ACERO 3/8" (B3)	m2	41.07	12.24	502.70
1607	PLATINA DE ACERO 3/8" X 0.125 X 2.20 m	m2	69.19	31.28	2 164.26
1674	PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3M DE ALTURA	uni	38.44	28.49	1 095.16
1234	REGLA DE MADERA	p2	8.50	12.00	102.00
1709	RESINA EPOXICA HILTI RE-500	und	140.00	4.00	560.00
1701	SEÑALES INFORMATIVAS	und	154.17	2.00	308.34
1700	SEÑALES PREVENTIVAS	und	102.59	2.00	205.18
1699	SEÑALES RESTRICTIVAS	und	102.59	2.50	256.48
1632	SIKAGROUT 212	bls	129.63	6.55	849.08
1649	SOLDADURA AWS E6011	kg	10.60	1.32	13.99
1610	SOLDADURA AWS E7018 O SIMILAR	kg	35.12	20 725.70	727 886.58
1713	TABLESTACA RECUPERABLE PARA 25 USOS FORMADA POR PERFIL	%MO	20.00	360.00	7 200.00
1655	TINTA SERIGRÁFICA NEGRA O ROJA	gal	1 109.19	0.82	909.54
1702	TRANQUERAS	und	154.17	2.00	308.34
1210	TRIPLAY DE 4"x8"x 4 mm	pln	25.00	36.90	922.50
1614	TUBO DE FIERRO 2" SCH-40	m	23.60	285.60	6 740.16
1613	TUBO DE FIERRO 3" SCH-40	m	46.86	142.80	6 691.61
1656	TUBO DE FIERRO GALVANIZADO D=2" e=2.5mm	m	22.71	74.36	1 688.72
1717	TUBO PVC SAP D=3"	M	5.51	142.80	786.83
1615	TUBO PVC SAP D=6"	M	16.08	50.40	810.43
1616	TUBO PVC SAP D=8"	M	29.66	9.60	284.74
1634	TUERCAS HEXAGONALES 1"	pza	4.96	8.00	39.68
1671	YESO DE 28 KG	BOL	8.30	2.20	18.26
OTROS BIENES Y SERVICIOS					686 924.02
1684	ACOPIO DE MATERIAL	m3	5.98	2 374.00	14 196.52
1630	ANDAMIOS	hm	5.00	3 955.80	19 779.00
1625	ARENA ZARANDEADA	m3	12.30	98.90	1 216.47
1685	CARGUIO DE MATERIAL	m3	7.84	2 374.00	18 612.16
1686	COLOCACION Y ACOMODO DE ROCA	m3	10.25	2 374.00	24 333.50
1201	INSTALACIONES ELECTRICAS (ESTIMADO)	est	150.00	15.00	2 250.00
1707	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS AUTOTRANSORTE	glb	2 023.30	1.00	2 023.30
1603	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS TRANSPORTADOS	glb	14 233.00	1.00	14 233.00
1678	PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL	m2	12.36	15.00	185.40
1715	PROGRAMA DE MONITORIO AMBIENTAL	glb	72 987.20	1.00	72 987.20
1681	SOLDADURA UNION BRIDA PLANCHA	kg	25.20	4 356.81	109 791.61
1687	SUBCONTRATO (COMPRA Y COLOCACION DE GEOEMBRANA)	m2	22.20	1 163.80	25 836.36
1660	SUBCONTRATO (INSTALACION DE SEÑALES INFORMATIVAS P2A)	uni	71.21	2.00	142.42
1657	SUBCONTRATO (INSTALACION DE SEÑALES PREVENTIVA P2A)	uni	96.26	12.00	1 155.12
1659	SUBCONTRATO (INSTALACION DE SEÑALES REGLAMENTARIAS P2A)	uni	66.44	2.00	132.88
1631	SUBCONTRATO (TRANSPORTE DE TRUJ - PUCHACA)	glb	12 330.00	1.00	12 330.00
1712	SUBCONTRATO (TRANSPORTE PUCHACA - LAQUIPAMPA)	glb	910.80	1.00	910.80
1714	SUBCONTRATO DE TRATAMIENTO DE DME	glb	5 000.00	1.00	5 000.00
1617	TRANSPORTE DE AGREGADO	m3	53.50	1 125.52	60 215.32
1683	TRANSPORTE DE ROCA	m3	127.04	2 374.00	301 592.96
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS					4 568 908.41
3970	APLICADOR HILTI HDM-500	und	500.00	8.00	4 000.00
3968	CAMION CISTERNA 4*2 AGUA 122HP 2000glns	hm	257.92	26.73	6 894.20
3957	CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	226.91	1 446.19	328 154.97
3956	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	194.93	414.84	80 864.76
3935	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	32.95	361.28	11 904.18
3960	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	113.81	685.74	78 044.07
3961	EQUIPO ARENADO	hm	56.17	211.04	11 854.12
3962	EQUIPO DE PINTURA AIRLESS	hm	64.85	2 057.02	133 397.75
3951	EQUIPO OXICORTE	hm	8.68	1 304.56	11 323.58
3948	ESTACION TOTAL	hm	14.79	26.21	387.65
3947	EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	283.18	200.52	56 783.25
3952	GATAS 50 TON	hm	17.91	10 049.11	179 979.56
3959	GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	280.14	8 746.21	2 450 163.27
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	29 439.25	1.00	29 439.25
3963	MAQUINARIA PARA PINTAR MARCAS EN PAVIMENTOS	hm	67.77	1.65	111.82
3971	MARTILLO PERCUTOR DE DOBLE EFECTO	hm	550.00	82.30	45 265.00
3938	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	31.50	347.36	10 941.84
3954	MONTACARGA 80HP 5 TON	hm	125.62	625.08	78 522.55
3967	MOTONIVELADORA DE 145-150HP	hm	225.96	74.78	16 897.29
3966	MOTOSIERRA	hm	16.90	41.92	708.45
3955	MOTOSOLDADORA DE 225 A	hm	35.69	2 354.07	84 016.76
3949	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	8.00	26.21	209.68

3969 PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA|	hm	227.10	0.82	186.22
3965 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12 To	hm	225.96	87.98	19 879.96
3950 SOLDADORA ELÉCTRICA TRIFÁSICA 400A	hm	13.20	73.07	964.52
3953 TECLE 5 TON	hm	34.84	22 747.26	792 514.54
3958 TIRFOR DE 5 TON	hm	5.63	8 604.55	48 443.62
3964 TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	277.43	307.11	85 201.53
3940 VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	5.90	314.24	1 854.02
			TOTAL	14 367 500.75

RELACIÓN DE EQUIPO MÍNIMO

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

Código	Descripción	Unidad	Cantidad
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			
3970	APLICADOR HILTI HDM-500	und	8.00
3968	CAMION CISTERNA 4*2 AGUA 122HP 2000glns	hm	26.73
3957	CAMION DE VOLQUETE 8 m3	hm	1 446.19
3956	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3	hm	414.84
3935	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 5.8 HP	hm	361.28
3960	COMPRESORA NEUMÁTICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	685.74
3961	EQUIPO ARENADO	hm	211.04
3962	EQUIPO DE PINTURA AIRLESS	hm	2 057.02
3951	EQUIPO OXICORTE	hm	1 304.56
3948	ESTACIÓN TOTAL	hm	26.21
3947	EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165 HP 0.75-14 Y3	hm	200.52
3952	GATAS 50 TON	hm	10 049.11
3959	GRUA HIDRAULICA AUTOPROPULSADA 127HP 18TN 40 M	hm	8 746.21
3900	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	1.00
3963	MAQUINARIA PARA PINTAR MARCAS EN PAVIMENTOS	hm	1.65
3971	MARTILLO PERCUTOR DE DOBLE EFECTO	hm	82.30
3938	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	hm	347.36
3954	MONTACARGA 80HP 5 TON	hm	625.08
3967	MOTONIVELADORA DE 145-150HP	hm	74.78
3966	MOTOSIERRA	hm	41.92
3955	MOTOSOLDADORA DE 225 A	hm	2 354.07
3949	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	26.21
3969	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA|	hm	0.82
3965	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12 To	hm	87.98
3950	SOLDADORA ELÉCTRICA TRIFÁSICA 400A	hm	73.07
3953	TECLE 5 TON	hm	22 747.26
3958	TIRFOR DE 5 TON	hm	8 604.55
3964	TRACTOR DE ORUGAS D6GDE 140-160HP	hm	307.11
3940	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	314.24

RELACION DE INSUMOS DEL PROYECTO

Proyecto PUENTE LAQUIPAMPA
Lugar FERREÑAFE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Elab. Por JOSEPH TIPACTI REQUEJO
Fecha 26/06/2019

Código	Descripción	Unidad	P.U.	Cantidad	Parcial
MANO DE OBRA					1 994 340.03
1001	CAPATAZ	hh	24.97	51.41	1 283.71
1015	CORTADOR	hh	20.53	1 250.16	25 665.78
1010	NIVELADOR	hh	20.36	26.21	533.64
1008	OFICIAL	hh	17.51	7 328.31	128 318.71
1017	OFICIAL ENCOFRADOR	hh	20.51	344.27	7 060.98
1007	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	22.80	1 114.32	25 406.50
1002	OPERARIO	hh	21.86	23 556.99	514 955.80
1016	OPERARIO ENCOFRADOR	hh	23.86	261.97	6 250.60
1009	PEON	hh	15.78	59 397.61	937 294.29
1013	TÉCNICO CALDERERO	hh	20.68	625.08	12 926.65
1014	TÉCNICO CONTROL DE CALIDAD	hh	25.39	5 024.64	127 575.61
1012	TÉCNICO SOLDADOR	hh	20.68	9 931.19	205 377.01
1003	TOPOGRAFO	hh	25.36	66.67	1 690.75

DETERMINACION DE LA FORMULA POLINOMICA

Proyecto : PUENTE LAQUIPAMPA
 Lugar : LAMBAYEQUE-CHICLAYO-LAMBAYEQUE
 Elab. Por : JOSEP TIPACTI REQUEJO
 Fecha : 30/05/2019

AGRUPACION PRELIMINAR

N°	IU	ELEMENTO	PARCIAL	% INCID.	AGR. 1	COEF. ACUM.1	AGR. 2	COEF. ACUM.2	Orden. Mono m.
1	47	Mano de obra (incluido leyes sociales)	2104915.66	9.419	1	0.094	J	0.094	1
2	30	Dólar mas inflación mercado USA	5330444.73	23.851	3	0.241	D	0.241	2
3	49	Maquinaria y equipo importado	4765696.98	21.324	4	0.213	M	0.213	3
4	03	Acero de construcción corrugado	3686712.78	16.496	5	0.171	AC	0.185	4
5	21	Cemento portlan tipo I	302539.31	1.354	6	0.014	AC		4
6	39	Indice General de Precios al Consumidor	5774849.02	25.840	2	0.267	G	0.267	5
	55	Pintura temple	98320.90	0.440	2				
	48	Maquinaria y equipo nacional	50808.88	0.227	5				
	04	Agregado fino	41595.90	0.186	2				
	05	Agregado grueso	40465.37	0.181	2				
	37	Herramienta manual	39180.52	0.175	5				
	13	Asfalto	25296.47	0.113	3				
	43	Madera nacional para encofrado y carpintería	16874.55	0.076	2				
	61	Plancha galvanizada	16694.64	0.075	5				
	02	Acero de construcción liso	14094.86	0.063	5				
	72	Tubería de PVC para agua	8629.23	0.039	3				
	53	Petróleo diesel	8210.60	0.037	3				
	34	Gasolina	6869.18	0.031	3				
	57	Plancha de acero LAF	5869.18	0.026	5				
	54	Pintura látex	3570.00	0.016	3				
	71	Tubería de fierro fundido	2783.88	0.012	5				
	26	Cerrajería nacional	2061.00	0.009	5				
	44	Madera terciada para encofrado	922.50	0.004	2				
	38	Hormigón	600.00	0.003	2				
	56	Plancha de acero LAC	518.32	0.002	5				
TOTAL			22348524.46	100.000		1.000		1.000	

CONFORMACION DE MONOMIOS

N°M	N° IU	IU	ELEMENTO	COEF. INICIAL	SIMB. AGRUP	% INCID.	COEF. ACUM.
1	1	47	Mano de obra (incluido leyes sociales)	0.094	J	100.00	0.094
2	2	30	Dólar mas inflación mercado USA	0.241	D	100.00	0.241
3	3	49	Maquinaria y equipo importado	0.213	M	100.00	0.213
4	4	03	Acero de construcción corrugado	0.171	AC	92.43	0.185
	5	21	Cemento portlan tipo I	0.014	AC	7.57	
5	6	39	Indice General de Precios al Consumidor	0.267	G	100.00	0.267
TOTAL				1.000			1.000

FORMULA POLINOMICA:

K=	0.094	-----	+	0.241	-----	+	0.213	-----	+	0.185	-----	+	0.267	-----
		Jo			Do			Mo			ACo			Go

ANEXO 02.1: ADICIONALES

ORIGEN / DESTINO	DISTAN (Km)	VEL (Km/h)	TIEMPO (HRS)
CHICLAYO - FERREÑAFE	21	50	0.5
FERREÑAFE - PUCHACA	72.9	50	1.5
PUCHACA - LAQUIPAMPA	8.1	40	0.3
TOTAL	102		2.3

EQUIPO TRANSPORTADOS	PESO (TN)	CANTIDAD	PESO TOTAL	Nº DE VIAJES	COSTO ALQUILER EQUIPO	PARCIAL S/.
				CAMA BAJA 35 Ton.		
CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3,00 Yd3	16.584	1	16.584	1	194.43	447.189
EXCAVADORA SOBRE ORUGA 115-165HP 0.75-1.4 Y3	23.4	1	23.4	1	244.9	563.27
GRUA HIDRÁULICA AUTOPROPULSADA 127 HP 18 Ton 9m	18	2	36	2	221.61	1019.406
MOTONIVELADORA 145-150 Hp	13.54	1	13.54	1	225.96	519.708
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135Hp 10-12	11.4	1	11.4	1	170.26	391.598
MONTACARGAS 80 HP 5 TN	8.15	1	8.15	1	125.62	288.926
TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	14.9	1	14.9	1	277.43	638.089
Total de viajes				8		
Duración del viaje IDA				2.3		
FRV: Factor de Retorno al Vacío				1		
Costo de alquiler de equipo (S/. /HM)				268.24		
				MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)	4935.6	
				DESMOVLIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)	4935.6	
				SEGUROS DE TRANSPORTE	493.6	
				MOVILIZACIÓN Y DESMOVLIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)	14233.0	

EQUIPO AUTOTRANSPORTADOS	CANTIDAD	HM (S/.)	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD (KM/H)	HORAS	PARCIAL
CAMIÓN VOLQUETE DE 8 m3	1	226.91	102	50	2.04	462.8964
CAMIÓN CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 122 HP 2000 gl	1	161.03	102	50	2.04	328.5012
			102	50	2.04	0
						MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)
						791.4
						DESMOVLIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)
						1119.9
						SEGUROS DE TRANSPORTE
						112.0
						MOVILIZACIÓN Y DESMOVLIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)
						2023.3

MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL				TIEMPO	10	meses
Desvíos presentes en la obra en ejecución				LONGITUD		Km
DESCRIPCIÓN	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PU (S/.)	PARCIAL (S/.)	
Mano de Obra						
PEÓN	MES	10	1.6	2777.28	44436.48	
Equipo						
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOP. 101 - 135 Hp 10-12 TN	MES	0.5	1.6	50850.976	40680.78	
MOTONIVELADORA	MES	0.5	1.6	91468.608	73174.89	
CAMIÓN CISTERNA 4x2 (AGUA) 145 -165 HP 2000gl	MES	0.5	1.6	28341.28	22673.02	
CAMIÓN VOLQUETE 8 m3	MES	0.5	1.6	39936.16	31948.93	
MATERIALES DE SEGURIDAD (**)	MES		1	2983	2983.00	
HERRAMIENTAS MANUALES 5%	EST		0.05	2221.824	111.09	
				COSTO TOTAL (S/.)	216008.19	
				Tiempo de Ejecución (meses)	10	
				COSTO MENSUAL (S/.)	21600.82	

TRUJILLO - PUCHACA

ORIGEN / DESTINO	TIPO VEHIC	DISTAN (Km)	VEL (Km/h)	TIEMPO (HRS)
TRUJILLO - CHICLAYO	4-0	205	50	4.1
CHICLAYO - PUCHACA	4-0	75.3	50	1.6
PUCHACA - LAQUIPAMPA	T2	8.1	40	0.3
TOTAL		288.4		6

DESCRIPCIÓN	TIPO VEHICULO	MÁX CAPACIDAD	PESO A TRANSPORTAR	Nº VIAJES TOTAL	CANT. VEHICULOS	Nº DE VIAJES CAMA BAJA 32 Ton.	COSTO	PARCIAL S/.
TRAMO TRUJILLO - PUCHACA								
PERFILES METÁLICOS PARA ENSAMBLAJE IN SITU DE PUENTE LAQUIPAMP	4-0	32	286.875	9.0	2.0	4	200	4800
PERFILES METÁLICOS PARA ENSAMBLAJE IN SITU DE PUENTE LAQUIPAMP	4-0	32	286.875	9.0	2.0	5	200	6000
Total de viajes						9		
Duración del viaje IDA						5.7		
FRV: Factor de Retorno al Vacío						1.15		
Costo de alquiler de equipo (S/./HM)						190		
			MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)			11209.1		
			DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)			11209.1		
			SEGUROS DE TRANSPORTE			1120.9		
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)						23539.0		

PUCHACA - LAQUIPAMPA

ORIGEN / DESTINO	TIPO VEHIC	DISTAN (Km)	VEL (Km/h)	TIEMPO (HRS)
TRUJILLO - CHICLAYO	4-0	205	50	4.1
CHICLAYO - PUCHACA	4-0	75.3	50	1.6
PUCHACA - LAQUIPAMPA	T2	8.1	40	0.3
TOTAL		288.4		6

DESCRIPCIÓN	TIPO VEHICULO	MÁX CAPACIDAD	PESO A TRANSPORTAR	Nº VIAJES TOTAL	CANT. VEHICULOS	Nº DE VIAJES CAMA BAJA 18 Ton.	COSTO	PARCIAL S/.
TRAMO PUCHACA - LAQUIPAMPA								
PERFILES METÁLICOS PARA ENSAMBLAJE IN SITU DE PUENTE LAQUIPAMP	T-2	18	286.875	15.9	3.0	5	200	6375
PERFILES METÁLICOS PARA ENSAMBLAJE IN SITU DE PUENTE LAQUIPAMP	T-2	18	286.875	15.9	3.0	5	200	6375
PERFILES METÁLICOS PARA ENSAMBLAJE IN SITU DE PUENTE LAQUIPAMP	T-2	18	286.875	15.9	3.0	6	200	7200
Total de viajes						16.625		
Duración del viaje IDA						0.3		
FRV: Factor de Retorno al Vacío						1.15		
Costo de alquiler de equipo (S/./HM)						190		
			MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)			1089.8		
			DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO TRANSPORTADO (S/.)			1089.8		
			SEGUROS DE TRANSPORTE			109.0		
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS TRANSPORTADOS (S/.)						2288.5		

PROGRAMACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL

MONITOREO AMBIENTAL

Partida	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO PARCIAL (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
06.01	MONITOREO EN LA EJECUCION DE LA OBRA					
06.01.01	Monitoreo de calidad de aire (4 estaciones)	T trimestre	18	3,000.00	54,000.00	
06.01.02	Monitoreo de Control de olores	T trimestre	8	500.00	8,000.00	
06.01.03	Monitoreo de ruido (06 estaciones)	T trimestre	6	192.00	2,304.00	
06.01.04	Monitoreo de suelo (04 puntos)	T trimestre	6	345.60	4,147.20	
06.01.05	Costos Operativos y administrativos (personal,	global	1	4,536.00	4,536.00	
Costo Total						72,987.20

ANEXO 03 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO 03.1: OBRAS PRELIMINARES

MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

DESCRIPCIÓN

Este ítem se refiere al traslado del equipo mecánico al lugar en que se desarrollará la obra, antes de iniciar los trabajos y a la inversa al finalizar los trabajos, para que sea empleado en la construcción de los puentes en sus diferentes etapas. La movilización incluye la obtención y pago de permisos y seguros.

Los puntos de inicio de la movilización de los equipos que se considera son de las ciudades de Ferreñafe y Chiclayo.

Consideraciones Generales

El traslado por vía terrestre del equipo pesado, se efectuará mediante camiones de cama baja, plataformas y semi-trailer, mientras que el equipo liviano (volquetes, cisternas, etc.) lo hará por sus propios medios llevando el equipo liviano no autopropulsado tales como: herramientas, martillos neumáticos, compresoras, vibradores, etc.

El Contratista antes de transportar el equipo mecánico ofertado, el cual garantizará la culminación de la obra en el plazo determinado, deberá someterlo a inspección del MTC dentro de los 30 días después de otorgada la Buena Pro. Una vez que el equipo mecánico se encuentre en obra, el Supervisor evaluará y revisará el equipo, el cual deberá estar en buenas condiciones mecánicas y de carburación; de no encontrarlo satisfactorio en cuanto a su condición y operatividad deberá rechazarlo; en cuyo caso el Contratista lo cambiará por otro similar. El rechazo del equipo no podrá generar ningún reclamo por parte del Contratista.

Si el Contratista opta por transportar un equipo diferente al ofertado en su propuesta, éste no será valorizado por el Supervisor, para efectos de la presente partida.

El Contratista es responsable de la movilización y desmovilización de sus equipos, para lo cual debe solicitar ante el MTC la AUTORIZACIÓN DE CIRCULACIÓN DE VEHICULOS ESPECIALES para cumplir con las disposiciones del Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la circulación en la red vial nacional.

El Contratista no podrá retirar de la obra ningún equipo sin autorización escrita del Supervisor.

MEDICIÓN

La movilización y desmovilización de equipos se medirá en forma global (glb). El equipo a considerar en la medición solamente será el ofertado por el Contratista en el proceso de la licitación.

PAGOS

Las cantidades aprobadas y medidas como se indican a continuación serán pagadas al precio de contrato. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta Sección y según la Subsección 07.05 del EG-2013

El pago global de la movilización y desmovilización será de la siguiente forma:

- Hasta el 50% del monto ofertado por esta partida, se hará efectivo en forma gradual en medida que el equipo mínimo se encuentre disponible y operativo en obra, en concordancia con lo indicado en el calendario de movilización de equipo.
- El 50% restante se abonará en forma gradual a medida que los equipos sean retirados de Obra, al término de los trabajos, con la debida autorización del Supervisor.

ITEM DE PAGO	PAGO
Movilización y desmovilización de equipos	% de Avance

TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN

DESCRIPCIÓN

Basando en los planos y levantamiento topográfico del proyecto, sus referencias y BM's, el Contratista realizará los trabajos de replanteo y otros de topografía y georeferenciación requeridos durante la ejecución de las obras, que incluye el trazo de las modificaciones aprobadas, correspondientes a las condiciones reales encontradas en el terreno. El Contratista será el responsable del replanteo topográfico que será revisado y aprobado por el Supervisor, así como del cuidado y resguardo de los puntos físicos, estacas y monumentación instalada durante el proceso del levantamiento del proceso constructivo.

El Contratista instalará puntos de control topográfico enlazado a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y de ser necesarias sus coordenadas geográficas. En caso que el proyecto haya sido elaborado en otro sistema, este deberá ser replanteado en el sistema WGS84. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección el Contratista deberá proporcionar personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo, estacado referenciación, monumentación, cálculo y registro de datos para el control de las obras.

La información sobre estos trabajos, deberá estar disponible en todo momento para la revisión y control por el Supervisor.

El personal, equipo y materiales deberán cumplir entre otros, con los siguientes requisitos:

Personal

Se implementarán cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución de las obras de acuerdo a los programas y cronogramas. El personal deberá estar calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido.

Equipo

Se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar con el grado de precisión necesario, que permita cumplir con las exigencias y dentro de los rangos de tolerancia especificados. Asimismo, se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.

Materiales

Se proveerá los materiales en cantidades suficientes y las herramientas necesarias para la cimentación, monumentación, estacado y pintura. Las estacas deben tener área suficiente que permita anotar marcas legibles.

CONSIDERACIONES GENERALES

Antes del inicio de los trabajos se deberá coordinar con el Supervisor sobre la ubicación de los puntos de control geodésico, el sistema de campo a emplear, la monumentación, sus referencias, tipo de marcas en las estacas, colores y el resguardo que se implementará en cada caso.

Los trabajos de topografía y de control estarán concordantes con las tolerancias que se dan en la Tabla 01.

Tabla 01

Tolerancias para Trabajos de Levantamientos Topográficos, Replanteos y Estacado en Construcción de Carreteras

<i>Tolerancia Fase de Trabajo</i>	<i>Tolerancia Fase de Trabajo</i>	
	<i>Horizontal</i>	<i>Vertical</i>
Georeferenciación	1:100.000	± 5mm
Puntos de Control	1:10.000	± 5mm
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5.000	± 10mm
Otros puntos del eje	±	± 100
Sección Transversal y estacas de talud	50mm	mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 100
Muros de contención	± 50 mm	mm
Límites para roce y limpieza	± 20 mm	± 20 mm
Estacas de subrasante	± 500 mm	± 10 mm
Estacas de rasante	± 50 mm	-----
	± 50 mm	± 10 mm
		± 10 mm

Los formatos a utilizar serán previamente aprobados por el Supervisor y toda la información de campo, su procesamiento y documentos de soporte serán de propiedad de la entidad contratante una vez completados los trabajos. Esta documentación será organizada y sistematizada en medios electrónicos.

Los trabajos en cualquier etapa serán iniciados sólo cuando se cuente con la aprobación escrita de la Supervisión.

Cualquier trabajo topográfico y de control que no cumpla con las tolerancias anotadas será rechazado. La aceptación del estacado por el Supervisor no releva al Contratista de su responsabilidad de corregir probables errores que puedan ser descubiertos durante el trabajo y de asumir sus costos asociados.

Cada 500 m de estacado se deberá proveer una tablilla de dimensiones y color contrastante aprobados por el Supervisor, en el que se anotará en forma legible para el usuario de la vía, la progresiva de su ubicación.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los trabajos de Topografía y Georeferenciación comprenden los siguientes aspectos:

Georeferenciación

La georeferenciación se hará estableciendo puntos de los términos de referencia y de control mediante coordenadas UTM, con una equidistancia aproximada no mayor de 10 km, ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos serán monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas. La densidad de estos puntos y su equidistancia tomarán en cuenta la topografía del lugar geométrico de la carretera y necesidades de acceso seguro y rápido.

Estos puntos (ruta geodésica) servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vía.

La red geodésica obtenida pasa a ser propiedad de la entidad contratante y los planos de ubicación y datos obtenidos deben ser incorporados en el respectivo informe técnico.

Puntos de control

Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en lugares en donde no sufran deterioros debido a las operaciones constructivas.

Se deberán establecer las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean afectados.

El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geodésico contiguos, ubicados a no más de 10 km.

Eje de la carretera

Todos los puntos del eje, señalados en el Proyecto deben ser replanteados. Estos puntos, en zonas de tangente será cada 20 m y en curvas cada 10 m, además de los otros puntos del eje donde se ubican

Las obras de drenaje y complementarias. Todos los puntos replanteados serán identificados mediante la progresiva correspondiente, cuyo logotipo deberá contar con la aprobación del Supervisor.

Esta labor debe ser concluida antes de ejecutar las obras de movimiento de tierras en el eje del Proyecto Vial, a fin de contrastar en forma oportuna la coherencia de los datos del Proyecto y el terreno, la misma que será entregada a la entidad contratante en el respectivo informe técnico.

Sección transversal

Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas. En caso de quiebres en la topografía se tomarán secciones adicionales por lo menos cada 5 m.

Se tomarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan entrar los taludes de corte y relleno hasta los límites que indique el Supervisor. Las secciones además deben extenderse lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc., que, por estar cercanas al trazo de la vía, podrían ser afectadas por las obras de la carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas. Todas las dimensiones de la sección transversal serán reducidas al horizonte, desde el eje de la vía.

Estacas de talud y referencias

Se deberán instalar estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera, con la traza del terreno natural. Las estacas de talud deben ser ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y en dichas estacas se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición. El método de cálculo de la ubicación de las estacas de talud de corte y relleno debe ser previsto y aprobado por el Supervisor.

Límites de limpieza y roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera.

Restablecimiento de la línea del eje

La línea del eje será restablecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m en tangente y de 10 m en curvas, además de los otros puntos que la Supervisión ordene.

El estacado debe ser restablecido cuantas veces sea necesario para la ejecución de cada etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia.

Elementos de drenaje

Los elementos de drenaje deberán ser estacados para fijarlos a las condiciones del terreno.

Se deberá considerar lo siguiente:

- Relevamiento del perfil del terreno a lo largo del eje de la estructura de drenaje que permita apreciar el terreno natural, la línea de flujo, la sección de la carretera y el elemento de drenaje.
- Colocación de los puntos de ubicación de los elementos de ingreso y salida de la estructura.
- Determinar y definir los puntos que sean necesarios para establecer la longitud de los elementos de drenaje y del tratamiento de sus ingresos y salidas.

Muros de contención

Se deberá relevar el perfil longitudinal del terreno a lo largo de la cara del muro propuesto. Cada 5 m y donde existan quiebres del terreno, se deben tomar secciones transversales hasta los límites que indique el Supervisor. Se deberán ubicar referencias adecuadas y puntos de control horizontal y vertical.

Canteras

Se debe establecer los trabajos topográficos esenciales referenciados en coordenadas UTM de las canteras de préstamo. Se debe colocar una línea de base referenciada, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se deberán efectuar secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base. Estas secciones deberán ser tomadas antes del inicio de la limpieza y explotación y después de concluida la obra y cuando hayan sido cumplidas las disposiciones de conservación de medio ambiente, sobre el tratamiento de canteras.

Monumentación

Todos los hitos y monumentación permanente que se coloque durante la ejecución de la vía, deberán ser materia de levantamiento topográfico y referenciación.

Levantamientos diversos

Se deberán efectuar levantamientos, estacado y obtención de datos esenciales para el replanteo, ubicación, control y medición entre otros, de los siguientes elementos:

- Zonas de depósitos de desperdicios.
- Vías que se aproximan a la carretera.
- Cunetas de coronación.
- Zanjas de drenaje.
- Badenes.

Y cualquier elemento que esté relacionado a la construcción y funcionamiento de la carretera.

Trabajos topográficos intermedios

Todos los trabajos de replanteo, reposición de puntos de control y estacas referenciadas, registro de datos y cálculos necesarios que se ejecuten durante el paso de una fase a otra de los trabajos constructivos, deben ser ejecutados en forma constante que permitan la ejecución de las obras, la medición y verificación de cantidades de obra, en cualquier momento.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos de topografía, replanteo, levantamientos topográficos y todo lo indicado en esta sección serán evaluados y aceptados según sección 04.11 del EG.2013 MTC.

MEDICIÓN

Los trabajos de Topografía (Trazo, Replanteo y Control Topográfico) y Georeferenciación se medirán en metros cuadrados (m²) a satisfacción del Supervisor.

PAGOS

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio de contrato de la partida Topografía y Georeferenciación. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección, el cual incluirá toda la mano de Obra, materiales, equipos y herramientas requeridos para completar correctamente esta partida.

ITEM DE PAGO	PAGO
Topografía y Georeferenciación	% de Avance

ACCESOS A CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y DME'S

DESCRIPCIÓN

Esta partida se refiere al mejoramiento de accesos a canteras, fuentes de agua y DME, al tener carácter provisional, deben ser mejorados con muy poco movimiento de tierras (menor longitud) y deben llevar un lastrado (10 cm) o tratamiento que mejore la circulación y evite la producción de polvo.

EJECUCION

En el caso de rehabilitación de accesos existentes se perfilará (desencalaminado) y compactará la superficie mediante el uso de motoniveladora, rodillos, tractor y cisterna, previo a la colocación de una capa de lastrado (e=10 cm) y con autorización del Supervisor.

MEDICION

El mejoramiento de accesos a canteras, fuentes de agua y DME será por kilómetros (Km) con aproximación al decímetro, de acceso, mejorado o rehabilitado, y aprobado por el Supervisor.

No están sujetas a medición las vías pavimentadas que sean usadas como accesos.

PAGOS

El pago, mejoramiento o rehabilitación de acceso a DME se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo a la presente especificación, aceptado por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos del perfilado y compactado de la subrasante, la colocación de lastrado, el transporte de lastrado y en general la mano de obra, los equipos, los materiales, herramientas e imprevistos necesarios para culminar la partida a entera satisfacción del Supervisor.

ITEM DE PAGO	PAGO
ACCESOS A CANTERAS, FUENTES DE AGUA Y DME'S	% de Avance

LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en rozar y desbrozar la vegetación existente, destroncar y desenraizar árboles, así como limpiar el terreno en las áreas que ocuparán las obras y las zonas o fajas laterales requeridas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosques, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los siguientes trabajos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

En esta actividad se deberá proteger las especies de flora y fauna que hacen uso de la zona a ser afectada, dañando lo menos posible y sin hacer desbroces innecesarios, así como también considerar al entorno socioeconómico protegiendo áreas con interés económico.

CLASIFICACIÓN

El desbroce y limpieza se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

Desbroce y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

Los cortes de vegetación en las zonas próximas a los bordes laterales del derecho de vía, deben hacerse con sierras de mano, a fin de evitar daños considerables en los suelos de las zonas adyacentes y deterioro a otra vegetación cercana. Todos los árboles que se talen, según el trazado de la carretera, deben orientarse para que caigan sobre la vía, evitando de esa manera afectar a vegetación no involucrada.

Debe mantenerse, en la medida de lo posible, el contacto del dosel forestal, con la finalidad de permitir el movimiento de especies de la fauna. De encontrarse especies de flora o fauna con un importante valor genético y/o en peligro de extinción determinadas en las especificaciones y estudios previos, éstos deben ser trasladados a lugares próximos de donde fueron afectados.

El traslado de cualquier especie será objeto de una Especificación Especial, preparada por el responsable de los estudios, en la cual se definirá el procedimiento y los cuidados que serán necesarios durante toda actividad hasta su implantación en el nuevo sitio.

Desbroce y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desenraice y limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

En esta actividad se deberá proteger las especies de flora y fauna en la zona afectada, en concordancia con el Plan de Manejo Ambiental.

MATERIALES

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desbroce y limpieza, se depositarán de acuerdo con lo establecido en la Subsección 201.07 del EG-2013.

El volumen obtenido por esta labor no se depositará, por ningún motivo, en lugares donde interrumpa alguna vía altamente transitada o zonas que sean utilizadas por la población como acceso a centros de importancia social, salvo si el supervisor lo autoriza por circunstancias de fuerza mayor.

EQUIPO

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desbroce y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la especificación.

Los equipos que se empleen deben contar con adecuados sistemas de silenciadores, sobre todo si se trabaja en zonas vulnerables o se perturba la tranquilidad del entorno.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Ejecución de los trabajos

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se procurará que los árboles que han de derribarse caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, troceándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el Supervisor.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre el área que, según el proyecto, vaya a estar ocupada por la corona de la carretera, deberán ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de seis metros (6 m), a partir de la superficie de la misma y en una sección libre de acuerdo las necesidades de seguridad prevista.

Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deberán ser removidos hasta una profundidad no menor a sesenta centímetros (60 cm) del nivel de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces y demás materiales inconvenientes a juicio del Supervisor, deberán eliminarse hasta una profundidad no menor de treinta centímetros (30 cm) por debajo de la superficie que deba descubrirse de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, podrán cortarse a ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y éste se conformará y apisonará hasta obtener un grado de compactación similar al del terreno adyacente.

Remoción de capa vegetal

La remoción de la capa vegetal se efectuará con anterioridad al inicio de los trabajos a un tiempo prudencial para que la vegetación no vuelva a crecer en los lugares donde pasará la vía y en las zonas reservadas para este fin.

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desbroce y limpieza no deberá ser incluido dentro del trabajo objeto de la presente Sección. Dicho trabajo se encontrará cubierto por la Sección 202 del EG-2013.

Remoción y disposición de materiales

Los productos de desbroce y limpieza que puedan ser utilizados durante el desarrollo de las obras son propiedad de la entidad contratante y deberán acopiarse para su uso posterior, sin que se produzca deterioro en ellos. El Contratista deberá hacerse cargo de la gestión de los productos de desbroce y limpieza que no vayan a ser utilizados, ya sea realizando un tratamiento de los mismos o transportándolos a botadero.

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán apilarse debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Supervisor.

El resto de los materiales provenientes del desbroce y la limpieza deberá ser retirado del lugar de los trabajos, transportado y depositado en los lugares establecidos en los planos del proyecto o señalados por el Supervisor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto, según estipula en la Sección 209 del EG-2013.

Para el traslado de estos materiales los vehículos deberán estar cubiertos con una lona de protección con la seguridad respectiva, a fin de que estas no se dispersen accidentalmente durante el trayecto a la zona de disposición de desechos, previamente establecido por la autoridad competente, así como también es necesario aplicar las normas y disposiciones legales vigentes. Los materiales excedentes por ningún motivo deben ser dispuestos sobre cursos de agua (escorrentía o freática), debido a la contaminación de las aguas que afecta a los seres vivos e inclusive puede modificar el microclima. Por otro lado, tampoco deben ser dispuestos de manera que altere el paisaje natural.

La materia vegetal inservible y los demás desechos del desbroce y limpieza deberán ser transportados a depósitos de materiales excedentes o plantas de tratamiento, que deberán estar indicados en el Proyecto o, en su defecto, aprobados por el Supervisor.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

Orden de las operaciones

Los trabajos de desbroce y limpieza deben efectuarse con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto, dichas operaciones lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, deberán levantarse secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para determinar el volumen de la capa vegetal y del movimiento de tierra, de conformidad con la Sección 202 del EG-2013.

Si después de ejecutados el desbroce y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer por motivos imputables al Contratista, éste deberá efectuar una nueva limpieza, a su costo, antes de realizar la operación constructiva subsiguiente.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Criterios

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos aplicados por el Contratista.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desbroce y limpieza se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.
- Medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo a esta especificación.
- Señalar todos los árboles que deban quedar de pie y ordenar las medidas para evitar que sean dañados.

El Contratista aplicará las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y el Supervisor velará por su cumplimiento.

La actividad de desbroce y limpieza se considerará terminada cuando la zona quede despejada para permitir que se continúe con las siguientes actividades de la construcción. La máxima distancia en que se ejecuten las actividades de desbroce dentro del trazo de la carretera será de

un kilómetro (Km) delante de las obras de explanación. El Supervisor no permitirá que esta distancia sea excedida.

La aceptación de los trabajos estará sujeta a la conformidad de las mediciones y ensayos de control.

Los resultados de las mediciones y ensayos que se ejecuten para todos los trabajos, deberán cumplir y estar dentro de las tolerancias y límites establecidos en las especificaciones técnicas de la partida en desarrollo. Cuando no se establezcan o no se puedan identificar tolerancias en las especificaciones o en el contrato, los trabajos podrán ser aceptados utilizando tolerancias aprobadas por el Supervisor.

MEDICIÓN

La unidad de medida del área desbrozada y limpiada será la hectárea (ha) en su proyección horizontal, del área limpiada y desbrozada satisfactoriamente, dentro de las zonas señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Supervisor. No se incluirán en la medida las áreas correspondientes a la plataforma de vías existentes.

Tampoco se medirán las áreas limpiadas y desbrozadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto, ni aquellas que el Contratista haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreo, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

PAGOS

El pago se hará en función al porcentaje (%) de avance obra de los Metrados del contrato por el precio unitario del valor referencial, de acuerdo con esta especificación y aprobado por el Supervisor.

El precio deberá cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desenraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones; disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el Supervisor.

El pago por concepto de desbroce y limpieza se hará independientemente del correspondiente a la remoción de capa vegetal en los mismos sitios, aun cuando los dos trabajos se ejecuten en una sola operación.

ITEM DE PAGO	PAGO
LIMPIEZA Y DESBROCE DEL TERRENO	% de Avance

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales granulares, excedentes, mezclas asfálticas, roca, derrumbes y otros a diferentes distancias, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

La presente especificación contempla los transportes de material excedente de corte y excavaciones, de escombros, de derrumbes.

Clasificación

El transporte se clasifica según los diferentes tipos de materiales a transportar y su procedencia o destino, en el siguiente detalle:

- Granulares provenientes de canteras u otras fuentes para trabajos de mejoramiento de suelos, terraplenes, afirmado, subbase, base, suelo estabilizado, etc.
- Excedentes, provenientes de excavaciones, cortes, escombros, derrumbes, desbroce y limpieza y otros, a ser colocados en los DME de acuerdo a la Sección 209. Conformación y acomodo de DME del EG-2013 del MTC.
- Mezclas asfálticas en general.
- Rocas provenientes de canteras u otras fuentes para trabajos de enrocado, pedraplenes, defensas ribereñas, gaviones, etc.

EQUIPOS

Los equipos para la carga, transporte y descarga de materiales, deberán ser los apropiados para garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Proyecto y el programa del trabajo, debiendo estar provistos de los elementos necesarios para evitar problemas de seguridad vial, contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los equipos para la carga, transporte y descarga de los materiales, deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Contratista podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. En cada vehículo debe indicarse claramente su capacidad máxima.

Para evitar los efectos de dispersión y derrame de los materiales granulares, excedentes, derrumbes y otros, deben de ser humedecidos y cubiertos. La cobertura deberá ser de un

material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y deberá estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o tolva.

Todos los vehículos deberán tener incorporado a su carrocería, los contenedores o tolvas apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad en forma tal que se evite el derrame, pérdida del material húmedo durante el transporte. Esta tolva deberá estar constituida por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios, así también, deben estar en buen estado de mantenimiento.

Los equipos de carga y descarga deberán estar provistos de los accesorios necesarios para cumplir adecuadamente tales labores, entre las cuales pueden mencionarse las alarmas acústicas, ópticas y otras.

ACEPTACION DE LOS TRABAJOS

El Supervisor medirá el trabajo realizado de acuerdo al material transportado, la ruta establecida y las distancias de origen y destino determinadas de acuerdo al criterio o criterios de cálculo o fórmulas establecidos en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada, el Supervisor computará la distancia definida previamente.

MEDICIÓN

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico-kilómetro (m³-km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia de transporte determinada de acuerdo al criterio o criterios de cálculo o fórmulas establecidos en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor. El precio unitario debe incluir los trabajos de carga y descarga.

A continuación, se indican algunos criterios de cálculo del material a transportar:

Centro de Gravedad

Se calcula considerando el Centro de Gravedad del material a transportar (determinado en el campo y aprobado por el Supervisor), desde el kilómetro inicial entre las progresivas i-j, descontando la distancia de acarreo libre (120 m), hasta el centro de gravedad correspondiente de la disposición final del material a transportar.

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T= Transporte a pagar (m³-km)

V_{i-j} = Volumen de "Corte de material granular de la plataforma" en su posición inicial, entre Progresivas i-j, (m³).

c = Distancia (km) desde el centro de gravedad entre progresivas $i-j$, hasta:

La salida al DME (ingreso al acceso) o,

Al centro de gravedad del lugar de uso del material en la vía.

c = Distancia (km) desde donde termina la distancia “ c ”, al centro de gravedad del depósito de materiales excedentes al camino de acceso.

Cuando el material es dispuesto sobre el prisma vial el valor de c , es cero (0).

Materiales provenientes de Cantera

Se considera el transporte del material desde el Centro de Gravedad de la cantera hasta el Centro de Gravedad del km que requiere el uso del material en su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m).

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T = Transporte a pagar (m³-km)

V_{i-j} = Volumen de material en su posición final de colocación entre progresivas $i-j$, (m³).

c = Es la distancia (km) correspondiente al tramo de acceso desde la carretera hasta la cantera, medida desde el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre progresivas $i-j$.

d = Distancia (km) desde el empalme con la carretera del tramo de acceso a la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre las progresivas $i-j$ (km).

PAGOS

El pago de las cantidades de materiales transportados, determinados en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario del contrato, incluye la carga, descarga y cualquier otro concepto necesario para la conclusión satisfactoria del trabajo.

El precio unitario no incluye la disposición final en los DME.

ITEM DE PAGO	PAGO
TRANSPORTE DE MATERIALES EXCEDENTES A MÁS DE 1,000 M	% de Avance

TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA EXISTENTE

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el transporte de la estructura metálica del puente existente desde la obra hacia Lima, utilizando para ello transporte de carga estándar. La estructura metálica deberá estar convenientemente embalada y clasificada.

Las partes de la estructura metálica serán embaladas de tal manera que se acomoden a la plataforma del transporte de tal modo que no se produzcan volados, cuñas, apoyos forzados, etc. que sometan a la estructura a esfuerzos que deterioren parte o todos los elementos. Asimismo, el transporte con su carga ya acomodada no deberá exceder el peso ni longitudes máximas de los puentes ubicados en su ruta. Para evitar ello, se deberá realizar un estudio de las cargas distribuidas sobre los puntos de apoyo del transporte y su transmisión a la superficie de rodadura para lograr determinar una distribución uniforme del peso sobre cada uno de los ejes de la plataforma y de esta manera minimizar la posibilidad de exceder la tolerancia de peso cuando se circule por un puente.

ALMACENAMIENTO EN OBRA

Se deberá preparar un terreno cercado designándose un área de depósito y un área libre para el acarreo y maniobras. Los elementos menores se depositarán en recintos cerrados y seguros. Los elementos de la estructura de acero deberán almacenarse sobre rodamientos en el terreno o tacos de madera que lo liberen de estar en contacto con el suelo y deberán ser mantenidos limpios y secos.

MEDICIÓN

La partida Transporte de estructura metálica de Obra a Lima se medirá en Toneladas (Ton).

PAGOS

Se pagará según el precio del contrato. El pago constituye compensación total por toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar la partida a entera satisfacción del Supervisor.

ITEM DE PAGO	PAGO
1125. TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METALICA DE OBRA A LIMA	% de Avance

ANEXO 03.2: ESTRIBOS

EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la ejecución de excavaciones por encima o por debajo del nivel freático, para fundación de estructuras diversas, en materiales comunes (suelos y/o rocas), para la cimentación de estructuras, alcantarillas, muros, zanjas de coronación, canales, cunetas y otras obras complementarias, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Las excavaciones para estructuras se clasificarán de acuerdo con las características de los materiales excavados y la posición del nivel freático.

- Excavaciones para estructuras en roca en seco: Comprende toda excavación de roca in situ de origen ígneo, metamórfico o sedimentario, bloques de los mismos materiales de volumen mayor a un metro cúbico, conglomerados que estuviesen tan firmemente cementados que presenten todas las características de roca sólida y, en general, todo material que se deba excavar mediante el uso sistemático de explosivos.
- Excavaciones para estructuras en material común en seco: Comprende toda excavación de materiales no cubiertos en el párrafo anterior, "Excavaciones para estructura en roca".
- Excavaciones para estructura en roca bajo agua: Comprende toda excavación de material cubierto por "Excavaciones para estructuras en Roca" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.
- Excavaciones para estructura en material común bajo agua: Comprende toda excavación de material cubierta por "Excavaciones para estructura en material común" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.

MATERIALES

No se requieren materiales para la ejecución de los trabajos objeto de la presente Sección, excepto en el caso de excavación en roca que puede demandar el uso de explosivos.

EQUIPO

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y

eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de esta especificación.

El equipo deberá cumplir con las estipulaciones que se den en al Subsección 05.11 Equipo del EG-2013 del MTC.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las excavaciones se deberán ceñir a los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. En general, los lados de la excavación tendrán caras verticales conforme a las dimensiones de la estructura, cuando no sea necesario utilizar encofrados para el vaciado del cimiento. Cuando la utilización de encofrados sea necesaria, la excavación se podrá extender hasta 45 cm fuera de las caras verticales del pie de la zapata de la estructura.

El Contratista deberá proteger la excavación contra derrumbes; todo derrumbe causado por error o procedimientos inapropiados del Contratista, se eliminará a su cuenta, costo y riesgo.

Todo material inadecuado que se halle al nivel de cimentación deberá ser excavado y reemplazado por material seleccionado o por concreto pobre, según lo determine el Supervisor.

El Contratista no deberá terminar la excavación hasta el nivel de cimentación, sino está preparado para iniciar la colocación del concreto o mampostería de la estructura, material seleccionado o tuberías de alcantarillas.

El Supervisor previamente debe aprobar la profundidad y naturaleza del material de cimentación. Toda sobre-excavación por debajo de las cotas autorizadas de cimentación, deberá ser rellenada por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Supervisor.

Todos los materiales excavados que sean adecuados y necesarios para rellenos deberán almacenarse en forma tal, de poderlos aprovechar en la construcción de éstos; no se podrán desechar ni retirar de la obra, para fines distintos a ésta, sin la aprobación previa del Supervisor.

El Contratista deberá preparar el terreno para las cimentaciones necesarias, de tal manera que se obtenga una cimentación firme y adecuada para todas las partes de la estructura. El fondo de las excavaciones que van a recibir concreto deberá nivelarse con herramientas manuales, hasta darle las dimensiones indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. Las superficies así preparadas deberán humedecerse y apisonarse con herramientas o equipos adecuados hasta dejarlas compactadas, de manera que constituyan una fundación firme para las estructuras.

Las excavaciones en roca para estructuras, se ejecutarán haciendo el uso de explosivos este tipo de voladuras deberá ser comunicada además al Supervisor, por lo menos con 24 horas de

anticipación a su ejecución. Las técnicas usadas deberán garantizar el mantenimiento de las tolerancias indicadas en el Proyecto. La excavación próxima y vecina a la superficie definitiva, deberá hacerse de manera tal que el material de dicha superficie, quede prácticamente inalterado.

El Contratista deberá ejecutar todas las construcciones temporales y usar el equipo y métodos de construcción que se requieran para drenar las excavaciones y mantener su estabilidad, tales como desviación de los cursos de agua, utilización de entibados y la extracción del agua por bombeo. Estos trabajos o métodos de construcción requerirán la aprobación del Supervisor, pero dicha aprobación no eximirá al Contratista, de su responsabilidad por el buen funcionamiento de los métodos empleados, ni por el cumplimiento de los requisitos especificados. El drenaje de las excavaciones se refiere tanto a las aguas de infiltración como a las aguas de lluvias.

El Contratista deberá emplear todos los medios necesarios para evitar accidentes de sus trabajadores, personas extrañas a la obra o vehículos.

Dichas medidas comprenderán el uso de entibados si fuere necesario, barreras de seguridad y avisos, y requerirán la aprobación del Supervisor.

Las excavaciones que presenten peligro de derrumbes que puedan afectar la seguridad de los obreros o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, deberán entibarse convenientemente. Los entibados serán retirados antes de rellenar las excavaciones.

Los últimos 20 cm de las excavaciones, en el fondo de éstas, deberán hacerse con herramientas manuales, antes de iniciar la construcción de las fundaciones, salvo en el caso de excavaciones en roca.

Después de terminar cada una de las excavaciones, el Contratista deberá dar el correspondiente aviso al Supervisor y no podrá iniciar la construcción de obras dentro de ellas sin su autorización.

En caso de excavaciones que se efectúen sobre vías abiertas al tráfico se deberán disponer los respectivos desvíos y adecuada señalización en todo momento, incluyendo la noche hasta la finalización total de los trabajos, o hasta que se restituyan niveles adecuados de seguridad al usuario. Será aplicable en la ejecución de los trabajos de Excavación para Estructuras.

Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocar la caída de material de ladera abajo, afectando la salud de las personas y ocasionar impactos al medio ambiente. Para evitar daños en el medio ambiente

como consecuencia de la construcción de muros, alcantarillas, subdrenes y cualquier otra obra que requiera excavaciones, se deberán cumplir entre otros, los siguientes requisitos:

- En el caso de muros y, principalmente, cuando en la ladera debajo de la ubicación de éstos existe vegetación, los materiales excavados deben ser depositados temporalmente en un lugar adecuado de la plataforma de la vía, en espera de ser trasladado al lugar que designe el Supervisor.
- En el caso de la construcción de cunetas, subdrenes, etc., los materiales producto de la excavación no deben ser colocados sobre terrenos con vegetación o con cultivos; deben ser eliminados en los DME.
- Los materiales pétreos sobrantes de la construcción de cunetas revestidas, muros, alcantarillas de concreto y otros, no deben ser esparcidos en los lugares cercanos, sino trasladados y eliminados en los DME.

Uso de explosivos

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito del Supervisor y consulta con el proyectista y según lo indicado en la Subsección 05.05. Uso de explosivos del EG-2013 MTC.

Utilización y eliminación de los materiales excavados

Los materiales provenientes de las excavaciones deberán utilizarse para el relleno posterior de las obras construidas, siempre que sean adecuados para dicho fin.

Los materiales sobrantes o inadecuados deberán ser retirados por El Contratista de la zona del Proyecto, hasta los sitios aprobados por el Supervisor, siguiendo las disposiciones de la Sección 209. Los materiales excedentes provenientes de las excavaciones, se depositarán en lugares que consideren las características físicas, topográficas y de drenaje de cada lugar.

Se debe evitar zonas inestables o áreas de importancia ambiental como humedales o áreas de alta productividad agrícola.

Se medirán los volúmenes de las excavaciones para ubicar las zonas de disposición final adecuadas a esos volúmenes.

Las zonas de depósito final de desechos se ubicarán lejos de los cuerpos de agua, para asegurar que el nivel de agua, durante precipitaciones pluviales, no sobrepase el nivel más bajo de los materiales colocados en el depósito. No se colocará el material en lechos de ríos, ni a 30 m de las orillas.

Tolerancia

En ningún punto la excavación realizada variará de la proyectada más de 2 cm en cota, ni más de 5 cm en la localización en planta.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

El Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el cumplimiento de lo exigido en la Sección 105 mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial
- Verificar el estado y funcionamiento del equipo a ser utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajos aceptados.
- Controlar que no se excedan las dimensiones de la excavación según se indica en la Subsección 501.04. Requerimiento de construcción del EG-2013 del MTC.
- Medir los volúmenes de las excavaciones.
- Vigilar que se cumplan con las especificaciones ambientales incluidas en esta.

MEDICIÓN

Las medidas de las excavaciones para estructuras serán en volumen en metros cúbicos (m³), aproximado al décimo de metro cúbico en su posición original determinado dentro de las líneas indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. En las excavaciones para estructuras y alcantarillas toda medida se hará con base en caras verticales. Las excavaciones ejecutadas fuera de estos límites y los derrumbes no se medirán para los fines del pago.

La medida de la excavación de acequias, zanjas u obras similares se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de ejecutar el trabajo respectivo.

PAGOS

El precio unitario incluya además de los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas, etc. los mayores volúmenes a excavar para mantener la estabilidad de la excavación y obras de defensa necesarias para su ejecución.

ITEM DE PAGO	PAGO
Excavación para Estructuras en Material Común en Seco	% de Avance

DESCRIPCIÓN

Se refieren al movimiento de tierras ejecutado para completar todos los espacios excavados y no ocupados por las cimentaciones y elevaciones de las sub-estructuras.

EJECUCIÓN

Todo material usado en el relleno (material propio o de cantera) deberá ser de calidad aceptable a juicio del “Supervisor” y no contendrá material orgánico ni elementos inestables o de fácil alteración.

El relleno se ejecutará hasta los niveles de Subrasante o Superficie del terreno circundante, teniendo en cuenta los asentamientos que pudieran producirse en su seno, deberá ser enteramente compactado por medios apropiados y aprobados por el “Supervisor”, de modo que sus características mecánicas sean similares a las del terreno primitivo.

En las excavaciones en roca, los rellenos se ejecutarán únicamente con concreto.

El relleno del terraplén detrás de los estribos y pilares del puente será depositado y compactado convenientemente en capas horizontales de 0.15 m de espesor debiendo alcanzar porcentajes de compactación del 95% del Proctor modificado. Cuando se deba ejecutar rellenos delante de dichas estructuras, éstos deberán realizarse con anterioridad para prever posibles deflexiones. Previo a la ejecución de los rellenos se tomará precauciones para prevenir acciones de cuña contra la estructura, adecuando los taludes de las excavaciones de modo que estos queden escalonados o rugosos.

No se colocarán rellenos tras los estribos y muros de ala o de contención sin orden escrita del “Supervisor” y de preferencia no antes de los 14 días de vaciada la estructura o cuando las pruebas del concreto arrojen cuando menos el 80% de su resistencia.

MEDICIÓN

Se considerará como volumen de relleno expresado en metros cúbicos a la diferencia entre el volumen de excavación, medido de acuerdo a las especificaciones, y el de la estructura a colocarse en el espacio excavado, adicionando el volumen superior que sea necesario hasta alcanzar el nivel de subrasante (dentro del prisma definido en las partidas de Excavación para estructuras), deduciendo los volúmenes de relleno filtrante y concreto de ser el caso. Los mayores volúmenes se incluyen en el costo unitario.

PAGOS

La partida Relleno para estructuras se pagará sobre la base de su precio unitario y por la cantidad medida según el párrafo anterior.

El precio unitario, incluye el costo de equipo, mano de obra, herramientas, etc. y demás imprevistos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

ITEM DE PAGO	PAGO
RELLENO CON MATERIAL PROPIO PARA ESTRUCTURAS	% de Avance
RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO PARA ESTRUCTURAS	% de Avance

ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de las barras de acero corrugadas, con límite de fluencia (f_y) de 429 MPa (4200 Kg/cm²), que se colocan como refuerzo dentro de las diferentes estructuras permanentes de concreto, de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación, la sección 504 “acero de refuerzo” de las EG-2013.

MATERIAL

Los materiales que se proporcionen a la obra deberán contar con certificación de calidad del fabricante y de preferencia contar con certificación ISO 9000.

Barras de refuerzo

Deberán cumplir con la más apropiada de las siguientes normas, según se establezca en el proyecto: AASHTO M-31 y ASTM A-706.

Cuando en los planos del proyecto está prevista barras de refuerzo galvanizado, ésta debe cumplir la norma ASTM - A767.

Alambre y mallas de alambre

Deberán cumplir con las siguientes normas AASHTO, según corresponda: M-32, M-55, M-221 y M-225.

Pesos teóricos de las barras de refuerzo

Los pesos unitarios, se indican en la Tabla 504-01.

Tabla 504-01

Peso de las barras por unidad de longitudinal

Barra N°	Diámetro Nominal en mm (pulg)	Peso Kg/m
2	6.35(1/4)	0,25
3	9.5 (3/8")	0,56
4	12.7" (1/2")	1,00
5	15.7 (5/8")	1,55
6	19.1 (3/4")	2,24
7	22.22 (7/8")	3,04
8	25.4 (1")	3,97
9	28.7 (1 1/8")	5,06
10	32.3 (1 1/4")	6,41
11	35.8 (1 3/8")	7,91
14	43,0 (1 3/4")	11.38
18	57,3 (2 1/4")	20,24

EQUIPO

Se requiere de un equipo idóneo para el corte y doblado de las barras de refuerzo. Si se autoriza el empleo de soldadura, el Contratista deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

Al utilizar el acero de refuerzo, los operarios deben utilizar guantes de protección.

Los equipos de corte y doblado de las barras de refuerzo no deberán producir ruidos por encima de los permisibles o que afecten a la tranquilidad del personal de obra y las poblaciones aledañas. El empleo de los equipos deberá contar con la aprobación del Supervisor.

REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Planos y despiece

Antes de cortar el material a los tamaños indicados en los planos, el Contratista deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado.

Si los planos no los muestran, las listas y diagramas deberán ser preparados por el Contratista y aprobados por el Supervisor, pero tal aprobación no exime al Contratista de su responsabilidad

por la exactitud de los mismos. En este caso, el Contratista deberá contemplar el costo de la elaboración de las listas y diagramas mencionados, en los precios de su oferta.

Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote correspondiente.

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

Se debe proteger el acero de refuerzo de los fenómenos atmosféricos, principalmente en zonas con alta precipitación pluvial. En el caso del almacenamiento temporal, se evitará dañar, en la medida de lo posible, la vegetación existente en el lugar, ya que su no-protección podría originar procesos erosivos del suelo.

Doblamiento

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el Supervisor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, serán los indicados en la Tabla 502-02.

Tabla 504-02

Diámetro mínimo de doblamiento

Numero de Barra	Diámetro mínimo
2 a 8	6 diámetros de barra
9 a 11	6 diámetros de barra
17 a 18	6 diámetros de barra

El diámetro mínimo de doblamiento para flejes u otros elementos similares de amarre, no será menor que cuatro (4) diámetros de la barra, para barras N° 5 o menores. Para las barras mayores, se doblarán de acuerdo con lo que establece la Tabla 504-02.

Colocación y amarre

Al ser colocado en la obra y antes de producir el concreto, todo el acero de refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido en escamas, rebabas, pintura, aceite o cualquier otro material extraño que pueda afectar la adherencia. Todo el mortero seco deberá ser retirado del acero.

Las varillas deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de los encofrados deberá ser mantenida por medio de tirantes, bloques, soportes de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Los soportes de metal que entren en contacto con el concreto, deberán ser galvanizados. No se permitirá el uso de cascajo, fragmentos de piedra o ladrillos quebrantados, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 0,30 m, en el cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá tener un diámetro equivalente de 1,5875 mm (N° 16) ó 2,032 mm (N° 12), o calibre equivalente. No se permitirá la soldadura de las intersecciones de las barras de refuerzo.

Además, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en la última edición del Código ACI-318.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para uso en superficies planas, la malla deberá ser enderezada en láminas planas, antes de su colocación.

El Supervisor deberá revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el Contratista inicie la colocación del concreto.

Traslapes y Uniones

Los traslapes de las barras de refuerzo se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Supervisor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto. El Contratista podrá introducir traslapes y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando dichas modificaciones sean aprobadas por el Supervisor. El costo de los traslapes y uniones adicionales será asumido por el **Contratista**.

En los traslapes, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto.

El Contratista podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society AWS D1.4. En tal caso, los soldadores y los procedimientos deberán ser precalificados por el Supervisor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deberán ser revisadas radiográficamente o por

otro método no destructivo que esté sancionado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, correrá por cuenta del Contratista.

Las láminas de malla o parrillas de varillas, se deberán traslapar entre sí suficientemente, para mantener una resistencia uniforme y se deberán asegurar en los extremos y bordes. El traslape de borde deberá ser, como mínimo, igual a un (1) espaciamiento en ancho.

Sustituciones

La sustitución de las diferentes secciones de refuerzo sólo se podrá efectuar con autorización del Supervisor. En tal caso, el acero sustituyente deberá tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor adelantará los siguientes controles principales:

Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.

Solicitar al Contratista copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a muestras representativas de cada suministro de barras de acero.

Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

Verificar que el corte y colocación del refuerzo se efectúe de acuerdo con los planos y las especificaciones técnicas.

Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos.

Verificar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de área y perímetro iguales o superiores a los de diseño.

Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

Calidad del Acero

Las barras y mallas de refuerzo deberán ser ensayadas en la fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requerimientos de las normas respectivas de la AASHTO o ASTM correspondientes.

El Contratista deberá suministrar al Supervisor una copia certificada de los resultados de las pruebas físicas y mecánicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente a cada envío de acero de refuerzo a la obra.

En caso que el Contratista no cumpla este requisito, el Supervisor ordenará, a cuenta, costo y riesgo del Contratista, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado se verificarán de acuerdo con lo indicado en la Subsección 504.07. Traslapes y uniones del EG-2013 del MTC.

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, serán rechazadas.

Calidad del Producto Terminado

Se aceptarán las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

1. Desviación en el espesor de recubrimiento

Con recubrimiento menor o igual a cinco centímetros (≤ 5 cm): 5 mm

Con recubrimiento superior a cinco centímetros (> 5 cm): 10 mm

2. Área

No se permitirá la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Contratista, a su costo, de acuerdo con procedimientos aceptados por el Supervisor y a plena satisfacción de éste.

MEDICIÓN

La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto armado, realmente suministrado y colocado en obra, debidamente aprobado por el Supervisor.

La medida no incluye el peso de soportes separados, soportes de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio, ni los empalmes adicionales a los indicados en el Proyecto.

Si se sustituyen barras a solicitud del Contratista y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en el peso computado para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando los pesos unitarios indicados en la Tabla 504-01.

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de la malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra, por su peso real en kilogramos por metro cuadrado.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en el Proyecto y aprobada por el Supervisor.

PAGOS

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transporte, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo necesario para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, esta especificación, con la aprobación del Supervisor y lo especificado en la Subsección 07.05. Pago del EG-2013 del MTC.

ITEM DE PAGO	PAGO
ACERO DE REFUERZO, $F_y=4200 \text{ Kg/cm}^2$	% de Avance

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras. Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los respectivos, tanto en dimensiones como en la ubicación en la estructura.

Los encofrados pueden ser cara vista, cara no vista, estar en lugares secos o bajo agua; por lo que el Contratista, conocedor del Proyecto, deberá tomar todas las medidas necesarias a fin de atender estas circunstancias. Cualquier olvido, no dará pie a reclamo alguno y su ejecución correrá a cuenta del Contratista.

MATERIALES

Los encofrados a utilizar pueden ser de madera, metálicos o madera laminada o fibra prensada. El encofrado no deberá presentar deformaciones, defectos, irregularidades o puntos frágiles que puedan influir en la forma, dimensión o acabado de los elementos de concreto a los que sirve de molde.

Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.

Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado deberá ser construido con paneles de $\frac{3}{4}$ " de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra prensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberá ser cubierta con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto. Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento. Cuando el terreno natural sea rocoso, el apoyo puede realizarse directamente sobre éste.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- Costados de viga 24 horas
- Superficie de elementos verticales 48 horas
- Estructuras bajo vigas 14 días
- Soporte bajo losas planas 14 días
- Losas superiores de alcantarillas 14 días
- Losas superiores de pontones 14 días

En el caso de utilizarse aditivos acelerantes de fragua y previa autorización del Supervisor, los tiempos de desencofrado pueden reducirse, de acuerdo al tipo y proporción del aditivo que se emplee. En general, el tiempo de desencofrado se fijará de acuerdo con las pruebas de resistencia en muestras del concreto, cuando ésta supere el 70% de su resistencia de diseño. Todo trabajo de desencofrado deberá contar la previa autorización escrita del Supervisor.

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Encofrado de Cimentación

Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles. En este tipo de encofrado se encuentran incluidos el encofrado de losas apoyadas, tales como las de pavimento rígido y badenes.

Encofrado cara no vista

Los encofrados corrientes pueden ser construidos con madera en bruto, pero las juntas deberán ser convenientemente calafateadas para evitar fugas de la pasta.

Encofrado de Elevación Cara vista

Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, cuerpos de las alcantarillas tipo MC, costados de losas de pontones y alcantarillas MC, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.

Encofrado de Losa Cara vista

Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles (losas de alcantarillas tipo MC y pontones, entre otras).

Deberá preverse la utilización de impermeabilizantes para el encofrado de madera para evitar cambios volumétricos de éste. Se deberá complementar con equipo de bombeo para bajar los niveles de agua o de ser posible secar la zona de trabajo.

En caso de encofrado metálico, se utilizará laca desmoldante que evite la contaminación y adherencia. El uso indicado para determinado tipo de encofrado, no es limitativo, queda a criterio del Supervisor su utilización.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m²).

PAGOS

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con la partida correspondiente en base al precio unitario por metro cuadrado (m²) de “Encofrado y Desencofrado”. Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

ITEM DE PAGO	PAGO
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO, EN SECO	% de Avance

CONCRETO ESTRUCTURAL

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en el suministro de concreto de cemento Portland de diversas resistencias a la compresión, para la construcción de estructuras de drenaje, muros de contención, cabezales de alcantarillas, cajas de captación, aletas, sumideros y estructuras de puentes en general, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

MATERIALES

Cemento

El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en la Sección 438.02 (1) Cemento EG-213 del MTC.

Si el proyecto no especifica lo contrario, se empleará el denominado Tipo I o Cemento Portland Normal.

El cemento utilizado será Portland Tipo I o normal, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, NTP 334.090, Norma AASHTO M85 o la Norma ASTM-C150.

Se tomará en cuenta los siguientes puntos:

- Si al analizar las aguas, estas presentaran un alto contenido de sulfatos se pondrá en conocimiento del Supervisor este hecho para proceder con el cambio de tipo de

cemento. El Supervisor dará su aprobación para el uso de cemento Portland tipo II o – Tipo V, según sea el caso.

- La calidad del cemento Portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C-150. En todo caso el cemento utilizado será aprobado por el Supervisor quien se basará en certificados expedidos de los fabricantes y laboratorio de reconocido prestigio.
- Ensayos requeridos. El Contratista deberá presentar los resultados certificados por la fábrica de cemento, de los ensayos correspondientes al cemento que se vaya a utilizar en la obra. Estos ensayos deberán ser realizados por la fábrica de acuerdo con las normas de la ASTM, y su costo correrá por cuenta del Contratista. En adición a lo anterior, el Supervisor podrá tomar muestra del cemento en la fábrica y/o en el área de las obras, para hacer los ensayos que considere necesarios. No se podrá emplear cemento alguno hasta que el Supervisor este satisfecho con los resultados de los ensayos correspondientes y los apruebe por escrito.
- Almacenamiento del cemento. El cemento en bolsa se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo en rumas de no más de ocho (8) bolsas.
- Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en silos apropiados aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.
- Todo cemento que tenga más de tres (3) meses de almacenamiento en sacos o seis (6) en silos, deberá ser empleado previo certificado de calidad, autorizado por el Supervisor, quien verificará si aún es susceptible de utilización. Esta frecuencia disminuida en relación directa a la condición climática o de temperatura/humedad y/o condiciones de almacenamiento.
- Todas las áreas de almacenamiento estarán sujetas a aprobación y deberán estar dispuestas de manera que permitan acceso para la inspección e identificación del cemento. Para evitar que el cemento envejezca indebidamente, después de llegar al área de las obras, el Contratista deberá utilizarlo en la misma secuencia cronológica de su llegada.
- Temperatura del cemento. La temperatura del ambiente para el uso del cemento en el proceso de mezclado no deberá ser menor de 10°C, a menos que se apruebe lo contrario. En todo caso, deberá adecuarse a lo especificado para la preparación del concreto.
- Requisitos químicos del cemento Portland. Subsección 439.03 del EG-2013

COMPOSICION QUIMICA	Método De Ensayo Aplicable	TIPOS DE CEMENTO				
		I	II	III	IV	V
Dióxido de silicio (SiO ₂), % min.	334.086	-	20,0	-	-	-
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₂) % máx.		-	(C, D)	-	-	-
Oxido Férrico (Fe ₂ O ₃) % máx.		-	6,0	-	6,5	-
Oxido de Magnesio (MgO) % máx.		6,0	6,0 (C,	6,0	6,0	6,0
Trióxido de Azufre (SO ₃) % máx.			D)			
(A)		3,0	6,0	3,5	2,3	2,3
Cuando C, A ≤ 8%		3,5		4,5	(B)	(B)
Cuando C, A ≥ 8%		3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Perdida por ignición, % máx.		0,75	(B)	0,7	0,75	0,75
Residuo insoluble, % máx.			3,0	5		
			0,75			
Silicato Tricálcico (C ₃ S) % (máx.)		-	-	-	35(C)	-
(E)		-	-	-	40(c)	-
Silicato Dicálcico (C ₂ S) % (min) (E)		-	8	15	7(c)	5(D)
Aluminato tricálcico (C ₂ A) % (máx.)						
(E)						25(D)
Aluminio-ferrito tetracálcico más dos veces el Aluminato Tricálcico (C ₂ AF+2(C ₃ A))) o Solución Solida (C ₄ AF+C ₂ F) MAX						

- Hay casos en los que el (S03) óptimo (Determinado con el método de ensayo indicado en NTP 334.075) para un cemento particular está muy cerca o excede el límite de esta NTP. En estos casos, cuando las propiedades de un cemento pueden mejorarse con un exceso en el límite de S03 dados en esta tabla, estos valores pueden permitirse con la condición que se haya demostrado mediante la NTP 334.093, que este cemento con exceso de S03 no desarrollará expansión en agua que sobrepase el 0,020"; a los 14 días. Cuando el fabricante suministra cemento bajo esta provisión, facilitará a solicitud del comprador datos sustentatorios.

- No aplicable
- No aplicables cuando se especifique el límite de calor de hidratación de la Tabla 4.
- No aplicable cuando se especifique la resistencia a los sulfatos límite de la Tabla 4.
- Véase Anexo C para el cálculo

Requisitos Químicos opcionales (A)

Constituyentes	Métodos de ensayo aplicable	Tipos de cemento					Observaciones
		I	II	III	IV	V	
Aluminato Tricálcico (C ₃ A) (D), % (máx.)	Véase Anexo C	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos
Aluminato Tricálcico (C ₃ A) (D), % (máx.)	Véase Anexo C	-	-	5	-	-	Para alta resistencia a los sulfatos
Aluminato Tricálcico (C ₃ A) (D), % (máx.)	Véase Anexo C	-	58(B)	-	-	-	Para moderado calor de hidratación
Suma (C ₃ S+C ₃ A), % (máx.)	Véase Anexo C	0,60 (C)	0,60 (C)	0,60 (C)	0,60 (C)	0,60 (C)	Cemento de bajo álcali
Álcalis Equivalentes (Na ₂ O + 0,658K ₂ O), % máx.	NTP 334.086						

Notas:

- Estos requisitos opcionales son aplicables solo en el caso que sea solicitado específicamente
- Cuando se solicite este límite, el límite opcional de calor de hidratación de la Tabla 4 no debe ser requerido.
- Este límite debe especificarse cuando el cemento va a ser usado en concretos con agregados reactivos perjudiciales.
- Véase Anexo C para el cálculo.
- Requisitos Físicos subsección 439.04 del EG-2013

Características	Método de ensayo aplicable	Tipo de cemento				
		I	II	III	IV	V
Contenido del aire de mortero (A), % volumen	NTP 334.048	12	12	12	12	12
máx.		-	-	-	-	-
min						
Finura Superficie Especifica, (m2/kg) (Métodos alternativos) (B)						
Ensayo de Turbidímetro (NTP 334.072), min.	NTP 334.072	160	-	160	160	160
Ensayo de Permeabilidad (NTP 334.002), min	NTP 334.002	280	-	280	280	280
Expansión en autoclave (NTP 334.004), %, máx.	NTP 334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia (NTP 334.051), no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación (c)	NTP 334.051					
Resistencia a la Compresión, Mpa		-	-	12,0	-	-
1 día						
3 días		12,0	10,0	24,0	-	8,0
			7(F)			
7 días		19,0	17,0	24,0	-	8,0
		12(F)				
28 días	-	-	-	17,0	21,0	
Tiempo de fraguado (Método						

Características	Método de ensayo aplicable	Tipo de cemento				
		I	II	III	IV	V
alternativo) (D)	NTP 334.056					
Ensayo de Gilmore (minutos)						
Fraguado inicial: No menor que, mín.		60	60	60	60	60
Fraguado final: No mayor que, mín.		600	600	600	600	600
Ensayo de Vicat (NTP334.006) (minutos) (E)	NTP334.006					
Tiempo de fraguado: No menor que, min.		45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado: No mayor que, min		375	375	375	375	375

Agregados

Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase la malla de 4.75 mm (N° 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más de treinta por ciento (30%) del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir con los siguientes requisitos indicados en la tabla 503-01.

Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq 3,000$ msnm	Sulfato de sodio	MTC E 207	NTP 400.016	10
	Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	15

Limpieza				
Índice de plasticidad, % máximo		MTC E 111	NTP 330.129	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo	F'c ≤ 21 MPA (210 Kg/cm2)	MTC E 114	NTP 339.146	65
	F'c ≤ 21 MPA (210 Kg/cm2)	MTC E 114	NTP 339.146	75
Valor de azul de metileno, máximo			TP – 57 (*)	5
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200), % máximo		MTC E 202	NTP 400.018	3
Contenido de material orgánica				
Color más oscuro permisible		MTC E 213	NTP 400.024 NTP 400.013	Igual a muestra patrón
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como SO4, % máximo		--	NTP 400.042	1,2
Contenido de cloruros, expresado como cl-, % máximo		--	NTP 400.042	0,1
Absorción				
Absorción de agua, % máximo		MTC E 205	NTP 400.042	4

(*) AASHTO TP-57

El agregado fino deberá cumplir, además, con los siguientes requisitos:

Reactividad

El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO₂ y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma ASTM C289, se obtienen los siguientes resultados:

SiO₂ > R cuando R ≥ 70

SiO₂ > 35 + 0,5 R cuando R < 70

Granulometría

La curva granulométrica del agregado fino deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tabla 02

Granulometría agregado fino

TAMIZ (MM)	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm (3 /8")	100
4,75 mm (N° 4)	95-100
2,36 mm (N° 8)	80-100
1,18 mm (N° 16)	50-85
0,60 mm (N° 30)	25-60
0,30 mm (N° 50)	5-30
0,15 mm (N° 100)	0-10

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más de cuarenta y cinco por ciento (45%) de material retenido entre dos tamices consecutivos. El Módulo de Finura se encontrará entre 2.3 y 3.1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de 0.2 en el Módulo de Finura con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

Agregado grueso

Se considera como tal, al material granular que quede retenido en el tamiz 4,75mm (N° 4). Será grava natural o provendrá de la trituración de roca, grava u otro producto cuyo empleo resulte satisfactorio, lo que será aprobado por el Supervisor.

Reactividad

El agregado no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento, lo cual se comprobará por idéntico procedimiento y análogo criterio que en el caso de agregado.

Granulometría

La gradación del agregado grueso deberá satisfacer una de las siguientes franjas, según se especifique en el proyecto y apruebe el Supervisor con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas.

Durabilidad

Para concreto de $F'c > 21$ MPa (210 Kg/cm²), los agregados deben ser 100% triturados.

Agregado ciclópeo

El agregado ciclópeo será triturado de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tender a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de 80 cm, se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de 30 cm. En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor volumen, previa autorización del Supervisor y con las limitaciones establecidas en la Subsección 503.10(c) “Colocación del concreto”.

Agua

El agua por emplear en las mezclas de concreto deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica, que cumpla los requisitos establecidos en la Subsección 438.02(a)(3).

Tabla 503 – 04

Granulometría del agregado grueso para concreto estructural

(*) El tamaño de agregado número 9 (AG-9) se define en C 125 como agregado fino. Se incluye como agregado grueso cuando se combina con el tamaño número 8 (AG-8) creando el tamaño de material 89 (AG-89), es cual es un agregado de tamaño grueso definido en la C 125.

Fuente: ASTM C 33.

(**) NTP 400.037 Agregados “Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)”: se permitirá el uso de los agregados que no cumplan con las especificaciones específicas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida. Se debe de considerar como una EE.

TAMIZ	% PORCENTAJE QUE PASA														
	AG-1 (90 A 37,5 MM)	AG-2 (63 A 37,5 MM)	AG-3 (50 A 25 MM)	AG-357 (50 A 4,75 MM)	AG-4 (37,5 A 19,0 MM)	AG-467 (37,5 A 4,75 MM)	AG-5 (25 A 12,5MM)	AG-56 (25 A 9,5 MM)	AG-57 (25 A 7,75 MM)	AG-6 (19 A 9,5 MM)	AG-67 (19 A 4,75 MM)	AG-7 (12,5 A 4,75 MM)	AG-8 (9,5 A 2,36 MM)	AG-89 (9,5 A 1,18 MM)	AG-9 (*) (4,75 A 1,18 MM)
100 mm (4")	100														
90 mm (3 1/2")	90 - 100														
75 (3")		100													
63 mm (2,5")	25- 60	90- 100	100	100											
50 mm (2")	-	35- 70	90- 100	95- 100	100	100									
37,5 mm (1½")	0 - 15	0 - 15	35- 70		90- 100	95- 100	100	100	100						
25,0 mm (1")			0-15	35- 70	20- 55		90-100	90- 100	90- 100	100	100				

TAMIZ	% PORCENTAJE QUE PASA														
	AG-1 (90 A 37,5 MM)	AG-2 (63 A 37,5 MM)	AG-3 (50 A 25 MM)	AG-357 (50 A 4,75 MM)	AG-4 (37,5 A 19,0 MM)	AG-467 (37,5 A 4,75 MM)	AG-5 (25 A 12,5MM)	AG-56 (25 A 9,5 MM)	AG-57 (25 A 7,75 MM)	AG-6 (19 A 9,5 MM)	AG-67 (19 A 4,75 MM)	AG-7 (12,5 A 4,75 MM)	AG-8 (9,5 A 2,36 MM)	AG-89 (9,5 A 1,18 MM)	AG-9 (*) (4,75 A 1,18 MM)
19,0 mm (¾")	0-5	0-5			0-15	35-70	20-55	40-85		90-100	90-100	100	100		
12,5 mm (½")			0-5	10-30			0-10	10-40	25-60	20-55		90-100	100	100	
9,5 mm (3/8")					0-5	10-30	0-5	0-15		0-15	20-55	40-70	85-100	90-100	
4,75 mm (N°4)													0-5	0-10	0-10
2,36 mm (N°8)											-			0-5	0-5

Aditivos y adiciones

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad que cumplan con la norma ASTM C-494, NTP 334.087, NTP 334.088 y NTP 334.089 para modificar las propiedades del concreto, con el fin que sea adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla, ni representar riesgos para la armadura que tenga la estructura. En las Especificaciones Especiales (EE) del proyecto, se definirán qué tipo de aditivos se pueden usar, los requerimientos que deben cumplir y los ensayos de control que se harán a los mismos.

Sellantes de juntas

Se podrá usar los sellantes de juntas y grietas de reconocida calidad aplicadas en caliente que cumplan con la Norma ASTM D-6690 (Especificación Técnica para sellantes, juntas y grietas, aplicados en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto). Su empleo deberá definirse por medio de los métodos de ensayo por lo que se evaluarán los sellantes; así como la forma de muestreo, calentamiento, aplicación y que cumplan con la norma ASTM D 5329.

Clase de concreto

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto, indicadas en la Tabla 07.

Clase de concreto estructural

CLASE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA COMPRESIÓN A 28 DÍAS
Concreto pre y post tensado A B	35 MPa (350 Kg/cm ²) 32 MPa (320 Kg/cm ²)
Concreto reforzado C D E	28 MPa (280 Kg/cm ²) 21 MPa (210 Kg/cm ²) 17,5 MPa (175 Kg/cm ²)
Concreto simple F	14 MPa (140 Kg/cm ²)
Concreto ciclópeo G	Se compone de concreto simple Clase F y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo. 14 MPa (140 Kg /cm ²)

EQUIPO

Los principales elementos requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con dicho material, son los siguientes:

Equipo para la producción de agregados y la fabricación del concreto

Se aplica lo especificado en la Subsección 438.03 equipos para la ejecución de los trabajos del EG-2013 del MTC en donde sea pertinente. Se permite, además, el empleo de mezcladoras portátiles en el lugar de la obra.

No se permitirá la mezcla manual para la elaboración del concreto.

Elementos de transporte

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Supervisor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Contratista y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o transporte se suspenda inmediatamente, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados señale el Proyecto.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de trescientos metros (300 m), no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Supervisor.

Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a seiscientos metros (600 m), el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

Encofrados y obra falsa

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los encofrados necesarios para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los planos u ordenadas por el Supervisor. Los encofrados podrán ser de madera o metálicas y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de tabla cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

Elementos para la colocación del concreto

El Contratista deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra los encofrados o el refuerzo.

Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de siete mil (7 000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para estructuras delgadas, donde los encofrados estén especialmente diseñados para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de encofrado.

Equipos varios

El Contratista deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

REQUERIMIENTO DE CONSTRUCCION

Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, todos los procedimientos, equipos, etc. requieren ser aprobados por el Supervisor, sin que este exima al Contratista de su responsabilidad posterior.

Estudio de la Mezcla y Obtención de la Fórmula de Trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, muestras de los materiales que se propone utilizar y el diseño de la mezcla, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos para su verificación. Si a juicio del Supervisor los materiales o el diseño de la mezcla resultan objetables, el Contratista deberá efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias.

Una vez que el Supervisor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, éste sólo podrá ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella. El Contratista definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a consideración del Supervisor. Dicha fórmula señalará:

- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla.
- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen.
- Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.
- La consistencia del concreto, se deberá encontrar dentro de los siguientes límites, que se indica en la Tabla 08, al medirla según norma de ensayo MTC E 705.

Rango de asentamientos permitidos en obras de concreto estructurales

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASENTAMIENTO (“)	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapata y Muro de cimentación armada	3	1
Cimentaciones simples, cajones, y sub-estructuras de	3	1
Losas y pavimento	3	1
Viga y Muro Armado	4	1
Columna de edificios	4	1
Concreto Ciclópeo	2	1

La fórmula de trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Contratista deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a compresión acorde con la de los planos y documentos del Proyecto, que minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a compresión especificada en los planos del proyecto. Los planos deberán indicar claramente la resistencia a la compresión para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

La curva se deberá basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen tandas que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de por lo menos tres (3) cilindros ensayados a veintiocho (28) días. La máxima relación agua/cemento permisible para el concreto a ser empleado en la estructura, será la mostrada por la curva, que produzca la resistencia promedio requerida que exceda la resistencia de diseño del elemento, según lo indica la Tabla N° 09.

Resistencia promedio requerida

Resistencia a la compresión Especifica ($f'c$), MPa	Resistencia a la Compresión Requerido promedio ($f'cr$), MPa
≤ 35	$Fcr=f'c+1.34s$
	$f'cr=fc+2.33s-3.45$
	Usar el valor mayor
Más de 35	$f'cr = f'c+1.34 s$
	$Fcr=0.90 f'c + 2.33s$
	Usar el valor mayor

S: Desviación estándar calculada en función a los registros de los resultados de ensayos de obras realizadas

Si la estructura de concreto va a estar sometida a condiciones de trabajo muy rigurosas, la relación agua/cemento no podrá exceder de 0,50 si va a estar expuesta al agua dulce, ni de 0.45 para exposiciones al agua de mar o cuando va a estar expuesta a concentraciones perjudiciales que contengan sulfatos.

Cuando se especifique concreto con aire, el aditivo deberá ser de clase aprobada según se indica en la Subsección 503.03 (e). La cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incorporado que muestra la Tabla N° 503.

Requisitos Sobre Aire Incluido

RESISTENCIA DE DISEÑO A 28 DÍAS	PORCENTAJE AIRE INCLUIDO
280 MPa – 350 MPa concreto normal	6-8
280 MPa – 350 MPa concreto pre-esforzado	2-5
140 MPa – 280 MPa concreto normal	3-6

La cantidad de aire incorporado se determinará según la norma de ensayo AASHTO-T152 o ASTM-C231.

La aprobación que dé el Supervisor al diseño no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada con base en las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

Preparación de la Zona de los Trabajos, encofrados y obra falsa

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme a los planos del Proyecto y de la Sección 501. Excavación del EG-2013 del MTC.

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los encofrados necesarios para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en el Proyecto y aprobados por el Supervisor. Los encofrados podrán ser de madera o metálicos y deberán ensamblarse firmemente, y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni que permita el escurrimiento del mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada y deberán tener un espesor uniforme. La obra falsa o armazones provisionales deberán ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa deberá ser diseñada y construida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que estará sometida, las cuales deberán incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a los encofrados, arriostres, carriles de tráfico y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en el encofrado de la superestructura.

Fabricación de la Mezcla

Almacenamiento de los agregados

Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma, que se evite al máximo la segregación de los agregados.

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores de los mismos.

Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor a metro y medio (1,50 m) y no por depósitos cónicos.

Suministro y almacenamiento del cemento

El cemento en bolsa se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo en rumas de no más de ocho (8) bolsas. Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en silos apropiados aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos (2) jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de tres (3) meses de almacenamiento en sacos o seis (6) en silos, deberá ser empleado previo certificado de calidad, autorizado por el Supervisor, quien verificará si aún es susceptible de utilización. Esta frecuencia disminuida en relación directa a la condición climática o de temperatura/humedad y/o condiciones de almacenamiento.

Almacenamiento de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos. Estas recomendaciones no son excluyentes de la especificadas por los fabricantes.

Elaboración de la mezcla

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se deberá efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94.

1. Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra

Salvo indicación en contrario del Supervisor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad del agua requerida para la tanda; a continuación, se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua.

La mezcla se hará a la velocidad recomendada por el fabricante de la máquina y el tiempo de mezclado deberá ser no menor a 1,5 min, contados a partir del momento en que todos los materiales están dentro del tambor mezclador y hasta el instante en que se inicie la descarga. Se podrá reducir este tiempo, solamente si se demuestra que la mezcla es satisfactoria. En todo caso, el tiempo de mezclado no deberá exceder de 5 minutos.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de 30 minutos, deberá ser limpiada antes de verter materiales en ella. Así mismo, se requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Contratista, con la aprobación del Supervisor, solo para resistencias $F'c$ menores a 21 MPa (210 Kg/cm²), podrá transformar las cantidades correspondientes en peso de la Fórmula de Trabajo a unidades volumétricas. El Supervisor verificará que existan los elementos de dosificación precisos para obtener las medidas especificadas de la mezcla.

2. Mezclado en planta central

Debe ajustarse, en todo lo pertinente, a lo indicado en la Subsección anterior para la mezcla en mezcladoras estacionarias.

3. Mezclado en camiones mezcladores (mixer)

Cuando se emplee un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada o tanda deberá ser mezclada por no menos de 70 ni más de 100 revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando sea requerido, se debe completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante del mixer.

Todos los materiales incluyendo el agua, deben estar dentro del tambor mezclador, antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado debe iniciar dentro de los 30 segundos siguientes al instante en que el cemento es puesto en contacto con los agregados dentro del tambor.

Cuando los agregados estén húmedos, haya agua dentro del tambor, la temperatura ambiente exceda de 30°C, se use un cemento de alta resistencia o se empleen aditivos aceleradores de fraguado, el tiempo citado en el párrafo anterior se podrá reducir a 15 segundos.

Cuando se trate de mezclado parcial en planta central, el tiempo de mezcla en la mezcladora estacionaria de la planta central se podrá reducir a 30 segundos, completando el mezclado en el camión mezclador en tránsito, en la forma indicada en este numeral.

Los camiones mezcladores no se deberán cargar a más del 63% del volumen del tambor para mezclado completo en tránsito o al llegar a la obra, ni a más del 70% del volumen del tambor, cuando haya mezclado parcial en la planta central.

4. Mezclado manual

No se permite el mezclado manual en ningún caso.

5. Reablandamiento del concreto

No se deberá hacer ningún reablandamiento del concreto, agregándole agua o por otros medios, excepto que con la aprobación del Supervisor podrá añadirse agua adicional de mezcla al concreto transportado en camiones mezcladores o agitadores, siempre que dicho concreto, a su descarga, cumpla todos los requisitos exigidos, ni se excedan los tiempos de mezcla y transporte especificados en esta Sección.

Operación para el vaciado de la mezcla

Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, plasticidad, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de 1 ½ h, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Supervisor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

A su entrega en la obra, el Supervisor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, determinado por no cumplir con el asentamiento dentro de los límites especificados, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Supervisor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, por un concreto que cumpla especificaciones del proyecto.

El material de concreto derramado como consecuencia de las actividades de transporte y colocación, deberá ser recogido inmediatamente por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo, para lo cual deberá contar con el equipo necesario.

Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos 24 horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Contratista notificará por escrito al Supervisor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras el Supervisor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar contra el concreto. Dichas superficies deberán encontrarse completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado, por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método no es obligatorio.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que, durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se mezcle agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo contra las cuales se coloque el concreto, deberán ser humedecidas, o recubrirse con una delgada capa de concreto, si así lo exige el Supervisor.

Colocación del concreto

Requisitos generales

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Supervisor.

El concreto no se podrá colocar cuando existan precipitaciones pluviales, salvo que el Contratista suministre cubiertas que, a juicio del Supervisor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra los encofrados o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a 1 m.

Al verter el concreto, se compactará enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

A menos que el Proyecto establezca lo contrario, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de 0,5 m. El Supervisor podrá exigir espesores aún menores cuando se estime conveniente, si los considera necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

Colocación por bombeo

Cuando se utilice equipo de bombeo, se deberá disponer de los medios para continuar la operación de colocación del concreto en caso que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en la Subsección 503.10 (f).

Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo para el concreto clase G, se deberá ajustar al siguiente procedimiento. La piedra limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente, sin dejarla caer por gravedad, en la mezcla de concreto simple.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a 80 cm, la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a 10 cm. En estructuras de mayor

espesor, la distancia mínima se aumentará a 15 cm. En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos 50 cm debajo del asiento de la superestructura o placa. La proporción máxima del agregado ciclópeo será el 30% del volumen total de concreto.

Los escombros resultantes de las actividades implicadas, deberán ser eliminados únicamente en las áreas de disposición de material excedente, determinadas por el proyecto.

La zona de trabajo, deberá ser escarificada para adecuarla a la morfología existente.

Colocación del concreto bajo agua

El concreto no deberá ser colocado bajo agua, excepto cuando así se especifique en el Proyecto y/o lo apruebe el Supervisor, quien efectuará una supervisión directa de los trabajos. En tal caso, el concreto tendrá una resistencia no menor de la exigida para la clase D y contendrá un 10 % de exceso de cemento. Dicho concreto se deberá colocar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, por medio de un método aprobado por el Supervisor. Todo el concreto bajo el agua se deberá depositar en una operación continua.

No se deberá colocar concreto dentro de corrientes de agua y los encofrados diseñados para retenerlo bajo el agua, deberán ser impermeables. El concreto se deberá colocar de tal manera, que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes que la precedente, haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

Los escombros resultantes de las actividades implicadas, deberán ser eliminados únicamente en las áreas de disposición de material excedente, determinadas por el proyecto.

La zona de trabajo, deberá ser escarificada para adecuarla a la morfología existente.

Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición vertical y con su cabeza sumergida totalmente dentro de la mezcla.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de los encofrados, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

Juntas

Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en el Proyecto o indicados por el Supervisor. El Contratista no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas, utilizando para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en el Proyecto.

Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática, se deberán colocar por debajo de las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

Remoción de los encofrados y de la obra falsa

Las operaciones de remoción de encofrados y soportes, se deben realizar cuidadosamente, en forma tal que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su propio peso.

Dada que las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencias de cilindros de concreto, la remoción de encofrados y demás soportes se podrán efectuar, al lograrse las resistencias fijadas en el diseño. Los cilindros de ensayos deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

Excepcionalmente si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio la siguiente lista puede ser empleada como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de encofrados y soportes:

- Estructuras para arcos: 14 días
- Estructuras bajo vigas: 14 días
- Soportes bajo losas planas: 14 días
- Losas de piso: 14 días
- Placa superior en alcantarillas de cajón: 14 días

- Superficies de muros verticales: 48 horas
- Columnas: 48 horas
- Lados de vigas: 24 horas

Curado

Durante el primer período de endurecimiento, se someterá el concreto a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Supervisor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de 14 días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de 7 días.

Curado con agua

El concreto deberá permanecer húmedo en toda la superficie y de manera continua, cubriéndolo con tejidos de yute o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados.

No se permitirá el humedecimiento periódico; éste debe ser continuo.

El agua que se utilice para el curado deberá cumplir los mismos requisitos del agua para la mezcla.

Curado con compuestos membrana

Este curado se podrá hacer en aquellas superficies para las cuales el Supervisor lo autorice, previa aprobación de este sobre los compuestos a utilizar y sus sistemas de aplicación.

El equipo y métodos de aplicación del compuesto de curado deberán corresponder a las recomendaciones del fabricante, esparciéndolo sobre la superficie del concreto, de tal manera que se obtenga una membrana impermeable, fuerte y continua que garantice la retención del agua, evitando su evaporación. El compuesto de membrana deberá ser de consistencia y calidad uniformes.

Acabado

Todas las superficies de concreto deberán recibir un acabado después del retiro de los encofrados. El tipo de acabado dependerá de las características de la obra construida.

Acabado ordinario

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Después de remover los encofrados, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se deberán retirar para obtener una superficie uniforme. Todos los alambres y varillas que sobresalgan se deberán cortar, cuando menos 5 mm bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se deberán limpiar

cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con un mortero compuesto por una parte de cemento Portland y 2 de arena, el cual deberá ser completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicará una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos deberán mantenerse húmedos por un periodo no menor de 5 días.

Para el relleno de cavidades grandes o profundas se deberá incluir agregado grueso en el mortero de relleno.

Las zonas con “cangrejeras” excesivas pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso el Contratista deberá demoler y reconstruir, a su costo, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada, deben quedar sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas deberá quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

Acabado por frotado de superficie

Tan pronto como se hayan removido las formaletas o encofrados y lo permita la condición del concreto, se iniciará el frotado, empapando las superficies con agua, y frotándolas luego con una piedra de carborundo de mediana aspereza, esmerilando la superficie hasta formar una pasta.

La operación de frotado se debe continuar hasta que todas las señales dejadas por los encofrados y demás salientes e irregularidades hayan sido removidas y la superficie presente una textura lisa y un color uniforme.

En este proceso no se deberá emplear ningún agua de cemento ni enlucido de mortero.

La pasta producida por el frotamiento debe ser cepillada cuidadosamente o extendida uniformemente en una capa delgada sobre la superficie, dejándose que vuelva a fraguar. El acabado final se obtiene mediante un segundo frotado con una piedra de carborundo más fina.

Acabado en os pisos de puentes

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada para que presente las pendientes transversales indicadas en el Proyecto.

Acabado en los pisos de puentes

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado será como el descrito en la Sección 438 para los pavimentos de concreto hidráulico.

Acabado en andenes de concreto

El concreto colocado y compactado deberá ser alisado con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación deberán acabarse con una herramienta apropiada para ello.

Se deberá garantizar que la textura no sea resbaladiza cuando la superficie esta mojada.

Limpieza Final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Contratista deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable, lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.

Limitaciones en la ejecución

La temperatura de la mezcla de concreto, antes de su colocación, deberá estar entre 10°C y 32°C.

Durante el vaciado la temperatura ambiental no sea inferior a 6°C. La temperatura durante la colocación no deberá exceder de 32°C, para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de los encofrados metálicos o de las armaduras exceda de 50°C, se deberán enfriar mediante rociadura de agua, antes de la colocación del concreto.

Deterioros

De acuerdo a la magnitud de las imperfecciones, todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y remplazado por el Contratista, con la aprobación del Supervisor. Todos los recursos necesarios de mano de obra, equipo y materiales requeridos para la reparación del concreto, serán suministrados por el Contratista.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Criterios

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.

Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, consolidación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas.

Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.

Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.

Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.

Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.

Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.

Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

Calidad del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor dispondrá que se efectúen los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna sospecha sobre su calidad, se determinará su pH y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros, además de la periodicidad fijada para los ensayos.

Calidad de los agregados

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas ya descritas en este documento. En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Supervisor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

Calidad de aditivos y productos químicos de curado

El Supervisor deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, donde garanticen su calidad y conveniencia de utilización, disponiendo la ejecución de los ensayos de laboratorio para su verificación.

Calidad de la mezcla

Dosificación

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes:

Agua, cemento y aditivos	± 1%
Agregado fino	± 2%
Agregado grueso hasta de 38 mm	± 2%
Agregado grueso mayor de 38 mm	± 3%

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, serán rechazadas por el Supervisor.

Consistencia

El Supervisor controlará la consistencia de cada carga entregada, con la frecuencia indicada en la Tabla 503-11, cuyo resultado deberá encontrarse dentro de los límites indicados en la Subsección 503.07. En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente.

Resistencia

El Supervisor verificará la resistencia a la compresión del concreto con la frecuencia indicada en la Tabla 11.

La muestra estará compuesta por nueve (9) especímenes según el método MTC E 701, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a compresión (MTC E 704), de las cuales se probarán 3 a 7 días, 3 a 14 días y 3 a 28 días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia de 7 días y 14 días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a 28 días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de resistencia de los tres (3) especímenes tomados simultáneamente de la misma mezcla, se considera como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto será considerada satisfactoria, si ningún espécimen individual presenta una resistencia inferior en más de 3,5 MPa (35 Kg/cm²), de la resistencia especificada y, simultáneamente, el promedio de tres (3) especímenes consecutivos de resistencia, iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si alguna o las dos (2) exigencias así indicadas es incumplida, el Supervisor ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, tome núcleos de dichas zonas, de acuerdo a la norma MTC E 707.

Se deberán tomar tres (3) núcleos por cada resultado de ensayo inconforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante siete (7) días a una temperatura entre 16°C y 27°C, y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por 48 horas y se probarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia de los tres (3) núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al 85% de la resistencia especificada en los planos, siempre que ningún núcleo tenga menos del 75% de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Contratista podrá solicitar que, a su cuenta, costo y riesgo, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Contratista deberá demoler totalmente la estructura, y su posterior reconstrucción, sin costo alguno para la entidad contratante.

ENSAYOS Y FRECUENCIAS

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregado Fino	Granulometría	MTC E 204	250 m ³	Cantera
	Materia que pasa la malla N° 200 (75 µm)	MTC E 202	1000 m ³	Cantera
	Terrones de Arcillas y partículas Deleznables	MTC E 212	1000 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	1000 m ³	Cantera
	Reactividad Alkali-Agregado (1)	ASTM C-84	1000 m ³	Cantera
	Cantidad de partículas livianas	MTC E 211	1000 m ³	Cantera
	Contenido de Sulfatos (SO ₄ ⁼)	AASHTO T290	1000 m ³	Cantera
	Contenido de Cloruros (Cl ⁻)	AASHTO T291	1000 m ³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	1000 m ³	Cantera
Agregado Grueso	Granulometría	MTC E 204	250 m ³	Cantera
	Desgaste los Ángeles	MTC E 207	1000 m ³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	500 m ³	Cantera
	Terrones de Arcillas y partículas deleznables	MTC E 212	1000 m ³	Cantera
	Cantidad de partículas Livianas	MTC E 211	1000 m ³	Cantera
	Contenido de Sulfatos (SO ₄ ⁼)	AASHTO T290	1000 m ³	Cantera

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
	Contenido de Cloruros (Cl ⁻)	AASHTO T291	1000 m ³	Cantera
	Contenido de carbón y lignito	MTC E 215	1000 m ³	Cantera
	Reactividad Álcali-Agregado (1)	ASTM C-84	1000 m ³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	1000 m ³	Cantera
	Porcentaje de Partículas Planas y Alargadas (relación largo espesor: 3:1)	MTC E 221	250 m ³	Cantera
Concreto	Consistencia	MTC E 705	1 por carga (3)	Punto de vaciado
	Resistencia a Compresión	MTC E 704	1 juego por cada 50 m ³ , pero no menos de uno por día	Punto de vaciado

Calidad del producto terminado

Desviaciones máximas admisibles de las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: -5 mm a + 10 mm
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y
- Estructuras similares de concreto reforzado: -10 mm a + 20 mm
- Muros, estribos y cimientos: -10 mm a + 20 mm
- El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima (+) indicada.

Otras tolerancias

- Espesores de placas -10 mm a +20 mm
- Cotas superiores de placas y veredas -10 mm a +10 mm
- Recubrimiento del refuerzo ±10%
- Espaciamiento de varillas -10 mm a +10 mm

Regularidad de la superficie

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación.

- Placas y veredas: 4 mm
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: 10 mm
- Muros de concreto ciclópeo: 20 mm

Curado

Toda obra de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada, si se trata de una superficie de contacto con concreto, deficientemente curada, el Supervisor podrá exigir la remoción de una capa como mínimo de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del Contratista.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor y a plena satisfacción de éste.

La evaluación de los trabajos de “Concreto” se efectuará de acuerdo a lo indicado en la Subsección 04.11(a) y 04.11 (b).

MEDICION

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, aprobada por el Supervisor.

PAGOS

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

Deberá cubrir, también todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, trituración, y eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargas, transportes, descargas y mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya Fórmula de Trabajo se haya aprobado, los aditivos si su empleo está previsto en el Proyecto o ha sido solicitado por el Supervisor.

Ítem de Pago	Pago
CONCRETO CLASE C (F'C=280KG/CM2)	% de Avance
CONCRETO CLASE H (F'C=100 KG/CM2)	% de Avance
CONCRETO CLASE H (F'C=175 KG/CM2)	% de Avance

ANEXO 03.3: SUPERESTRUCTURA

FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA ASTM A709 GRADO 50

DESCRIPCION

Los planos de la estructura metálica que forman parte del Expediente Técnico, constituyen los planos estructurales, donde se indican las dimensiones y la ubicación relativa de los diferentes elementos componentes de la estructura.

Para este trabajo se utilizarán las siguientes especificaciones:

- ASSHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS
- ANSI/AASHTO/AWS D1.5 BRIDGE WELDING CODE
- AASHTO LRFD BRIDGE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS

El fabricante de la estructura metálica deberá preparar y presentar a la Supervisión los planos de fabricación en taller con el detalle suficiente, para ser evaluados y aprobados si el caso es conforme a las especificaciones antes mencionadas.

Cualquier trabajo que el Contratista realice antes de que el Supervisor apruebe estos planos de taller, será a su propia cuenta y riesgo.

Los planos de taller de la estructura de acero, deberán mostrar, a pleno detalle, todas las dimensiones y tamaños de las partes componentes de la estructura, así como los detalles de las conexiones entre elementos.

El Contratista deberá entender expresamente que la aprobación por el Supervisor de los planos de fabricación en taller, no lo releva de responsabilidades por el contenido de dichos planos.

El Contratista con intervención del supervisor deberá obtener los certificados de calidad de un laboratorio de reconocido prestigio, que certifique que el material empleado cumple con los requisitos de calidad.

MATERIALES

Acero

Los elementos estructurales de la superestructura del puente, serán fabricados con planchas de acero estructural ASTM A709 de calidad grado 50 $F_y = 345$ Mpa, como se indique en los planos del proyecto.

El Contratista entregará al Supervisor los Certificados de Calidad que certifiquen que el material empleado cumple con los requisitos de calidad.

Todo el material que se emplee en la fabricación de las estructuras, deberá estar limpio y recto. Si es necesario enderezar algunas piezas, esto deberá ser sin usar calor, y solamente por procedimientos mecánicos que no dañen las piezas.

No se aceptará el enderezamiento de dobleces abruptos, tales como los causados por golpes; tales piezas serán rechazadas.

Los electrodos para soldaduras serán AWS E7018 o similares, de acuerdo a las especificaciones de la Norma.

Calificación de los soldadores

Todos los operadores de la soldadura deberán ser calificados de acuerdo con las especificaciones de la Norma ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code (última versión).

El Contratista deberá mostrar al Supervisor los certificados expedidos a los soldadores y que no tengan una antigüedad mayor de 6 meses antes del inicio de la fabricación de la estructura de acero. El Certificado deberá mostrar que el soldador ha venido efectuando soldaduras del tipo requerido en su trabajo por lo menos durante los tres meses antes del inicio de la fabricación. Deberá enviar un certificado por cada soldador indicando la institución que lo otorga, el tipo de examen, el tipo de muestras, la posición de las soldaduras, resultados de las pruebas y fecha de examen.

El Contratista solamente podrá emplear mano de obra experimentada en la fabricación de estructuras de acero de puentes y, el Supervisor podrá exigir el retiro del personal que no sea competente o que no venga ejecutando sus trabajos con propiedad.

Soldadura

Por tratarse de un puente en el que la estructura principal está formada por tubos y vigas de planchas soldadas, el aspecto de la soldadura es de singular importancia, por lo que deberá ser ejecutada con óptima calidad y de acuerdo a las especificaciones de la norma ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

Electrodos

Los electrodos que serán utilizados en la fabricación de las estructuras de acero son del tipo E7018 y deberán ser adquiridos en envases herméticamente sellados o en caso contrario serán secados por lo menos dos (02) horas en un horno a temperatura entre 450° F a 500° F (230°C ~ 290°C) antes de ser utilizados.

Los electrodos que no sean utilizados en el lapso de cuatro (4) horas después de ser retirados de sus envases herméticamente cerrados, deberán ser secados nuevamente antes de ser utilizados. Los electrodos no podrán ser resecados más de una vez.

PROCEDIMIENTO STANDARD DE SOLDADURA

Antes de la aplicación de la soldadura, es obligación del fabricante llevar a cabo un planeamiento minucioso de los procesos de soldadura de todos los casos posibles, y como resultado de ello elaborar un conjunto de documentos técnicos de procedimientos standard, las cuales serán de difusión amplia.

Corte de Planchas de Aceros

El corte de las planchas de acero por el método de oxicorte será permitido siempre y cuando la antorcha sea guiada por medios mecánicos semiautomáticos como requerimiento mínimo y los bordes rectificadas y perfilados con esmeril si fuera el caso.

La tolerancia en la longitud será de: 1/16" para elementos menores de 30'-0" 1/8" para elementos mayores de 30'-0".

Inspección y Control de Calidad de la Soldadura

La inspección de soldaduras deberá iniciarse tan pronto hayan sido ejecutadas. Si el control radiográfico indica cualquier defecto o porosidad que exceda los requisitos de ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code, se considerará que la prueba ha tenido resultado negativo y el Contratista deberá reparar a su costo la soldadura por el método apropiado en cada caso y obtener la aprobación del Supervisor.

Las conexiones soldadas deberán ser inspeccionadas por medio de radiografías de acuerdo a ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

Adicionalmente a cualquier inspección radiográfica realizada según los requerimientos de la Norma; todas y absolutamente todas las soldaduras serán visualmente inspeccionadas por el Supervisor, quien tendrá el poder de decisión para poderlas rechazar o exigir pruebas adicionales en caso de tener evidencia visual en una posible mala ejecución de la soldadura.

Las pruebas de soldadura que deberán realizar son las siguientes:

Ensayo radiográfico (Rayos "X" y/o "Gamma")

Las soldaduras a tope de penetración total, deberán ser comprobadas radiográficamente de acuerdo a lo establecido en la Norma.

En caso de que las radiografías indiquen defectos que impliquen rechazo, se deberá radiografiar las áreas comprendidas a cada lado del defecto para determinar la magnitud y la extensión de la falla.

Todas las soldaduras que hayan sido encontradas defectuosas deberán ser nuevamente radiografiadas luego de ser reparadas.

El Supervisor deberá verificar la toma de las radiografías e interpretar los resultados y los informes técnicos del Contratista; aprobar las radiografías que se encuentren satisfactorias y desaprobar o rechazar las que no sean satisfactorias. El Supervisor deberá también, previamente a cualquier defecto, aprobar los procedimientos propuestos por el contratista para reparar soldaduras rechazadas e inspeccionar la preparación de nuevas soldaduras.

Tintes Penetrantes

La aplicación de tintes penetrantes para verificación de la calidad de los cordones de soldadura durante la etapa de ejecución será obligatoria.

Prueba de Ultrasonido

Esta prueba será ejecutada opcionalmente en Taller en los casos en que se requiera verificar la penetración del cordón de soldadura.

Facilidades al Supervisor durante la inspección en taller

El Contratista está obligado a proporcionar todas las facilidades que requiera el Supervisor para efectuar la inspección durante el proceso de fabricación en taller y garantizará al Supervisor acceso libre a todas las áreas donde se estén efectuando los trabajos de fabricación.

El Supervisor posee la plena autoridad para rechazar los procesos de fabricación que encuentre que no están conforme a las especificaciones ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code.

Ensamble en taller

La estructura deberá ser ensamblada en el taller en forma completa de manera de poder comprobar el acoplamiento de las piezas que la forman y la geometría del conjunto. No se permitirá desalineamientos mayores de 1/500 de cada una de las piezas del conjunto. En caso contrario la estructura deberá ser corregida.

A excepción de aquellas piezas que se sueldan en taller, el resto de las piezas serán presentadas una a otra en su posición definitiva, con una separación no mayor de 1/16" (2 mm), siempre que sea posible las piezas serán soldadas horizontalmente.

Los elementos así preparados serán ensamblados en taller formando la estructura completa. Para esto deberán colocarse los pernos de montajes adecuados, cuyos huecos deberán abrirse después de que la estructura sea montada debidamente alineada y con la contra flecha indicada en el plano.

Después de comprobado el alineamiento del conjunto, la estructura será dividida en módulos de tamaño máximo tal que sea posible su traslado a obra. Todos los elementos de un mismo módulo serán soldados en forma definitiva entre sí, pintados con pintura anticorrosiva y numerada para su ensamblaje en obra de acuerdo a lo indicado más adelante con referencia a la pintura.

MARCAS PARA EL TRANSPORTE

Para el transporte y montaje, cada miembro de la estructura de acero deberá ser especialmente codificado con marcas físicas de identificación; por otro lado, también el Contratista deberá enviar al Supervisor los planos y listado de marcas de la estructura metálica total.

FORMA DE MEDICION

La partida Fabricación de estructura metálica será medida por Kilogramo (Kg) de peso de la estructura fabricada de acuerdo a las especificaciones, y aprobadas por el supervisor.

PAGOS

La partida Fabricación en Taller se pagará a su precio unitario. Dicho precio unitario incluirá el suministro de materiales, equipos, herramientas, mano de obra, pruebas de control de calidad de la soldadura y demás imprevistos para la correcta ejecución de la partida. Incluye pruebas de control de calidad de la soldadura y su respectiva certificación.

El Contratista evaluará y tomará en consideración los costos que demande la fabricación de la estructura metálica y los incluirá dentro del precio unitario de su oferta.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
FABRICACIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA ASTM A709 GRADO 50	% de Avance

PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA

DESCRIPCIÓN

Estas especificaciones se refieren al tratamiento de estructuras metálicas con pinturas protectoras de larga vida bajo el sistema de pinturas de “Zinc + Epóxica + Poliuretano” aplicadas en tres (3) capas, sobre la superficie de la estructura metálica.

Para este trabajo se utilizarán las siguientes especificaciones:

- STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (SSPC) – NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS (NACE)

MATERIALES

La primera capa es una pintura de zinc inorgánico, la segunda capa es una pintura epóxica y la tercera capa es una pintura de poliuretano.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS PINTURAS

Las características más importantes de las pinturas son las siguientes:

- Anticorrosivo e Inhibidor de óxido.
- Resistente a la corrosión en ambientes marinos y severos.
- Puede ser aplicado sobre superficies con arenado.
- Excelente retención de color y brillo, típico de uretanos alifáticos.
- Debe ser aplicado con equipo Airless.

DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE CADA CAPA

Primera Capa

La pintura es un zinc inorgánico bicomponente, y actuará reaccionando con la humedad del aire. Esta pintura es un anticorrosivo con alto contenido de Zinc, será de 80% en películas seca como mínimo.

Segunda Capa

La pintura es epóxica bicomponente, de 85% de sólidos en volumen como mínimo.

Tercera capa

Pintura Bicomponente: La pintura es un poliuretano acrílico – alifático bicomponente, con gran retención de color y brillo, con excelentes propiedades de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión, corrosión y agentes químicos, de 70% de sólidos en volumen como mínimo.

Todas las superficies de acero estructural que deban ser pintadas se limpiarán a presión. Las superficies de acero destinadas a la pintura se deberán preparar según se describe en las especificaciones de “Steel Structures Painting Council (SSPC)”. La pintura no se deberá aplicar en condiciones de niebla o bruma, o cuando llueva o nieve, o cuando la humedad relativa supere los límites establecidos para el producto.

En la medida de lo posible, se deberá realizar lo siguiente para la aplicación de la pintura:

- Arenado al metal blanco tipo SSPC-SP5. Alternativamente podrá utilizarse el Arenado con Granallado. La limpieza deberá dejar todas las superficies con una textura de adherencia y uniforme no inferior a 0.025 y 0.038 milímetros (1 y 1 ½ milésimas de pulgada).
- Una vez terminado el arenado se procederá al pintado el mismo día en que se realizó la limpieza. Si las superficies tratadas se oxidan o están contaminadas con materias extrañas antes de realizar la pintura, se deberán volver a limpiar bajo responsabilidad del Contratista.
- Para el proceso de pintura se utilizarán sistemas Airless. El Contratista deberá previamente verificar que el equipo se encuentre totalmente operativo y eficiente (mangueras, bombas, boquillas). Solamente se podrá utilizar brocha o rodillo para el pintado de retoques, repasos y resanes.
- Previa limpieza final con aire, se inicia con la aplicación de la primera capa de pintura bicomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 3.0 mils. La aplicación deberá hacerse con equipo aprobado por el Supervisor.
- Para cada elemento que recibió la primera capa y dentro de las 24 horas posteriores como mínimo, se aplicará la segunda capa de pintura bicomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 6.0 mils.
- Para cada elemento que recibió la segunda capa y dentro de las 10 horas posteriores, se aplicará la tercera capa de pintura superficial bicomponente con un espesor de la película protectora seca igual a 3.0 mils.
- Posteriormente a la colocación de cada capa de pintura, el Contratista deberá controlar y verificar conjuntamente con el Supervisor el espesor de pintura colocado con instrumentos adecuados (calibrador de espesores).

Además de lo indicado anteriormente, todas las pinturas se deberán aplicar de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del proveedor de pintura, el cual deberá coordinar y asesorar al Contratista antes y durante los procesos de limpieza y pintado. Antes de su adquisición el Contratista exigirá al proveedor de la pintura, un certificado de calidad que garantice una duración de 8 años después de su aplicación a la estructura metálica. A su vez el Contratista presentará este certificado al Supervisor para su aprobación.

MÉTODO DE MEDICION

La pintura para la estructura metálica será medida en Toneladas (Ton) de estructura pintada, según lo indicado en el punto anterior.

PAGOS

La cantidad de kilogramos de estructura metálica pintada se pagará al precio unitario del contrato y este precio y pago constituirá compensación total por todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra, e imprevistos necesarios para la correcta y completa ejecución de los trabajos de acuerdo a lo especificado.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA	% de Avance

PERNOS ASTM A490 D=25mm
PERNOS ASTM A490 D=30mm

DESCRIPCION

Esta partida consiste en el suministro e instalación de pernos de alta resistencia que servirán para ensamblar la estructura metálica del puente. Los pernos serán de los diámetros indicados en los planos del proyecto.

MATERIALES

Los pernos de alta resistencia para las conexiones cumplirán los requisitos siguientes:

- ASTM A490TIPO I, $F_y=830$ Mpa. Superficie de corte Clase B.

Los criterios de aprobación de su instalación serán respetando dicha especificación.

MÉTODO DE MEDICION

La instalación de pernos de alta resistencia se medirá de acuerdo a la unidad (Und) colocadas, previamente aprobadas por el Supervisor.

PAGOS

La cantidad de pernos colocados se pagará al precio unitario del contrato y este precio y pago constituirá compensación total por todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra, e imprevistos necesarios para la correcta y completa ejecución de los trabajos de acuerdo a lo especificado.

ÍTEM DE PAGO	Pago
PERNOS ASTM A490 D=25mm	% de Avance
PERNOS ASTM A490 D=30mm	% de Avance

CONECTORES DE CORTE (STUDS) ASTM A108 D=19mm

DESCRIPCION

Esta partida consiste en el suministro e instalación de conectores de corte que servirán para unir la placa colaborante con el sistema de encofrado de la losa.

MATERIALES

Los conectores de corte serán del tipo Stud, que deberán cumplir con la especificación AASHTO M 169 (ASTM A 108).

Los criterios de aprobación de su instalación serán respetando dicha especificación.

MÉTODO DE MEDICION

La instalación de conectores de corte se medirá de acuerdo a la unidad (Und) colocadas, previamente aprobadas por el Supervisor.

PAGOS

La cantidad de conectores colocados se pagará al precio unitario del contrato y este precio y pago constituirá compensación total por todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra, e imprevistos necesarios para la correcta y completa ejecución de los trabajos de acuerdo a lo especificado.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
CONECTORES DE CORTE (STUDS) ASTM A108 D=19mm	% de Avance

ANEXO 03.4: SUPERFICIE DE DESGASTE

CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE (MAC1)

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

MATERIALES

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

Agregados minerales gruesos

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que, al aplicársele una capa del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (N.º 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con el asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm³ y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) deberá ser inferior a 0,6.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

Los agregados gruesos, deben cumplir además con los requerimientos siguientes:

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica. La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla. La notación 85/50 indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Agregados minerales finos

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que, al aplicársele una capa del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (Nº 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con el asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm³ y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) deberá ser inferior a 0,6.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

Los agregados minerales finos, deben cumplir además con los requerimientos siguientes:

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente deberá ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones y serán propuestas por el Contratista y aprobadas por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido en el acápite (a) y (b) de esta Subsección, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznable según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los usos granulométricos, especificados en la siguiente tabla. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto:

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

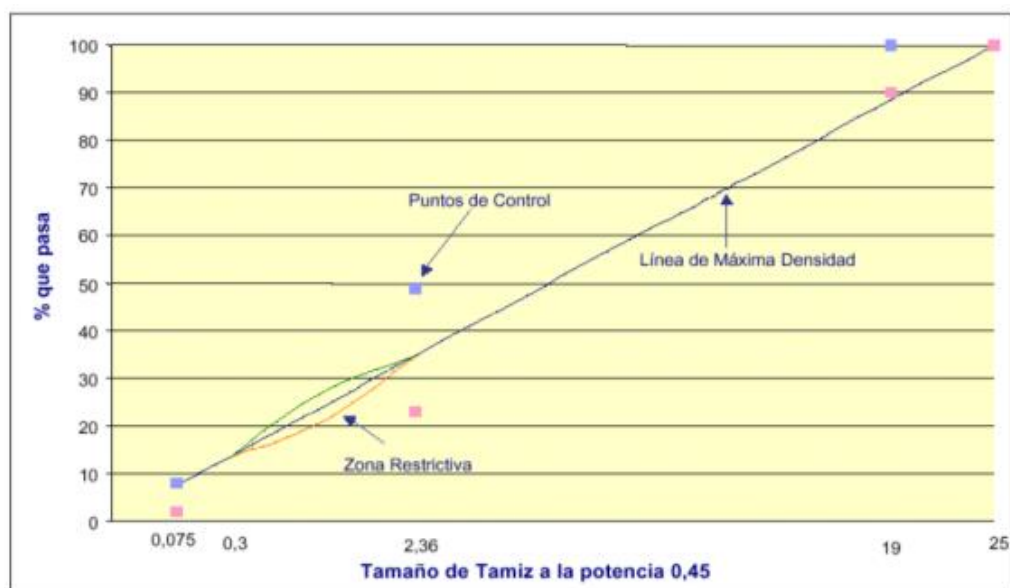
Gradación para mezcla superpave

En las tablas siguientes se especifican las características que deben cumplir las mezclas de agregados para tamaño nominal máximo del agregado de 19 y 25 mm respectivamente.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0				
19,00	100,0	90,0	88,4				
12,50			73,2				
9,50			59,6				
4,75			49,5			*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3		
0,60			18,7	16,7	20,7	*	(4)
0,30			13,7	13,7	13,7	*	(3)
0,15			10,0				
0,075	8,0	2,0	7,3			*	(2)

(*) El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

(**) Desviaciones aceptables (\pm) de los valores de la fórmula



Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
37,5		100,0	100,0				
25,0	100,0	90,0	83,3				
19,00			73,6				
12,50			61,0				
9,50			53,9			*	(6)
4,75			39,5	39,5	39,5	*	(6)
2,36	45,0	19,0	28,8	26,8	30,8		
1,18			21,1	18,1	24,1	*	(4)
0,60			15,6	13,6	17,6	*	(3)
0,30			11,4	11,4	11,4		
0,15	7,0	1,0	8,3			*	(2)
0,075			6,1				

(*) El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

(**) Desviaciones aceptables (\pm) de los valores de la fórmula

Filler o polvo mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASHTO M-303.

La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

Cemento asfáltico

El Cemento Asfáltico deberá cumplir con los equivalentes al PG (Grado de Comportamiento-AASHTO M-320) especificados en la Tabla 423-13, Tabla 423-14 y Tabla 423-15 de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción del Manual de Carreteras, basados en el clima y temperatura de la zona.

Fuentes de provisión o canteras

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la recuperación ambiental de las áreas afectadas. Al concluirse los trabajos en las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, así como de la recuperación ambiental de las áreas afectadas de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

Adicionalmente el Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

Equipo

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requerirán la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta constará de una trituradora primaria y una secundaria, obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

Planta de asfalto

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas se aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; este sistema estará provisto de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que advierta cuando el nivel de la tolva baje, proporcionando el peso o volumen de material establecido y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones suministradas.

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del cemento asfáltico con elementos metálicos de la caldera

que estén a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del cemento asfáltico a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del cemento asfáltico, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación.

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación de aditivos, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al 0,5%. Los dispositivos de dosificación del filler y cemento asfáltico tendrán, como mínimo, una sensibilidad de 0,5 kg. El cemento asfáltico deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador del cemento asfáltico deberá disponer de instrumentos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el filler mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la distribución homogénea del asfalto y que ésta se efectúe de manera que no exista ningún riesgo de contacto con el fuego, ni de someter al cemento asfáltico a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos.

Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

En la planta mezcladora y en los lugares de posibles incendios, es necesario que se cuente con un extintor de fácil acceso y uso del personal debidamente entrenado en la obra.

Antes de la instalación de la planta mezcladora, el Contratista deberá solicitar a las autoridades correspondientes, los permisos de localización, concesión de aguas, disposición de sólidos,

funcionamiento para emisiones atmosféricas, vertimiento de aguas y permiso por escrito al dueño o representante legal del terreno.

Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que, durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello. Para carreteras con volúmenes de tráfico superiores a 4.000 vehículos/día o que se ubiquen en zonas climáticas desfavorables (bajas temperaturas), se verterá la mezcla desde la tolva del volquete a un vehículo de transferencia de material y desde allí a la pavimentadora.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, los cuales deben estar debidamente asegurados, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

Equipo para el esparcido de la mezcla

La extensión y terminación de las mezclas densas en caliente, se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La pavimentadora poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

Estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. El mecanismo de accionamiento de los transportadores de cadena no deberá producir segregación física central.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño, que deberá ser verificada por el Supervisor. Tanto la plancha como las extensiones deberán contar con sistema de calentamiento uniforme.

Deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

Se evitará todo tipo de derrames durante la descarga de la mezcla a la tolva, a la vez de procurar una pavimentación continua y manteniendo una velocidad constante de la pavimentadora.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables durante la construcción, el Supervisor exigirá su cambio.

Cuando la mezcla se prepare en planta portátil, la misma planta realizará su extensión sobre la superficie.

Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor. Para Vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen a los denominados tipos tándem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem.

En el caso de compactación de mezclas porosas, se empleará compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, aprobados por el Supervisor.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni desplazamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

FORMA DE MEDICIÓN

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado con la aprobación del Supervisor, de acuerdo a lo exigido en la especificación respectiva.

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y el espesor especificado en los planos aprobados.

No se medirá ninguna área por fuera de tales límites.

PAGOS

El pago se hará al respectivo precio unitario del presupuesto, por metro cúbico (m3), para toda la obra ejecutada de acuerdo al proyecto, las presentes especificaciones y aprobada por el Supervisor.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE (MAC1)	% de Avance

JUNTAS DE CONTROL

DESCRIPCIÓN

Comprende la construcción de juntas para el control de fisuras y temperatura. Las juntas se realizarán transversal y longitudinalmente de acuerdo a los planos.

EJECUCIÓN

Se realizará mediante un aserrado de 3 mm de ancho y 0.02 m de profundidad. Se protegerá con un sellante elástico de poliuretano.

UNIDAD DE MEDICIÓN

La unidad de medición será el metro lineal (m) ejecutado.

PAGOS

La cantidad de metros lineales ejecutados se pagará al precio unitario del contrato; este precio y pago constituirá compensación total por todos los materiales, herramientas, equipos y completa ejecución de los trabajos de acuerdo a lo especificado.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
JUNTAS DE CONTROL	% de Avance

ANEXO 03.5: VARIOS

GEOCOMPUESTO DE DRENAJE

DESCRIPCIÓN

Este trabajo consistirá en la provisión y colocación de un geocompuesto para el drenaje de aguas subsuperficial, cuyo núcleo drenante es formado por una geomanta tridimensional precomprimida con un 95% de vacíos, fabricada con filamentos de polipropileno y termosoldada entre dos geotextiles no tejidos de poliéster en todos los puntos de contacto.

Caudal

ASTM D 4716	Drenaje vertical	
Gradiente hidráulico	i = 1.00	
Presión	l/s.m	
10 kPa	2.84	l/h.m
20 kPa	2.17	10224
50 kPa	1.35	7848
100 kPa	0.41	4860
200 kPa	0.13	1512

Propiedades Hidráulicas

Propiedad	Unidad	Norma	Valor
Abertura de filtración	mm	AFNOR G 38017	0,30
Permisividad	s ⁻¹	ASTM D 4491	3,2
Permeabilidad	cm/s	ASTM D 4491	0,45

Propiedades Mecánicas

Propiedad	Unidad	Norma	Geocompuesto		Geotextil	
			Dirección longitudinal	Dirección transversal	Dirección longitudinal	Dirección transversal
Resistencia a la tracción	KN/m	ABNT NBR 12824 ASTM D 4595	14,0	8,0	4,5	2,0
Deformación a la rotura	%	ABNT NBR 12824 ASTM D 4595	30,0	30,0	30,0	30,0
Punzonamiento	N	ABNT NBR 13359 ASTM D 4833	---		156	

Características Físicas

Características Físicas			Geocompuesto	Geotextil
Espesor	mm	ABNT NBR 12569 ASTM D 5199	11.0	0.7
Gramaje	g/m ²	ABNT NBR 12563 ASTM D 5261	700	100

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Será de responsabilidad del Contratista, la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las veinticuatro (24) horas del día.

Los trabajos se efectuarán de acuerdo a lo siguiente:

El geocompuesto de drenaje será colocado en el sentido que se indican en los planos. Los métodos de fijación del geocompuesto de drenaje pueden ser a través de pines o con pegamento.

Colocación de la tubería perforada de PVC de 200mm de diámetro, su conexión con el geodren y la instalación de la tubería de descarga.

El geocompuesto de drenaje debe colocarse con sus núcleos centrales pegados unos con otros. Se debe traslapar una longitud de unos 200 mm de geocompuesto con el rollo adyacente.

No es necesario el tratamiento de juntas.

Los rollos deben almacenarse con su cubierta de plástico y depositarse sobre una superficie plana no debiendo colocar más de tres rollos uno encima de otro para evitar que estos se deformen.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La unidad de medida del geocompuesto será el metro cuadrado (m²), aproximado al décimo de metro cuadrado, de geocompuesto realmente suministrado y colocado en obra, sin considerar los traslapes, debidamente aceptado por el Supervisor. Incluye instalación de tubería perforada de PVC de 200 mm de diámetro.

Las cantidades aceptadas, medidas de la forma descrita anteriormente, serán pagadas al precio unitario de la partida del contrato.

Dicho precio y pago constituye compensación total por la adquisición, suministro, traslado e instalación del geocompuesto; asimismo, también incluye toda mano de obra, beneficios

sociales, materiales, equipos, herramientas e imprevistos necesarios para la culminación de la partida a entera satisfacción del Supervisor

PAGOS

El pago será efectuado según la medida especificada en este documento y por el precio unitario contratado.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
515. GEOCOMPUESTO DE DRENAJE	% de Avance

TUBO PVC ø 3" PARA DRENAJE
TUBO PVC ø 4" PARA DRENAJE
TUBO DREN PVC ø 6"
TUBO DREN PVC ø 8"

DESCRIPCIÓN

Son elementos destinados a evacuar, rápidamente, el agua de la superficie de la losa del puente y de los estribos, a fin de evitar el deterioro de la misma y de crear condiciones inseguras para el tráfico vehicular.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Los tubos se colocarán en las ubicaciones indicadas en planos, antes del vaciado de la losa del tablero y losa de aproximación, asegurándolas a las armaduras longitudinales y a los encofrados de la misma.

En el encofrado del fondo de losa y cara lateral del estribo, se hará el recorte preciso para que pase el tubo. En la parte superior, se recortará el tubo de forma tal que al vaciar el concreto, éste quede a ras.

MÉTODO DE MEDICIÓN

El metrado se hará por los metros lineales (m) con aproximación al décimo, de tubos de drenaje, colocados y aceptados por el Supervisor.

PAGOS

La cantidad de unidades de tubos de drenaje, será pagada al precio unitario establecido en el Presupuesto del contrato, que incluirá toda mano de Obra, materiales, equipos y herramientas, utilizados para la correcta ejecución de esta partida.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
624.A TUBO PVC ø 3" PARA DRENAJE	% de Avance
624.B TUBO PVC ø 4" PARA DRENAJE	% de Avance
624.C TUBO DREN PVC ø 6"	% de Avance
624.D TUBO DREN PVC ø 8"	% de Avance

PINTURA BITUMINOSA

DESCRIPCIÓN

Se incluye en este artículo la impermeabilización de las siguientes partes de la obra: Todos los trasdoses de muros, estribos, aletas y en general, todas las caras verticales y horizontales en contacto con el terreno.

MATERIALES

Para la impermeabilización se empleará una pintura bituminosa que tenga garantizada su utilidad, y que obtenga la aprobación previa del Supervisor, pudiéndose utilizar un imprimante asfáltico de alto poder adhesivo; después del secado de este producto se aplicará una pintura asfáltica que contenga productos adhesivos y plastificantes que no sean emulsión ni contengan alquitranes.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Limpiar con cepillo u otras herramientas adicionales la superficie a proteger de modo de obtener una superficie limpia de grasas, polvo u otros materiales extraños dejándola limpia y seca.

La pintura se aplicará con brocha o rodillo, en dos capas de no menos de cuatro décimas de milímetro de espesor (0,4 mm), cada una. Se evitará su aplicación cuando la temperatura ambiente sea inferior a cinco (5) grados centígrados. El intervalo entre la aplicación de cada capa dependerá de la temperatura ambiente, con un mínimo de dos días. De acuerdo con las recomendaciones del fabricante, puede ser necesaria la aplicación de una capa de imprimación, utilizando el mismo producto diluido en agua.

Deberá utilizarse protección contra la lluvia durante las cuarenta y ocho (48) horas siguientes al extendido final.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medida para el pago será la cantidad de metros cuadrados (m²) correspondientes al área de la superficie debidamente pintada y aceptada por el Ingeniero Supervisor.

PAGOS

La cantidad de metros cuadrados pintados se pagará al precio unitario por metro cuadrado (m²) de “Pintura Bituminosa” del contrato y este precio y pago constituirá compensación total por todos los materiales, herramientas, equipos y completa ejecución de los trabajos de acuerdo a lo especificado.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
650. PINTURA BITUMINOSA	% de Avance

BARANDA METÁLICA

DESCRIPCIÓN

Este trabajo comprende la construcción y colocación de barandas metálicas a lo largo de los puentes y estribos de acuerdo con estas especificaciones y a los planos del proyecto correspondientes.

Los detalles de forma, soldadura, dimensiones, espaciamientos y anclajes se encuentran establecidos en los planos correspondientes.

MATERIALES

Los elementos estarán de acuerdo a las normas ASTM A709 GRADO 36, Fy=345 Mpa

Los pernos de anclaje serán ASTM F1554 GRADO 55KSI o GRADO 60, según indican los planos.

Soldadura electrodos AWS E7018

Los materiales serán entregados en obra en su confección original, sellados y etiquetados por el fabricante. Las etiquetas indicarán el nombre y el tipo de la pintura, detallarán sus diferentes componentes y darán las instrucciones para su reducción. En lo posible, todos los materiales serán suministrados por un solo fabricante y serán de producción nacional.

Los materiales para el pintado de las barandas son los siguientes:

La primera capa es una pintura bicomponente a base de zinc inorgánico. El contenido de Zinc será de 80% en película seca como mínimo.

La segunda capa es una pintura bicomponente a base de epóxico. El contenido de sólidos será de 80% de sólidos en volumen como mínimo.

La tercera capa es una pintura bicomponente a base de poliuretano – alifático, con gran retención de color y brillo, con excelentes propiedades de resistencia a la radiación UV, resistencia a la abrasión, corrosión y agentes químicos. El contenido de sólidos será de 70% de sólidos en volumen como mínimo.

Características físicas y químicas de las Pinturas

Las características más importantes de las pinturas de poliuretano son las siguientes:

Curado en condiciones de alta humedad.

Anticorrosivo e Inhibidor de óxido.

Resistente a la corrosión en ambientes marinos y severos.

Puede ser aplicado sobre superficies con arenado o limpieza mecánica.

Excelente retención de color y brillo, típico de uretanos alifáticos.

Puede ser aplicado con equipo Airless.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

El Contratista deberá someter a aprobación del Supervisor los planos de fabricación de las barandas, por lo menos con quince (15) días de anticipación antes del suministro a la obra. El Supervisor exigirá la certificación de los materiales a ser usados y certificados de pruebas de la junta, que demuestren su funcionalidad y durabilidad.

El procedimiento de pintado será el siguiente:

Arenado al metal blanco tipo SSPC-SP5. Alternativamente podrá utilizarse el Arenado con escoria o Granallado. La limpieza deberá dejar todas las superficies con una textura de adherencia y uniforme no inferior a 0.025 y 0.038 milímetros (1 y 1 ½ milésimas de pulgada).

Una vez terminado el arenado se procederá al pintado el mismo día en que se realizó la limpieza. Si las superficies tratadas se oxidan o están contaminadas con materias extrañas antes de realizar la pintura, se deberán volver a limpiar bajo responsabilidad del Contratista.

Para el proceso de pintura se utilizarán sistemas Airless. El Contratista deberá previamente verificar que el equipo se encuentre totalmente operativo y eficiente (mangueras, bombas, boquillas). Solamente se podrá utilizar brocha o rodillo para el pintado de retoques, repasos y resanes.

Previa limpieza final con aire, se inicia con la aplicación de la primera capa de pintura bicomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 3.0 mils. La aplicación deberá hacerse con equipo aprobado por el Supervisor.

Para cada elemento que recibió la primera capa y dentro de las 6 horas posteriores como mínimo, se aplicará la segunda capa de pintura epoxica bicomponente de un espesor de la película protectora seca igual a 4.0 mils.

Para cada elemento que recibió la segunda capa y dentro de las 6 horas posteriores, se aplicará la tercera capa de pintura poliuretano superficial bicomponente con un espesor de la película protectora seca igual a 3.0 mils.

Posteriormente a la colocación de cada capa de pintura, el Contratista deberá controlar y verificar conjuntamente con el Supervisor el espesor de pintura colocado con instrumentos adecuados (calibrador de espesores).

Además de lo indicado anteriormente, todas las pinturas se deberán aplicar de acuerdo con las especificaciones e instrucciones del proveedor de pintura, el cual deberá coordinar y asesorar al Contratista antes y durante los procesos de limpieza y pintado. La calidad de la pintura debe ser tal que garantice una duración de 20 años después de su aplicación a la estructura metálica.

Deberá tenerse cuidado de que las superficies terminadas sean rectas y carezcan de torceduras.

Se emplearán métodos seguros al ubicar las barandas en su lugar, para mantenerlas en una posición correcta durante su colocación, conservando el lineamiento indicado en los planos.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos

Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista

Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista

Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

Medir las cantidades de trabajo ejecutado por el Contratista de acuerdo con la presente especificación.

MÉTODO DE MEDICION

La unidad de medida será el metro lineal (m) de baranda metálica fabricada, transportada a obra, instalada, pintada y aceptada por el Supervisor.

PAGOS

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario del contrato para la partida BARANDA METÁLICA.

Dicho precio y pago constituye compensación total por el suministro, instalación, elementos de fijación, pintura y toda mano de obra requerida, beneficios sociales, materiales, herramientas e imprevistos necesarios para completar el trabajo a entera satisfacción del Supervisor.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
690.A BARANDA METÁLICA	% de Avance

APOYO DE NEOPRENO TIPO 1 NEOPRENO PARA TOPE SÍSMICO TIPO 2

DESCRIPCIÓN

Esta partida consistirá en el suministro y colocación de planchas de neopreno vulcanizadas con planchas de acero estructural, según se indica en los planos.

Las planchas de acero tendrán un esfuerzo de rotura no menor a 4000 kg/cm² y un esfuerzo de fluencia no menos que 2500 kg/cm².

Las dimensiones de los apoyos son las siguientes:

DESCRIPCIÓN	UND	φ (mm)	L (mm)	A (mm)	H (mm)
APARATOS DE APOYO	4	500			244
TOPES SÍSMICO	4		300	300	30

MATERIALES

Apoyos de neopreno Tipo D500 B550 ALGA SYSTEM o similar, que cumpla con lo siguiente:

Las planchas de acero tendrán un esfuerzo de rotura no menor a 4000 kg/cm² y un esfuerzo de fluencia no menos que 2500 kg/cm².

PROPIEDADES NEOPRENO	
Ø=500mm	DIAMETRO APARATO DE APOYO
Tr=100mm	ESPESOR DE GOMA
H=244mm	ALTURA TOTAL DE APOYO
G=0.80Mpa	MODULO DE DEFORMACIÓN DEL ELASTÓMERO
ξ=10%	AMORTIGUAMIENTO

Topes sísmicos de Neopreno

Se usará Neopreno 100% puro, el cual deberá llenar los requisitos mínimos de la tabla siguiente:

ESTÁNDAR DE ASTM	PROPIEDADES FISICAS	DUREZA NOMINAL
		60
D224 O D412	Dureza	60 \pm 5
	Resistencia a tracción (kg/cm ²)	175
	Elongación última mín. en %	350
	Resistencia al calor	
D573 70 horas a 100°C	Cambio de dureza	15
	Cambio en resistencia tracción máx. en %	-15
	Cambio en elongación último máx. en %	-40
	Asentamiento en compresión	
D395 Método B	22 horas a 100°C máximo en %	35
	Prueba de baja temperatura	No debe fallar
D746 Procedimiento B	Fragilidad – 40°C	
	Adhesión	
	Adherencia efectuada durante la vulcanización kg/cm ²	714

Las planchas de acero tendrán un esfuerzo de rotura no menor a 4000 kg/cm² y un esfuerzo de fluencia no menos que 2500 kg/cm².

FORMA DE MEDICIÓN

La medición de esta partida se hará por unidad (Und) de apoyo, suministrada, colocada y aceptada por el Supervisor.

PAGOS

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario del contrato para las partidas siguientes:

ÍTEM DE PAGO	PAGO
APOYO DE NEOPRENO TIPO 1	% de Avance
NEOPRENO PARA TOPE SÍSMICO TIPO 2	% de Avance

JUNTA DE DILATACIÓN TIPO TRANSFLEX TR270 O SIMILAR

DESCRIPCIÓN

Esta junta de dilatación tipo transflex o similar consiste en un elemento elástico, de deformación multidireccional, que permite absorber grandes movimientos con notable comodidad al tráfico rodado, sellado eficaz, bajo mantenimiento y de fácil reposición.

Este tipo de juntas son módulos moldeados de caucho reforzado con acero, que facilitan el tránsito suave entre dos superficies situadas en el mismo plano, pero independientes, absorbiendo movimientos de dilatación o contracción, de traslación y de rotación.

Esta partida consiste en realizar todos los trabajos necesarios para suministrar y colocar este tipo de juntas.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

La junta de dilatación tipo Transflex o similar se suministra en módulos de una determinada longitud y van anclados a ambos lados de la junta estructural. Todos ellos cuentan con la posibilidad de formación de piezas especiales, con el fin de garantizar una continuidad del sellado.

Las dimensiones del sistema se rigen por lo siguiente:

Modelos	Módulo									Perno		
	Recorrido* (mm)	L (mm)	H (mm)	W (mm)	Peso (kg)	CT (mm)	CL (mm)	G (mm)	T (mm)	Mxb (mm)	Øa (mm)	b1 (mm)
TR 270	270 (±135)	1830	73	888	273	798	305	155	146	M-20 x 200	22	50

Siendo:

CT: Distancia transversal entre anclajes

CL: Distancia longitudinal entre anclajes

G: Máxima abertura estructural en el momento de la instalación del dispositivo Transflex

T: Anchura de transición

M: Diámetro del perno

b1: Altura recomendada del perno sobre la cama de mortero

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los materiales que componen el sistema deben cumplir con lo siguiente:

Características del elastómero	Valor	Método del ensayo
Dureza de indentación	65± Shore A	ASTM D2240
Carga de rotura	>160 Kg/cm ²	ASTM D412/NFT46002
Alargamiento de rotura	>425%	ASTM D412/NFT46002
Adherencia caucho-acero	11.8 min N/mm	ASTM D429 Método B
Resistencia a baja temperatura	-30°C	ASTM D1329
Resistencia a ozono	Sin grietas	ASTM D1149 Método B 25 ppcm (48 horas a 38°C)
Deformación remanente	35% def.max	ASTM D395 Método B (424 horas a 70°C)
Envejecimiento térmico	<5 Shore A 15% resistencia a tracción 25% Alargamiento a la rotura	ASTM D573 por aire caliente (70 horas a 70°C)

Componente del metal: Acero Fabricado según ASTM Tipo A572 S355

Lo demás componentes del sistema los define el fabricante, tales como pernos y sellantes.

Además, se debe considerar el Mortero de nivelación (mortero epóxico).

El Contratista deberá presentar la hoja de calidad del fabricante y este debe ser aprobado por el supervisor.

FORMA DE MEDICIÓN

El metrado se hará por metro lineal (m) de junta construida según los planos y aprobados por el Supervisor.

PAGO

Las cantidades medidas de la forma descrita anteriormente y aceptadas por el Supervisor, se pagarán al precio unitario del contrato para la partida siguiente:

ÍTEM DE PAGO	PAGO
JUNTA DE DILATACIÓN TIPO TRANSFLEX TR270 O SIMILAR	% de Avance

**JUNTA SELLANTE ELASTOMÉRICO DE POLIURETANO
JUNTA SELLANTE NO ADHERENTE DE POLIETILENO**

DESCRIPCIÓN

Esta partida refiere a las juntas entre el eje de la viga longitudinal y la barrera New Jersey y el murete de protección.

EJECUCIÓN

Este tipo de juntas se componen de un sellante elastomérico y un sellante no adherente cuyo fin es que se evite el consumo excesivo del sellante elastomérico.

MATERIALES

Sellante no adherente de polietileno

Deberá cumplir las siguientes propiedades:

Densidad ASTM D-1622	:	30-32 kg/m ²
Esfuerzo a la tensión ASTM D-1623	:	3.0-3.5 kg/cm ²
Deflexión a compresión ASTM D-1621	:	0.28 Kg/cm ²
Absorción de agua ASTM C-1016	:	0.02 gr./cc
Estabilidad térmica ASTM D-648	:	-19°C a +100°C
Valor R ASTM C-335-84	:	3.4

Sellante Elástico de Poliuretano

El sellante elástico deberá cumplir las siguientes propiedades:

Densidad	:	1.2 – 1.3 kg/l
Secado all Tacto ASTM C 679	:	8 – 10 horas
Dureza Shore A ASTM D2240	:	25+-5 (después 28 días)
Alargamiento ASTM D-412	:	> 300%
Tracción a la Rotura D-412	:	90 a 100 psi
Módulo elástico 100%	:	> 65 psi
Resistencia al arrancamiento ASTM D 624	:	>40 lbs/pulg

Temperatura ambiente de aplicación recomendada: 5 °C a 40 °C

Temperatura del sellante de aplicación recomendada: 5 °C a 38 °C

FORMA DE MEDICIÓN

El metrado se hará por metro lineal (m) de junta construida según los planos y aprobados por el Supervisor.

PAGOS

La cantidad de metros lineales será pagada al precio unitario establecido en el contrato, que incluirá toda mano de obra, materiales, equipos y herramientas, utilizados para la correcta ejecución de esta partida.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
JUNTA SELLANTE ELASTOMÉRICO DE POLIURETANO	% de Avance
JUNTA SELLANTE NO ADHERENTE DE POLIETILENO	% de Avance

ANEXO 03.6: OBRAS DE ARTE

ALCANTARILLAS

DESCRIPCIÓN

Este trabajo comprende:

Suministro, transporte en obra, almacenamiento, manejo, armado, colocación de los tubos de acero corrugado galvanizado, circulares, para el cruce de aguas superficiales.

Además, comprende el suministro de todas las conexiones o juntas, pernos, accesorios, tuercas y cualquier elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

Comprende también la construcción de la cama de asiento a lo largo de la tubería, las conexiones de éstas a los cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición satisfactoria de los materiales sobrantes.

La tubería tendrá los tamaños, tipos, diseños y dimensiones de acuerdo a los alineamientos, cotas y pendientes indicadas en los planos u ordenadas por el Supervisor.

MATERIALES

Tubería Metálica Corrugada

Se denomina así a las tuberías de gran resistencia estructural formadas por planchas de acero corrugado, galvanizado, unidas con pernos y tuercas. La sección para el proyecto será circular.

Los elementos de la tubería deberán cumplir con lo siguiente:

Las planchas o láminas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones ASTM A 929 / A 929 M-01 y AASHTO M-36 (ASTM A-760).

Galvanizado Planchas: ASTM A-153 (AASHTO M232), ASTM A-123 Y ASTM A-90 (610 gr/m² cantidades totales en ambas caras de la lámina).

Los pernos deberán cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones ASTM A-307 y ASTM A-449.

Las tuercas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-563.

Galvanizado Pernos y Tuercas: ASTM A-153 (AASHTO M232).

Material de Base o Asiento

Se denomina base o asiento al material de reemplazo que estará en contacto con el fondo de la estructura metálica.

Calidad de los Tubos

Certificado de Calidad y Garantía del Fabricante

Antes del inicio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado original de calidad en donde indique el nombre y marca del producto y un análisis típico del mismo para cada clase de tubería y para cada lote de materiales.

Adicionalmente, el Contratista entregará el certificado de garantía estableciendo que todo material cumple con las especificaciones requeridas.

Ningún tubo será aceptado sin previa recepción y aprobación de los certificados mencionados, por parte del Supervisor.

Inspección, Muestreo y Rechazo del Material

El Supervisor deberá inspeccionar el lote de materiales llegados a obra antes de su ensamblaje. Queda a potestad del Supervisor el muestreo del material para la realización de ensayos que acrediten el cumplimiento de las especificaciones, en laboratorio reconocidos y a costo del Contratista. Los ensayos serán de una muestra como máximo por lote de materiales.

Todas aquellas unidades que hayan perdido el galvanizado o en donde el mismo haya sido quemado, serán rechazadas. En el caso de unidades averiadas, éstas serán rechazadas o reparadas, según lo indique y apruebe el Supervisor.

No se podrá ensamblar ningún tubo, con piezas no aceptadas por el Supervisor.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

Preparación de la Base o Asiento del Tubo

Previa a la colocación del material de asiento se deberá verificar que el fondo de la excavación se encuentre perfilado, compactado y libre de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades. No se permitirá la colocación del material de base si los trabajos anteriores no cuentan con la aprobación del Supervisor.

La excavación deberá tener una amplitud de diámetro del tubo con un máximo de sobreebancho de excavación de 0.60 m a cada lado de tubo de la alcantarilla.

Cualquier reemplazo de material por debajo de este nivel; para efectos de mejoramiento, no forma parte del material de base o asiento.

Armado y Colocación de la Tubería

Los tubos metálicos serán armados de preferencia en las cercanías del emplazamiento final, siguiendo las instrucciones de ensamblaje del fabricante.

Una vez ensamblados los tubos serán colocados en su posición mediante equipo de izaje adecuados y con la seguridad del caso. El transporte y manipuleo de la tubería se realizará de manera que no se abollen en ningún caso se permitirá el arrastre sobre el suelo.

La tubería se colocará cuidadosamente sobre el material de base o asiento, siguiendo el alineamiento indicado por dos estacas en línea, cuya colocación será aprobada por el Supervisor; de igual manera, el Supervisor verificará y dará su conformidad a las cotas de cimentación. Al momento de asentar la tubería se deberá verificar que los traslapes transversales se encuentren siempre en la dirección del flujo y que las costuras longitudinales se encuentran a los costados del tubo y por ningún motivo en la base del mismo. Todo tubo mal alineado, indebidamente asentado o dañado en su colocación, será retirado y recolocado o reemplazado sin derecho a compensación alguna.

Para el caso de tubos que soporten grandes rellenos, mayores de 7.50 m o cuando lo indique el Supervisor, se aumentará el diámetro vertical en un cinco por ciento (5%) mediante gatas hidráulicas de manera progresiva de un extremo a otro de la tubería, dicha deformación deberá realizarse antes de colocar el relleno y deberá mantenerse con ayuda de un adecuado apuntalamiento, el cual se retirará cuidadosamente una vez que el relleno se encuentre terminado y consolidado.

Colocación del Relleno Alrededor de la Estructura

La colocación del relleno a los costados de la tubería, se realizará en capas alternadas de 0.15 m, para permitir un buen apisonamiento. El relleno se colocará en forma simétrica conservando siembre la misma altura en ambos lados del tubo.

El relleno deberá compactarse hasta alcanzar una densidad mayor al 95% de la M.D.S. del Proctor Modificado y en el caso de que el relleno se vaya a construir hasta el nivel de subrasante, los 0.30 m superiores del relleno serán compactados a una densidad mínima del 100% de la M.D.S.

El equipo de compactación será mecánico, pudiendo ser: apisonadores mecánicos, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios. La elección del equipo dependerá de las condiciones

existentes en el lugar y deberá evitar que el equipo golpee la estructura. No será aceptable la compactación del relleno por medio de anegación o chorros de agua.

La colocación de alcantarillas deberá ejecutarse cuando los trabajos de explanaciones hayan alcanzado el nivel de subrasante, por consiguiente, el relleno de estructuras alrededor de la tubería deberá alcanzar el mismo nivel. La altura de relleno mínimo desde la clave de la tubería hasta el nivel de subrasante será de 0.45 m.

Protección de la Estructura durante la Construcción

No se deberá permitir la imposición de cargas concentradas fijas o móviles muy superiores a las que soportaría la estructura, por lo que el equipo y vehículos pesados no deberán circular sobre la estructura antes de que la altura de relleno mínima sobre la misma sea de 0.45 m. En caso del paso de equipo muy pesado se deberá proteger la estructura colocando material adicional encima del relleno.

No forman parte del relleno estructural los materiales colocados con el fin de dar protección a la estructura para el mantenimiento del tránsito por lo que no serán reconocidos como tales.

MEDICIÓN

La alcantarilla TMC colocada de la forma descrita, será medida por metro lineal (m).

La medición se realizará cuando la tubería se encuentre instalada en su posición final, terminada y aceptada por el Supervisor.

No deberá medirse ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites indicados en los planos o autorizados por el Supervisor.

No se medirá el material de la cama de asiento, pues se encuentra incluido en el precio unitario de la partida. El transporte del material desde la cantera a la zona de trabajo se medirá tal como se indica en la partida Transporte de material Proveniente de Canteras.

PAGOS

La cantidad de metros (m), será pagada al precio unitario establecido en el contrato, que incluirá toda mano de obra, materiales, equipos y herramientas, utilizados para la correcta ejecución de esta partida.

ÍTEM DE PAGO	PAGO
507. ALCANTARILLA TMC $\phi=36''$	% de Avance

DESCRIPCIÓN

Este Trabajo consiste en el acondicionamiento y el recubrimiento con concreto de las cunetas, entrega de cunetas y entradas a cunetas del proyecto de acuerdo con las formas, dimensiones y en los sitios señalados en los planos o determinados por el Supervisor.

MATERIALES

La mezcla de concreto tendrá, una resistencia a la compresión según indiquen los planos y, su preparación, colocación y curado deberá cumplir con todo lo señalado en el ítem "Concreto de Cemento Portland" de la especificación 503.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

El Contratista podrá elegir el método de trabajo in situ.

Se deberá verificar que la superficie de asiento sea uniforme, esté bien perfilada, compactada con material satisfactorio aprobado por el Supervisor y tenga las dimensiones correspondientes (ver: "Perfilado y compactado para Cuneta")

Los encofrados deberán estar convenientemente asegurados y mantenidos en posición hasta que el concreto haya fraguado. El vaciado del revestimiento de cunetas se realizará en tramos alternados, delimitados por cerchas que definen la sección transversal.

El concreto debe cumplir las especificaciones descritas en la sección 610, tener un slump que permita el vaciado in situ sin considerar encofrado en las caras de las cunetas.

Perfilado y Compactado para Cuneta

Este ítem consistirá en la preparación, acondicionamiento, reposición, perfilado y compactado aprobado por el Supervisor, de la superficie de la base de la sección donde se colocará el revestimiento de la cuneta.

Todas las imperfecciones, depresiones, etc., serán repuestas de acuerdo a los alineamientos del eje y sección transversal correspondiente.

Compactación

En las cunetas triangulares luego del perfilado y acondicionado de la superficie de la cuneta, se procederá a su compactación (95% MDS) mediante el empleo de plancha compactadora según indique el Supervisor.

En las cunetas trapezoidales luego del perfilado y acondicionado de la superficie de la cuneta, logrando una superficie de apoyo estable se procederá a su vaciado in situ del concreto.

Juntas de Construcción y Dilatación de Cuneta y Canales

Las cunetas se construirán en tramos de 3.00 m, salvo en el caso de curvas donde el espaciamiento puede ser menor.

La junta de separación entre un tramo hecho y el que se coloca a continuación, constituirá la junta de construcción (ver planos de detalle). Dicha junta tendrá un ancho de 6 mm y estará constituida básicamente por un sellante elástico de poliuretano y material de respaldo.

Cada 12.00 metros de cunetas construidas, se ubicarán las juntas de dilatación, las cuales tendrán un ancho de 3/8" (10 mm). Este tipo de junta estará constituida básicamente por un sellante elástico de poliuretano, material de respaldo y poliestireno expandido (Tecnopor).

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN

El ancho de junta deberá cumplir con lo especificado en el plano respectivo, según el tipo de junta a ejecutar.

La junta deberá estar exenta de polvos y material suelto; el concreto debe estar fraguado y presentar una superficie rugosa. Es conveniente eliminar la lechada superficial mediante un escobillado.

El espacio en donde no se colocará el sellante elástico se rellenará con poliestireno expandido (Tecnopor) de la manera dispuesta en los planos.

Colocar el material de respaldo o fondo de junta (cordón de polietileno extruido) donde el diámetro del cordón debe ser 25% mayor al ancho de la junta para garantizar que al ser insertado quede bien presionado a las paredes de la junta. Al introducir el cordón debe quedar la profundidad para el sellante indicado según el diseño de la junta.

Imprimir los bordes de la junta con un pincel o brocha para mejorar la adherencia entre el sellante y el concreto y otorgarle mayor resistencia a la abrasión y esperar entre 15 a 20 minutos (secado al tacto) para aplicar el sellante.

Aplicar el sellante elástico con pistola manual o a presión de aire, evitando la acumulación de aire (se utilizará la boquilla que se anexa al cartucho, la cual se cortará en el sector que coincida con el ancho de la junta. Se aplicará con un cierto ángulo de la boquilla respecto a la superficie de la junta y manteniendo constante la profundidad de la punta de la boquilla, para evitar introducir burbujas de aire).

El acabado de la junta se realizará con una espátula curva o herramienta similar. Para evitar la adherencia entre la herramienta y el sellante y obtener una superficie lisa, se recomienda remojar la herramienta en agua con detergente.

Estas especificaciones se complementan con las indicadas por el fabricante.

MEDICIÓN

Este trabajo será medido por metro lineal (m) de cuneta terminada incluyendo las entradas y entregas, debidamente aprobada por el Supervisor.

PAGOS

La cantidad determinada según el método de medición antes descrito, se pagará al precio unitario de la partida Cuneta del contrato dependiendo de su dimensión.

Dicho precio y pago constituye compensación total por toda la excavación adicional al trabajo de excavación en explanaciones, perfilado y compactado de la zona, concreto, transporte del concreto desde el centro de proceso al punto de aplicación, encofrado y desencofrado, curado, junta de construcción y dilatación, aserrado, conformación de áreas de apoyo que fueran necesarios para el buen asentamiento y respaldo de la cuneta y toda mano de obra, beneficios sociales, equipos, materiales, herramientas e imprevistos necesarios para completar la partida a entera satisfacción de la Supervisión.

ITEM DE PAGO	PAGO
CUNETAS TRIANGULARES	% de Avance
CUNETAS TRIANGULARES CON TAPA	% de Avance

REVESTIMIENTO DE PIEDRA EMBOQUILLADA (F'C=175KG/CM2 +PM)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el recubrimiento de superficies con mampostería de piedra, para protegerlas contra la erosión y socavación, de acuerdo con lo indicado en los planos y/o lo ordenado por el Supervisor.

MATERIALES

Piedra

Las piedras a utilizar deberán tener dimensiones tales, que la mayor dimensión sea inferior al espesor del emboquillado en cinco (5) centímetros. Se recomienda no emplear piedras con forma y texturas que no favorezcan una buena adherencia con el concreto, tales como piedras redondeadas o cantos rodados sin fragmentar. No se utilizarán piedras intemperizadas ni piedras frágiles. De preferencia las piedras deberán ser de forma prismática, tener una cara plana como mínimo, la cual será colocada en el lado del emboquillado.

Tamaño máximo de piedra (m)
0.15

Las piedras que se utilicen deberán estar limpias y exentas de costras. Si sus superficies tienen cualquier materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán. Serán rechazadas si tienen grasas, aceites y/o si las materias extrañas no son removidas.

Las piedras a emplearse pueden ser seleccionadas de tres (3) fuentes, previa autorización del Supervisor:

Canteras

Cortes y excavaciones para explanaciones y obras de arte

Voladura de roca para explanaciones y obras de arte.

Concreto

Debe cumplir con lo indicado en la especificación técnica 503 Concreto, para una resistencia mínima de $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$.

MÉTODO DE EJECUCIÓN

La mampostería se construirá según lo indicado en los planos del proyecto, en su ubicación, dimensionamiento y demás características. Cualquier modificación deberá ser aprobada por el Supervisor.

Preparación de la Superficie

Para los fines de este proyecto, la mampostería de piedra irá debajo de una masa de concreto especificado en los planos del proyecto. Solo bastará con limpiar dicha superficie.

Colocación de Piedras

Antes de asentar la piedra, ésta deberá humedecerse, lo mismo que la superficie de apoyo o plantilla y las piedras sobre las que se coloque concreto. Las piedras se colocarán de manera de obtener el mejor amarre posible, sobre una cama de mortero de 5 cm de espesor, acomodándolas a manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las piedras contiguas. Las piedras deberán colocarse de manera que la mejor cara (plana) sea colocada en el lado visible del emboquillado. Las piedras se asentarán teniendo cuidado de no aflojar las ya colocadas.

Las juntas entre piedras se llenarán completamente con el mismo concreto que la base. Antes del endurecimiento del concreto, se deberá enrasar la superficie del emboquillado.

En caso de que una piedra se afloje o quede mal asentada o se abra una de las juntas, dicha piedra será retirada, así como el concreto del lecho y las juntas, volviendo a asentar con concreto nuevo, humedeciendo el sitio del asiento.

Control de Trabajos

Para dar por terminado la construcción del emboquillado se verificará el alineamiento, taludes, elevación, espesor y acabado, de acuerdo a lo fijado en los planos y/o lo ordenado por la Supervisión, dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

Espesor del emboquillado	+4 cm
Coronamiento al nivel de enrase	+3 cm
Salientes aisladas en caras visibles con respecto a la sección del proyecto	+4 cm
Salientes aisladas en caras no visibles con Respecto a la sección del proyecto	+10 cm
Variación planialtimétrica (desplome) con respecto al proyecto	1:200

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Contratista.

Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.

Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad y mantenimiento de tránsito.

Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

MEDICIÓN

La unidad de medida para los trabajos de emboquillado, aprobados por el supervisor, será el metro cuadrado (m²), para el espesor indicado en los planos.

PAGOS

ÍTEM DE PAGO	PAGO
REVESTIMIENTO DE PIEDRA EMBOQUILLADA (F'C=175KG/CM ² +P.M)	% de Avance

ANEXO 04: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es realizar “La Evaluación de Impacto Ambiental del proyecto, Elaboración del Expediente Técnico del Puente Laquipampa, Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque”.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer la Matriz de Identificación de Impactos.

Descripción del proyecto y sus características

Medidas de Mitigación.

Antecedentes:

Expediente Técnico del puente Puchaca, en el distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque.

Esta tesis también cuenta con una evaluación de impacto ambiental. La zona de estudio se ubica en Puchaca (20 min en carro desde la zona en estudio),

Objetivos de la evaluación de Impacto Ambiental:

- Justificar la categoría del Estudio de Impacto Ambiental.
- Describir de forma detallada las fases y actividades del proyecto.
- Delimitar el área de influencia del proyecto (entorno) por factor ambiental y social.
- Describir el entorno existente en el área del proyecto, factores físico-químicos, biológicos ecológicos y socioeconómicos-culturales.
- Identificar los impactos ambientales del proyecto por factor ambiental.

- Elaborar un Plan de Manejo Ambiental conciso, manejable y ejecutable; en el cual se desarrolle los diferentes planes y el Programa de Seguimiento, Vigilancia y Control Ambiental para todas las etapas del proyecto.
- Elaborar un Plan de Participación Ciudadana.
- Realizar la Evaluación Global Ambiental del proyecto.
- Identificar Áreas Protegidas, sí existen.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones ambientales del proyecto.

Marco Legal:

Los lineamientos legales que regirán nuestra evaluación de impacto ambiental a lo largo de su desarrollo es toda la normativa vigente peruana. Se menciona el compendio de normatividad en el Perú:

COMPENDIO 01 MARCO NORMATIVO GENERAL

COMPENDIO 02 INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL

COMPENDIO 03 GESTION AMBIENTAL

COMPENDIO 04 APROVECHAMIENTO DE RRNN

COMPENDIO 05 CALIDAD AMBIENTAL

COMPENDIO 06 LEGISLACION AMBIENTAL SECTORIAL

COMPENDIO 07 DEFENSA DE LOS DERECHOS AMBIENTALES

COMPENDIO 08 EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL

COMPENDIO 09 AREAS NATURALES PROTEGIDAS

Fuente: <http://www.minam.gob.pe/legislaciones/minam-publica-compendio-de-legislacion-ambiental-peruana/>

Descripción General de la línea base:

Aspectos Físicos:

Superficie, Ubicación y Accesibilidad:



Figura 72: Ubicación distrito de Incahuasi

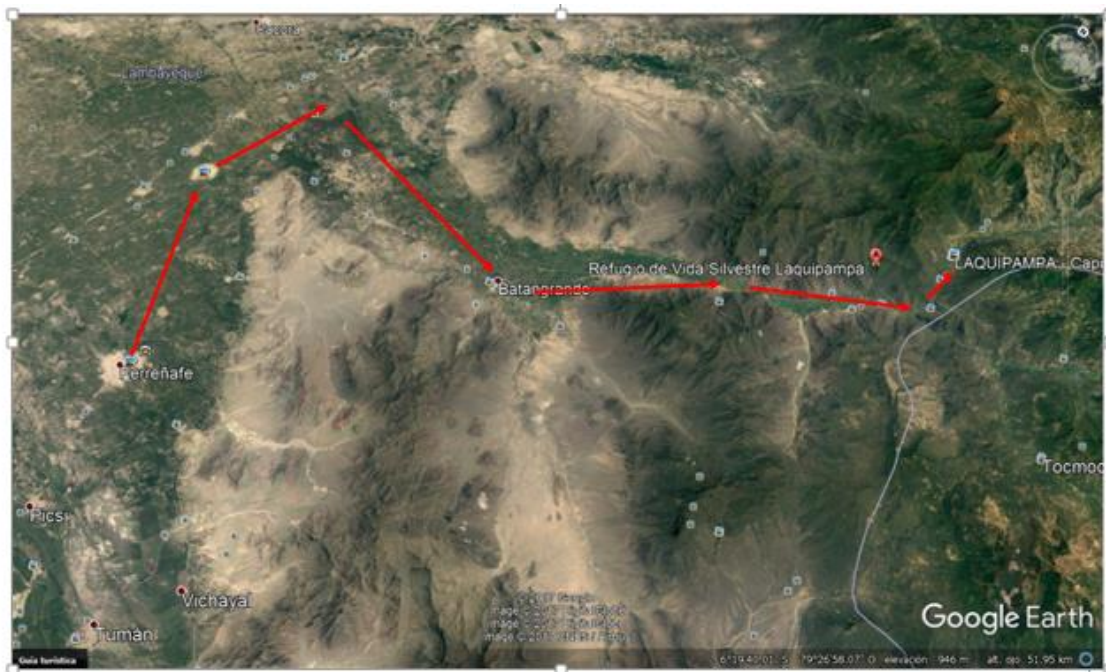


Figura 73: Vista satelital de la ruta Ferreñafe – Laquipampa

Clima:

Clima Cálido Tropical, con temperaturas promedio entre los 30°C.

Hidrología:

Se conoce que el punto de ubicación de la zona en estudio pertenece a la Cuenca del Río La Leche.

Aspectos Socioeconómicos:

CASERIOS DISTRITO INCAHUASI		
Amusuy	Macaykaq	Saka
Andamarca	Mal Paso	San Luis
Atumpampa	Maraywaka	Señor de la Humildad
Atumpuquio	Montecarlo	Shankapampa
Ayamachay	Moyán	Shurchapitij
Callima	Oxapampa	Sinchiwal
Canchachala	Pampa Grande	Susupampa
Cruz Loma	Payga Sirka	Tambuni
Cueva Blanca	Piedra Colorada	Tasaquira
Cumbe Aura	Piedra Parada	Tayapampa
Huayrul	Playa	Tоторa
Janque	Puchaca	Totoras
Kunkacha	Quitiquiru	Tuluqpampa
La Tranca	Qutrapampa	Tungula
Lanchipampa	Riopampa	Uyshahuasi
Laquipampa	Romero	Uyurpampa
Llá mica	Rumichaka	Warwar
Wasikaq	Pagay puente	Palayón

Figura 74: Lista de caseríos del distrito de Incahuasi

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA:

DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Depósitos Aluviales

Son producto de la meteorización y erosión de los afloramientos y/o depósitos antiguos que han sido trasladados constantemente por la corriente del río Zaña, en las partes más bajas forma terrazas.

La mayoría de estos depósitos son utilizados como campos de cultivo.

Construidas por gravas arenosas y gravas arena – limosas mal graduadas de baja plasticidad, con fragmentos redondeados a subredondeados de bloques, bolones (canto rodado) y clastos en matriz arenosa.

Depósitos Coluviales

Es producto de la meteorización mayormente física, resultante principalmente de la gravedad y por intemperización de las rocas.

Está constituido por fragmentos rocosos en las laderas de los cerros.

Depósitos Pluviales

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y arena a manera de conos defectivos en su trayecto.

Constituidos por gravas arena limosas y grava limo arcillosas de baja plasticidad.

Unidad de Valles

Los nacientes de estas unidades tienen lugar en las partes altas, en su desarrollo sobre las otras unidades reales adyacentes forma superficies relacionadas a procesos de denudación fluvial y aluvial. Predominando en la actualidad la acción fluvial.

Unidad en Quebradas

Esta unidad es una superficie de erosión que se reemplaza en las laderas de las unidades o morfologías de mayor extensión son por lo general unidades activas de extensión limitada, que en su desarrollo ocasionalmente producen erosión lateral de acuerdo al emplazamiento y ubicación del trazo.

El medio natural incluye los factores como:

ATMÓSFERA:

- Sub factores: Gases
- Partículas

- Microclima
- Ruidos
- Calidad del Aire

SUELO:

- Sub factores: Calidad del Suelo
- Erosión
- Relieve
- Estabilidad de Taludes

AGUA:

- Sub factores: Agua Superficial
- Agua Sub suelo
- Interrupción

FLORA:

- Sub factores: Cobertura Vegetal
- Productividad
- Biomasa
- Estabilidad del Ecosistema

FAUNA:

- Sub factores: Diversidad
- Biomasa
- Destrucción Directa del Hábitat

- Estabilidad del Ecosistema
- Especies en Peligro

PERCEPCION:

- Sub factores: Paisaje Natural
- Denudación de Superficie

MEDIO SOCIO ECONÓMICO

El medio Socio Económico incluye los factores como:

Población de pobreza en su mayoría. Según INDECI en promedio 90% de la población padece de pobreza. La población proyectada desde de: 14320 Habitantes la cual se distribuye entre los siguientes y otros caseríos:

USO DEL TERRITORIO:

Sub factores: Cambio de Uso del Suelo

Conservación y Protección del Medio

Zona agrícola

INFRAESTRUCTURA

Sub factores: Disponibilidad del Área

Accesibilidad

Red de Servicios de Transportes y Comunicaciones

Vía acondicionada

Obras de arte

HUMANOS

Sub factores: Salud y Seguridad

Calidad de Vida

Servicio de Transporte

ECONOMIA Y POBLACION

Sub factores: Cambio del Valor del Suelo

Empleo Estacional

Movimientos Migratorios

Economía Local

Comercialización de Productos

Relaciones Sociales

CULTURAL

Sub factores: Paisagista escénico

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

FACTORES AMBIENTES SENSIBLES A IMPACTO

Para la identificación y evaluación de impactos es necesario interrelacionar las acciones del proyecto con los factores ambientales existentes. Por lo tanto, se deben determinar los factores ambientales relacionados con los sistemas de agua potable y alcantarillado, así como las acciones que van a afectar estos factores, las interacciones posibles que existen entre ambos son finalmente los impactos.

En el presente Capítulo, se procede a identificar y evaluar los potenciales impactos ambientales físicos, bióticos, sociales y culturales- que se prevé se presentarán durante la ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO DEL PUENTE LAQUIPAMPA, DISTRITO DE INCAHUASI, PROVINCIA DE FERREÑAFE, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE, a fin de estimar la magnitud e importancia de cada uno de ellos, y, definir las medidas y diseños necesarios para su control, prevención y mitigación.

Tres componentes contemplan esta fase del EsIA:

- Identificación de impactos ambientales potenciales
- Valoración, calificación y jerarquización de impactos ambientales
- Descripción y caracterización de impactos ambientales

Esta fase de la evaluación permite:

- (1) Determinar la magnitud e importancia de los impactos.
- (2) Determinar los tipos de impacto ambiental, positivos y negativos

Subsistema	Medio	Factores Ambientales	Sub-Factores
Biológico	Biótico	Vegetación	Unidades de vegetación
		Fauna	Número de individuos
Físico	Inerte	Aire	Contaminación del aire
			Olores
			Ruido
		Agua	Calidad del agua
			Cantidad de agua (caudal ecológico)
		Suelo	Calidad del suelo
	Generación de residuos sólidos		
Perceptual	Paisaje	Calidad del paisaje	
Socio	Social	Aceptabilidad	Cobertura de servicios básicos
			Uso eficiente del recurso hídrico
	Económico	Empleo	Mercado laboral
	Salud	Salud humana	Incidencia de enfermedades
			Salud de los usuarios
		Salud de los trabajadores	

Figura 75: Determinación de factores ambientales

ACTIVIDADES POTENCIALMENTE IMPACTANTES DEL PROYECTO

En la metodología a aplicar se tendrá como base un ordenamiento cronológico de las diversas actividades que se realizarán en el Proyecto, de acuerdo a la interrelación existente entre ellas, quedando definidas las etapas de: planificación, construcción, operación y abandono.

La etapa de planificación no será abordada en detalle por no constituir una fuente de impactos significativos para el medio ambiente del área de influencia. Debido a que el proyecto busca proveer un servicio de largo plazo y sostenible en el tiempo, igualmente no se contemplará la etapa de abandono.

Construcción:

- Excavación en corte, desmonte y despalme.
- Preparación de obras de desvío.
- Excavación a cielo abierto.
- Cimentación superficial.
- Colocación de concreto hidráulico en zapata.
- Armado de acero para pilastrón en estructura, etc.

OTROS:

- Señalización, colocación de señales preventivas, señales reguladoras, señales informativas, postes de kilometraje, postes guardavías cada 325m y demarcación de pavimento, línea central y líneas laterales.
- Reposición de terrenos: acondicionamiento de depósitos de material excedente.
- Revegetación: restauración de áreas afectadas por campamento y sellado de letrinas.

IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

La calificación y valoración de los impactos ambientales para cada una de las actividades del proyecto vial, se realiza aplicando el método matricial de interacción entre los componentes biofísicos socio-económicos y culturales y los diferentes parámetros de calificación de impactos.

La calificación y valoración de Impactos se incluye en una matriz de doble entrada (que registra la relación actividad, recurso, calificación y valoración) y en donde se representa la evaluación del impacto mediante un quebrado, la MAGNITUD en el numerador y la IMPORTANCIA en el denominador. Es así que a continuación se procede a la identificación de impactos mediante la matriz de Leopold.

MÉTODO DE LEOPOLD:

Este método ha resultado útil en proyectos de construcción de obras. Se desarrolla una matriz al objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen acciones proyectadas y factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto.

El primer paso consistió en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual se tomó en cuenta todas las actividades que pueden tener un lugar debido al proyecto. Posteriormente y para cada acción, se consideraron todos los factores ambientales que puedan ser afectados significativamente, trazando una diagonal en las cuadrículas donde se interceptan con la acción.

Cada cuadrícula marcada con una diagonal admitirá dos valores:

- Magnitud: valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado, extensión o escala; se coloca en la mitad superior izquierda. Hace referencia a la intensidad, a la dimensión del impacto en sí mismo y se califica del 1 al 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo + para los efectos positivos y – para los negativos.
- Importancia: valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto, se escribe en la mitad inferior derecha del cuadro. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio, y a la extensión o zona territorial afectada, se califica también del 1 al 10 en orden creciente de importancia.

Una vez llenas las cuadrículas el siguiente paso consiste en evaluar o interpretar los números colocados. Las sumas de columnas y filas permitieron hacer los comentarios que acompañan al estudio. El texto que acompaña la matriz consiste en la discusión de los impactos más significativos, es decir aquellos cuyas filas y columnas estén señalados con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números superiores.

Reconocemos que la objetividad no es un elemento sobresaliente de este método, ya que se puede libremente efectuar la propia clasificación en la escala numérica entre el 1 y el 10 y no contempla metodología alguna para determinar la magnitud ni la importancia de un impacto. Es por ello que la matriz fue llenada y evaluada minuciosamente tratando de abarcar todo el conjunto de los posibles impactos.

EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Luego de la identificación y cuantificación de los impactos ambientales, se denota un panorama más claro de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente pudiendo evaluar dichos impactos. Los resultados de dicha evaluación se presentan a continuación:

- Con la Matriz de Leopold se puede identificar aspectos ambientales significativos a priorizar durante la formulación del Plan de Manejo Ambiental.
- Las actividades más impactantes del proyecto, desde el punto de vista de los impactos negativos que generan, es el movimiento de tierras, esto se debe a que en esta etapa se realizarán actividades como el movimiento de tierras, uso de maquinaria y equipos de alto impacto, ya que estas actividades son impactantes porque son notorios los cambios en el medio ambiente y el paisaje.
- El factor ambiental más afectado es el recurso suelo, ya que durante la construcción de los componentes del proyecto se producirán niveles de compactación, uso y movimiento de tierras superiores a lo recomendado, así como contaminación por material particulado y en menor medida por gases. Cabe mencionar que estos impactos son de carácter temporal y fácil de prevenir y mitigar con medidas adecuadas. También se generarán residuos sólidos durante el proyecto, lo cual producirá un impacto negativo indirecto sobre la calidad del paisaje, el Plan de Manejo Ambiental deberá contemplar la adecuada disposición de los residuos, sobre todo los peligrosos (material de desmonte y lodos).
- Muchos factores ambientales y sobre todo sociales se verán impactados positivamente por el proyecto, con la generación de empleo en sus diversas etapas, ya que se considera un incremento temporal en este factor. Otro factor importante que sufrirá un impacto positivo es el comercio, ya que en las diversas etapas del proyecto se generará un movimiento económico importante.
- Utilizando la cuantificación de impactos que ofrece la metodología de Leopold (la sumatoria total es de 75), podemos concluir que en el proyecto se debe considerar un plan de manejo ambiental responsable con la finalidad de disminuir y eliminar dichos impactos negativos, cuyos costos de mitigación se verán compensados ampliamente por el ahorro en términos de la calidad de vida de la población, sumado a que ambientalmente el proyecto es viable.

- Cabe indicar que, en la fase de operación del proyecto la sumatoria de impactos es positiva la cual indica que el proyecto es importante para la mejora de la calidad de vida de la población del área de influencia directa y del área de influencia indirecta, por lo que su ejecución es de suma importancia.
- Finalmente detallar que los factores ambientales impactados negativamente son varios, pero se tiene que indicar que ninguno de ellos es impactado en gran magnitud por lo que su sumatoria ha indicado que los impactos negativos no superan a los positivos, en ningún caso, por lo que se tiene que considerar esta apreciación en el plan de manejo.

IMPACTOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Los impactos ambientales directos se evaluaron en el ámbito de influencia directa correspondiente al derecho de vía que será utilizado para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera, así como aquellas áreas auxiliares utilizadas como soporte logístico y de apoyo temporal. En concordancia con este análisis, se han determinado los efectos e impactos directos sobre los elementos del medio físico, biológico, socio-ambiental y arqueológico. Estos impactos son evaluados y valorados empleando la Matriz de Leopold.

Para la evaluación de los impactos ambientales en la etapa de construcción (rehabilitación y/o mejoramiento vial), los efectos e impactos ambientales que se presentan son principalmente debido a las actividades constructivas que se ejecutaran a lo largo del proyecto y en el ámbito de influencia directa (derecho de vía y áreas auxiliares utilizadas como soporte logístico y de apoyo temporal).

Ruido

Los niveles de ruido son negativos y directos, el mismo que se incrementará debido a la operación de vehículos, maquinarias y equipos que se utilizarán para la construcción de la carretera en este tramo y durante el transporte de productos, insumos, combustibles y personal desde los campamentos a los frentes de obra, siendo sus efectos limitados a las inmediaciones de la vía de acceso. Durante estas actividades de apertura y construcción de la carretera se generarán niveles de ruido altos (de 80 a 90dBA), cuyos efectos tendrán influencia directa principalmente en el cruce de centros poblados. En caso se realicen actividades de voladuras, para los cortes en roca fija, el ruido será elevado, localizado y de corto tiempo

Calidad del Aire

Durante la etapa de construcción las principales fuentes de emisión de gases y material particulado serán la operación de los equipos y maquinarias y los movimientos de tierra.

Relieve y Fisiografía

Las actividades que pueden generar efectos e impactos sobre el relieve y fisiografía corresponden a los movimientos de tierra conformados por el conjunto de actividades de excavación y remoción de materiales hasta el límite de acarreo libre para su colocación en los depósitos de material excedente.

Comprende, además, la excavación y remoción de la cobertura vegetal y de otros materiales blandos, orgánicos y sueltos en las áreas donde se realicen las excavaciones de la explanación y terraplenes. Los cambios en el relieve, que serán necesarios ejecutar para la construcción de la carretera, pueden influir directa o indirectamente en la estabilidad de taludes o laderas naturales. Al respecto, se pueden presentar los siguientes impactos ambientales

- Desestabilización de taludes

Este impacto es negativo y directo, en las secciones donde están previstos cortes y rellenos, podrán ocurrir procesos erosivos en la forma de pequeños deslizamientos de tierra, desencadenados en función de la inestabilidad generada por la ausencia de vegetación. Este impacto es adverso, con grandes posibilidades de ocurrencia, el cual al presentarse abarcará el área de intervención del derecho de vía. Se prevé que este efecto ocurra inmediatamente después del inicio de las obras de terraplenado, pero podría también generarse en cualquier momento durante la construcción dependiendo de las condiciones naturales e intervenidas del medio.

- Generación de zonas susceptibles a procesos de erosión pluvial e hídrica

Este impacto es negativo y directo, el mismo que se produce cuando superficies extensas de tierra se dejan sin cobertura vegetal, sujetas a la acción directa del agua y del viento. En esta fase del proyecto, los procesos de erosión se pueden presentar cuando se desvían cursos de agua para la construcción de obras de arte. La principal área sujeta a erosión durante la construcción es el derecho de acceso de vía, que permanecerá durante meses, en mayor o menor medida, con suelos expuestos.

Suelos:

Compactación de suelos

Este impacto es negativo y directo, donde la compactación del suelo que se realice generará una modificación de la permeabilidad del suelo, afectando la infiltración vertical. Esta compactación produce un aumento en su densidad (densidad aparente), un empaquetamiento muy denso de las partículas del suelo y una disminución de la porosidad, debilitando su estructura y afectando su capacidad de retención de humedad, por lo tanto, disminuye su fertilidad. La generación de este impacto se producirá en todo el derecho de vía proyectado debido al uso de maquinaria pesada en los suelos de cultivo y en aquellos sectores donde se requiera de la ampliación del derecho de vía para la conformación de terraplenes, la cual puede ser significativo, unido a un elevado contenido arcilloso de los horizontes subsuperficiales y del sobrepastoreo en los suelos utilizados para ello.

Contaminación de suelos

La contaminación del suelo es un impacto negativo y directo, el mismo que se podría generar debido a vertimientos accidentales de combustible y aceites, durante la movilización y operación de la maquinaria en el frente de obra. También se ha considerado como elemento de riesgo potencial los vertidos accidentales de asfalto líquido durante la preparación de la mezcla para la imprimación de la carpeta asfáltica.

Social Cultural

Molestias a la población por la generación de ruido, gases de combustión y polvo

Este impacto es negativo e indirecto, tal como fue señalado en las secciones anteriores, la movilización y desmovilización de equipos y maquinaria hacia los frentes de obra, el transporte de materiales, las excavaciones superficiales para la conformación del terraplén de la carretera, generarán emisiones de gases de combustión, partículas y ruido, con efectos directos sobre la calidad del aire que a su vez, generará molestias a la población localizada en el ámbito de influencia directa del derecho de vía o su área inmediata. La operación de maquinarias y equipos es la principal fuente de emisión de gases de combustión interna; siendo el transporte de materiales y los movimientos de tierra las causas más importantes de la emisión de partículas e incremento de los niveles de ruido.

Desarrollo de expectativas laborales en torno a la rehabilitación de la vía, no acordes con las oportunidades de empleo

Este impacto es negativo e indirecto; detalla que, en las actividades involucradas en los procesos constructivos del proyecto vial, requieren necesariamente de la contratación, de personal calificado y no calificado para desempeñar diversas labores dentro del proyecto. Esta contratación, sin embargo, depende del cumplimiento de ciertos requisitos por parte de los trabajadores.

Perturbación del tránsito de ganado de la población local

Este impacto es negativo y directo, identifica que las actividades de transporte de materiales y equipos en la etapa de construcción, generarán incomodidad en el desenvolvimiento de las actividades cotidianas de las zonas involucradas en el proyecto.

IMPACTOS POSITIVOS

Generación de empleo

Este impacto es positivo y directo, el mismo que durante la ejecución del proyecto y considerando todas las condiciones logísticas, se generará dos tipos de empleos:

- Empleos cubiertos por personal de la constructora,
- Empleos absorbidos por residentes en el área de influencia.

Estas condiciones determinan el incremento de la masa salarial dentro de la categoría de construcción civil y en otras categorías asociadas a los servicios y comercio ofrecido a los usuarios de la vía y a la población que trabaja en las obras. La generación directa de empleo, es decir, todos aquellos puestos de trabajo contratados para la ejecución del proyecto de construcción vial, abarca desde la categoría de trabajo especializado hasta las categorías de trabajo no especializado.

Impactos de la Operación y Mantenimiento:

La explotación corresponde a la puesta en operación y funcionamiento de la carretera por donde transitarán unidades vehiculares de transporte público y privado con diferentes números de ejes. Durante la explotación de del puente se generarán efectos directos que estarán

mayormente relacionados a los aspectos ambientales de generación de emisiones, ruido, vibraciones, residuos sólidos, accidentes por excesos de velocidad. En tanto, los efectos indirectos estarán mayormente relacionados con la explotación y sobreexplotación de los recursos naturales existentes dado que la el puente facilitará un mayor desplazamiento.

IMPACTOS SOBRE EL MEDIO FÍSICO

Alteración de la calidad del aire

Este impacto es negativo y directo, donde el incremento en el tráfico vehicular generará un aumento de las emisiones de gases de combustión de los vehículos automotores, como el monóxido y dióxido de carbono (CO y CO₂). El monóxido de carbono es tóxico para todos los seres vivos, pero no constituye un riesgo en cuanto las emisiones se liberen al aire libre. Durante la fase de operación habrá la emisión de gases y partículas por los motores de los vehículos que circulan por el puente, así como también se generará material particulado durante los periodos secos del año. Este tipo de emisiones puede afectar apenas algunos puntos singulares de la carretera, si es grande el volumen de tráfico. La severidad del impacto estará en función de las características del medio receptor (centros poblados, presencia de fauna silvestre en situación vulnerable) ubicadas en el ámbito de influencia directa del puente.

Incremento en los niveles de ruido

Este impacto es negativo y directo, detalla que durante la fase de operación se generarán incrementos en el nivel de ruido y vibraciones debido al trabajo que se estará realizando. Debido a que se trata de una construcción de un puente que unirá a muchos caseríos y el mismo que será muy concurrido, los impactos tendrán un efecto acumulativo los mismos que se incrementarán por el aumento en el tránsito vehicular. Este incremento de los niveles sonoros tendrá un mayor efecto sobre la fauna silvestre existente en el ámbito de influencia de la carretera generando perturbación y su migración local hacia otros sectores. La magnitud del impacto estará determinada por la cantidad de unidades de transiten por esta y su paso por aquellas áreas ambientalmente sensibles, la generación de condiciones de alta luminosidad debido al uso de faroles de las unidades vehiculares durante la noche producirá un efecto perturbador sobre la fauna silvestre que se encuentre cercana a la carretera.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Plan de manejo ambiental del proyecto: Construcción del Laquipampa. En el plan de manejo ambiental se plantea las acciones preventivas y correctivas que permiten evitar, mitigar, corregir o compensar los impactos que se generan durante la ejecución y operación del proyecto. De acuerdo con la identificación de las acciones del proyecto que producen efectos sobre el medio ambiente y teniendo en cuenta la priorización de impactos establecidos por la calificación ambiental, se diseñaron las medidas de mitigación para la protección de los sistemas físico, biológico y socioeconómico. Para la prevención, mitigación y/o corrección de los impactos identificados que se producirán sobre los sistemas físicos, biológico y socioeconómico por efectos de la implementación del presente proyecto se ha propuesto las siguientes medidas:

Responsabilidad ambiental

- Toda contravención o acción de personas que residan o trabajen en la obra y que origine daño ambiental, deberá ser de conocimiento del ingeniero residente de obra y el residente ambiental.
- El residente de obra será responsable de efectuar, a su costo, la acción correctiva requerida para corregir las contravenciones a las presentes normas.

Normas generales

- Se prohíbe estrictamente el porte y uso de armas de fuego en el área de trabajo, excepto por el personal de vigilancia expresamente autorizado para ello.
- El equipo móvil, incluyendo maquinaria pesada, deberá operarse de tal manera que cause el mínimo deterioro a los suelos, vegetación y cursos de agua. Deberá, además, evitarse al máximo incomodidades a la población que reside en sitios cercanos a la zona del proyecto.
- El residente de obra deberá mantener en buen estado de funcionamiento toda su maquinaria a fin de evitar escapes de lubricantes o combustibles que puedan afectar los suelos, cursos de agua y aire.
- El residente de obra debe establecer controles que permitan la verificación del buen estado de funcionamiento de su maquinaria y equipo por parte de la supervisión ambiental.

- Con el objeto de evitar accidentes, el residente de obra debe eliminar el acceso de vehículos y peatones a los frentes de obra, particularmente sitios de excavaciones.
- Para minimizar los riesgos ocasionados por diversas actividades (cortes, movimiento de maquinaria pesada), el residente de obra deberá informar a la comunidad sobre su realización, delimitar y señalizar claramente las áreas de acceso restringido, los tipos de riesgo y las acciones a tomar en caso de emergencias. Estas acciones deben ser coordinadas por el residente ambiental de la obra.
- Para dar por recibida a entera satisfacción la obra, la supervisión ambiental debe certificar que el residente de obra y sus empleados se encuentran a paz y salvo con la comunidad por concepto de pagos por compra o alquiler de inmuebles, equipos o cualquier otro tipo de bien o servicio suministrado por la comunidad y por las compensaciones o reposiciones a que haya lugar por los daños y perjuicios ocasionados por el contratista.
- Se deberá reglamentar la velocidad de los volquetes y maquinaria con el fin de disminuir las emisiones de polvo al transitar por las vías no pavimentadas y disminuir igualmente los riesgos de accidentalidad.

Normas para el componente aire

- La quema de todo tipo de materiales (basuras, residuos de construcción, material vegetal, etc.) están prohibidas, incluyendo el fumar.
- Para el almacenamiento de materiales finos deben construirse cubiertas superiores y laterales para evitar que el viento disperse el polvo hacia los terrenos vecinos.

Normas para el componente agua

- No se permitirá el uso, tránsito o estacionamiento de equipo móvil en los lechos de quebradas, ni en sitios distintos del frente de obra, a menos que sea estrictamente necesario y con autorización de la supervisión ambiental.
- El aprovisionamiento de combustibles y lubricantes y el mantenimiento, incluyendo el lavado y purga de maquinaria, del equipo móvil y otros equipos, deberá realizarse de tal forma que los desechos de estas actividades no contaminen los suelos o las aguas. Deberán

además alejarse por lo menos 30 metros de la corriente de agua y 100 metros de cualquier yacimiento.

- La ubicación de los patios para aprovisionamiento de combustible y mantenimiento incluyendo el lavado y purga de maquinaria, se aislará de los cursos de agua.
- Al terminar la explotación de préstamos de las canteras, se deben ejecutar obras para la recuperación paisajista y ambiental del área.
- Los pisos de los patios de almacenamiento de materiales de construcción y de los frentes de obra, deberán tener un buen drenaje que lleve las aguas primero a un sistema de retención de sólidos y luego a la corriente más cercana.
- En caso de apertura de accesos en zonas donde se prevea un posible aporte de sedimentos a cuerpo de agua, se deberán instalar trinchos de madera o sacos de suelo – cemento para la retención del material proveniente de la excavación.

Normas para el componente suelo

- En caso de derrames accidentales de concreto. Los residuos deben ser recolectados de inmediato y su disposición final debe hacerse de acuerdo con estas normas.
- Los aceites y lubricantes usados, los residuos de limpieza y mantenimiento, y otros residuos químicos deberán ser retenidos en recipientes herméticos y la evacuación final deberá hacerse conforme instrucciones de la supervisión. En ningún caso deben tener como receptor final los cursos de agua.
- En las operaciones de excavación superficiales, el residente de obra deberá tomar medidas de control sobre los desechos de materiales con el fin de no causar derrumbes o deslizamientos en el área circundante ni contaminación a los cursos de agua.
- Para accesos y otras construcciones temporales debe realizarse una compactación mínima que permita la fácil recuperación del terreno una vez terminado el uso del acceso. Es aconsejable readecuar los accesos y patios abandonados y facilitar la colonización vegetal espontánea.

- Los frentes de obra deberán estar provistos de recipientes apropiados para la disposición de basuras. Estas deben ser vaciadas diariamente a los contenedores de basura y llevados al botadero de proyecto dos veces por semana.
- Todo desecho o basura generada por el personal en los frentes deberá ser depositado en un botadero desarrollado para tal fin. - El residente al finalizar la obra, deberá dismantelar las construcciones temporales, disponer adecuadamente los escombros y los materiales de desecho y restaurar el paisaje de acuerdo con estas normas.
- El material superficial o de descapote empleado para la obra debe ser apilado por el contratista para ser utilizado en obras de restauración.
- El ejecutor deberá llevar a cabo la demarcación y aislamiento del área de trabajo y colocar señales para evitar que personal ajeno a las obras, entre en las zonas de trabajo.
- El empleo de menores de edad para cualquier tipo de labor en los frentes de obras está estrictamente prohibido.

Acciones del plan de manejo ambiental

Programa de monitoreo y seguimiento ambiental

El monitoreo de las normas establecidas es el instrumento que permitirá de manera sistemática y organizada velar por el cumplimiento de las normas de comportamiento del personal. Llevándose a cabo en forma constante por el ingeniero residente de obra y el residente ambiental. Seguimiento y cumplimiento a las pautas socio ambientales, buscando el cumplimiento de las medidas de monitoreo y seguimiento ambiental, el residente ambiental, estará a cargo de vigilar y seguir el cumplimiento de las pautas socio ambientales vertidas entre los trabajadores y beneficiarios de la obra. En la ejecución de la obra se plantea 04 monitoreo.

Reforestación

Para el cumplimiento de las medidas de preservación del ambiente, será necesario acondicionar, restaurar y compensar al ambiente realizando actividades de reforestación. Se instalarán 200 plántones de guaba y 100 plántones de bambú en los lugares cercanos a las torres del puente, y a lo largo de ambas márgenes de la rivera del río, con la debida orientación

técnica del residente de obra. Las actividades de reforestación tienen los siguientes propósitos fundamentales:

- Lograr una integración armónica del proyecto con el medio natural.
- Mitigar el impacto generado por el proyecto sobre la flora.
- Recuperar el estado natural de las áreas utilizadas.
- Incrementar la estabilidad de taludes y/o proteger los mismos contra la erosión pluvial, en las zonas donde se genere movimiento de tierras.

Manejo de campamento

Campamentos principales y provisionales: El campamento principal utilizado para la obra estará conformado por locales existentes alquilados dentro del área urbana de la localidad de Caunarapa y se utilizará los servicios de alojamiento, alimentación, agua e instalaciones sanitarias, energía eléctrica, recojo de basura existente, servicio de telefonía, etc.; de igual forma los campamentos provisionales (almacenes) se encontrará en área de trabajo. Por lo tanto, los impactos producidos por la existencia de campamentos durante la obra son: Riesgos a enfermedades, más que todo sería ocasionado por descuido de los trabajadores, incremento de personal foráneo, maquinarias y 21 movilidades, riesgos de accidentes.

Instalación de contenedores de basura

En el área de trabajo se instalarán seis (06) contenedores de basura (cilindros de plástico de 200 litros de capacidad), donde se depositarán los desperdicios orgánicos e inorgánicos que luego serán destinados al botadero de proyecto, estos deberán estar debidamente rotulados

Instalación del botadero del proyecto

Para la disposición final de los residuos sólidos deben ubicarse un lugar donde se construirá el botadero del proyecto, de acuerdo a las especificaciones técnicas presentadas en el Anexo. El responsable de disponer los desperdicios al relleno sanitario el cual contará con dos compartimentos uno para los residuos orgánicos y otro para inorgánicos, este lugar también prestará condiciones para capacitación, contando con la participación de los trabajadores de la obra, comunidad

Instalación de letrinas

Para la disposición final de excretas deben ubicarse en lugares estratégicos se instalarán dos (02) letrinas sanitarias construidas de acuerdo a las especificaciones técnicas presentadas en el Anexo. Estas estarán ubicadas en el área de trabajo de la obra.

Clausura de letrinas

Al término de la obra y siguiendo la normatividad ambiental existe un plan de cierre en la que deberá clausurar la instalación de letrinas que se emplearon al momento de ejecución de obra debiendo rellenar la fosa o pozo ciego y reponiendo el suelo agárico extraído, las cuales contempla dos clausuras de letrina esto en cumplimiento con las normas ambientales.

Clausura del botadero del proyecto

Al término de la obra también se deberá clausurar el botadero de proyecto la cual consistirá en rellenar el compartimento donde se depositaron por una parte los residuos inorgánicos devolviendo la capa orgánica tal como se apertura, del otro compartimento donde se depositó los residuos orgánicos se retirará el material orgánico (producto de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos), para ser utilizado como abono en la instalación de especies vegetales. Esta área también podrá ser reforestada si las condiciones del lugar así lo indicaban al momento de la apertura. Se deberá realizar 01 clausura de botadero de proyecto.

Señalización

Letreros de señalización ambiental de 1.00 m x 0.50 m Algunos letreros se usan con fines de provocar y fomentar conciencia ambiental en los trabajadores y población de la zona del proyecto. En este rubro se ha considerado la instalación de 15 letreros a lo largo de la zona de trabajo, las dimensiones son las siguientes: gigantografías de 1.00 m x 0.50 m, con bastidores de madera tornillo y con dibujos y mensajes alusivos al ambiente.

Cintas de seguridad

En este rubro se ha considerado la colocación de cintas de seguridad en los frentes de trabajo con la finalidad de evitar accidentes e interrupciones en la ejecución del proyecto.

Educación ambiental

Charla al personal de obra

Estas charlas estarán destinadas a todos los trabajadores que laboran en la obra, de manera que estos tomen conciencia de la importancia que tiene la protección de los recursos naturales en la zona del proyecto, dando énfasis en difundir los valores, límites y prohibiciones en el uso de los recursos naturales, así como también normas de seguridad ocupacional.

Charla a la comunidad

Se prevé crear conciencia ambiental y la responsabilidad que tienen los estudiantes y la comunidad con la conservación de los recursos naturales, así como valorar el proyecto que se ejecutara, y asegurar la sostenibilidad de la obra. Para ello se dictarán charlas ambientales en el local comunal del centro poblado, en presencia de la comunidad, en coordinación con las autoridades del centro poblado y área de influencia del proyecto. Metas: Se dictarán 03 charlas, cuyos temas estarán a cargo del residente de obra

Programa de contingencias

Es un conjunto de conocimientos y procedimientos que debemos adquirir y adoptar para afrontar las situaciones de emergencia relacionadas con los riesgos ambientales y/o desastres naturales, que se puedan producir durante las etapas de ejecución del proyecto, con el fin de proteger principalmente la vida humana. Asimismo, el programa de contingencias permitirá establecer lineamientos para evitar retrasos y sobre costos que puedan interferir con el normal desarrollo de las obras del proyecto.

Riesgos potenciales identificados

- Los principales eventos identificados y para los cuales se implementará el Programa de Contingencias, de acuerdo a su naturaleza son:
- Posible ocurrencia de derrames de combustibles y/o elementos nocivos. - Posible ocurrencia de problemas sociales (Contingencias Sociales).
- Posible ocurrencia de accidentes laborales.
- Posible ocurrencia de incendio

Implementación del programa de contingencias

Para una correcta y adecuada aplicación del programa de contingencia, se recomienda al inicio de las actividades de construcción establecer una unidad de contingencias contra riesgo de accidentes y eventualidades, la que deberá estar activa durante la etapa de operación, con el respectivo cambio de personal.

El personal, equipos y accesorios necesarios, para hacer frente a los riesgos potenciales, constituyen otros factores importantes e imprescindibles, para la implementación del programa. Asimismo, el manejo de los equipos de seguridad deberá ser de responsabilidad de la unidad de contingencias.

Medidas de contingencias

Las medidas de contingencias contemplan los riesgos por ocurrencia de derrames de combustibles, lubricantes y/o elementos nocivos, accidentes laborales, problemas técnicos y sociales; tanto en la etapa de construcción como en la de operación del sistema.

Por ocurrencia de derrames de combustibles, lubricantes y/o elementos nocivos son los vertimientos de combustibles, lubricantes, o elementos tóxicos, transportados por unidades de la obra y/o terceros a lo largo de la vía, en las instalaciones o alrededores originados por accidentes automovilísticos o desperfectos en las unidades de transporte; los cuales, a continuación, se detallan:

- Todo personal de la obra, estará obligado a comunicar de forma inmediata, la ocurrencia de cualquier accidente que produzca vertimiento de combustibles u otros a la unidad de contingencias.
- Para el caso de accidentes en las unidades de transporte de combustible del contratista, se prestará auxilio inmediato, incluyendo el traslado de equipo, materiales y cuadrillas de personal, para minimizar los efectos ocasionados por cualquier derrame, como el vertido de material de cantera sobre los suelos afectados.
- Luego se delimitará el área afectada para su posterior restauración, lo que incluye la remoción de todo suelo afectado, su reposición, acciones de revegetación y la eliminación de este material a las áreas de depósitos de excedentes.

- En el caso de afectaciones de cuerpos de agua, el personal de obra procederá al retiro de todo el combustible con el uso de bombas hidráulicas y lo depositará en recipientes adecuados (cilindros herméticamente cerrados) para su posterior eliminación en el botadero de proyecto.
- Sin embargo, si el derrame fuera ocasionado por algún accidente, provocado por los proveedores de la obra, entonces éste último, deberá responsabilizarse de la adecuada limpieza del área, según lo estipulado Por ocurrencia de accidentes laborales

Las ocurrencias de accidentes laborales, durante la operación de los vehículos y maquinaria pesada utilizados para la ejecución de las obras, son originadas, principalmente, por deficiencias humanas o fallas mecánicas de los equipos utilizados, para lo cual se deben seguir los siguientes procedimientos:

- Para prevenir accidentes, la empresa constructora, está obligado a proporcionar a todo su personal, los implementos de seguridad propios de cada actividad, como: cascos, botas, guantes, protectores visuales, etc.
- La residencia de obra deberá inmediatamente prestar el auxilio al personal accidentado y comunicarse con la unidad de contingencias para trasladarlo al centro asistencial más cercano, valiéndose de una unidad de desplazamiento rápido, de acuerdo a la gravedad del accidente.
- De no ser posible la comunicación con la unidad de contingencias, se procederá al llamado de ayuda y/o auxilio externo al centro asistencial y/o policial más cercano, para proceder al traslado respectivo o en última instancia, recurrir al traslado del personal mediante la ayuda externa.

En ambos casos, previamente a la llegada de la ayuda interna o externa, se procederá al aislamiento del personal afectado, procurándose que sea en un lugar adecuado, libre de excesivo polvo, humedad y/o condiciones atmosféricas desfavorables.

ANEXO 05: DOCUMENTACIÓN

DOCUMENTO N° 5.1: Carta dirigida a la dirección de caminos del Gobierno Regional de Lambayeque

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

Chiclayo, 27 de agosto de 2017

Sr. Ing. Luis Diez Yunis

Director de la Dirección de Caminos del Gobierno Regional de Lambayeque

Lambayeque.-

Distinguido Sr. Director:

Con la finalidad de apoyar la reconstrucción de la región Lambayeque y teniendo la formación universitaria de Ingeniería Civil Ambiental, cursada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), me presento ante Ud. para comunicarle mi intención de elaborar el expediente del diseño definitivo del puente Laquipampa, ubicado en la provincia de Ferreñafe, distrito de Incahuasi.

Este interés en la elaboración de dicho diseño responde a la necesidad de realizar mi tesis de grado para obtener el título de ingeniero civil y ambiental. Asimismo, quisiera que mi investigación sea un aporte a la solución de los problemas ocasionados por el último fenómeno El Niño, en el caso concreto del diseño definitivo del mencionado puente. Es más, en mi universidad, se exige como temas de tesis la solución a un problema real y específico de nuestro país, como un trabajo de proyección social, requisito indispensable para graduarme como ingeniero.

Con ánimo de iniciar mi tesis y de ayudar en la reconstrucción de nuestro país, solicito su autorización para que se me proporcione la información necesaria y los permisos correspondientes para la realización de mi trabajo.

Sin otro particular, quedo a la espera de su atenta respuesta.

Atentamente,

Joseph Manuel Tipacti Requejo

DNI 70750483



GOBIERNO REGIONAL LAMBAYEQUE	
Dirección Regional de Tránsito y Convocatorias	
Registro SISGEDU:	3156444
Folios:	01 2509139
Fecha:	05 SEP. 2017
Firma:	09361

DOCUMENTO N° 5.2: Carta dirigida a la Municipalidad de Incahuasi

"AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO"

Chiclayo, 11 de septiembre de 2017

Sra. Teófila Manayay Sánchez
Gerente de la municipalidad de Incahuasi
Provincia de Ferreñafe.-
Distinguida Sra. Gerente.-



Con la finalidad de apoyar la reconstrucción de la región Lambayeque y teniendo la formación universitaria de Ingeniería Civil Ambiental, cursada en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT), me presento ante Ud. para comunicarle mi intención de elaborar el expediente del diseño definitivo del puente Laquipampa, ubicado en la provincia de Ferreñafe, distrito de Incahuasi.

Este interés en la elaboración de dicho diseño responde a la necesidad de realizar mi tesis de grado para obtener el título de ingeniero civil y ambiental. Asimismo, quisiera que mi investigación sea un aporte a la solución de los problemas ocasionados por el último fenómeno El Niño, en el caso concreto del diseño definitivo del mencionado puente. Es más, en mi universidad, se exige como temas de tesis la solución a un problema real y específico de nuestro país, como un trabajo de proyección social, requisito indispensable para graduarme como ingeniero.

Con ánimo de iniciar mi tesis y de ayudar en la reconstrucción de nuestro país, solicito su autorización para que se me proporcione la información necesaria y los permisos correspondientes para la realización de mi trabajo.

Así mismo, solicito una copia del informe de evaluación de daños (EDAN) realizado a los sectores afectados producto del fenómeno EL NIÑO.

Sin otro particular, quedo a la espera de su atenta respuesta.

Atentamente,

Joseph Manuel Tipacti Requejo
DNI 70750483

DOCUMENTO N° 5.3: Carta de autorización de ejecución de la tesis, solicitud de la proyección social y acceso a la información y permisos correspondientes



Municipalidad Distrital de Incahuasi
Provincia de Ferreñafe - Región Lambayeque

“AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO”

Chiclayo, 11 de septiembre de 2017

CARTA N° 011-2017-MDI/GM.

Señor:

Joseph Manuel Tipacti Requejo

Estudiante del noveno ciclo de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT)
Chiclayo.-

De mi especial consideración:

En atención a su carta, con fecha 11 de septiembre último, la Municipalidad de Incahuasi, cuya representación recae en mi persona, autoriza la realización del diseño definitivo del puente Laquipampa y, a su vez, solicita a Ud. su trabajo como proyección social ante la solución de uno de los problemas ocasionados por el fenómeno El Niño, como es la caída del puente Laquipampa.

Con la ejecución de dicho diseño, se lograrán muchos beneficios no solo a la provincia de Ferreñafe, sino a todo el departamento de Lambayeque en sus diversas actividades como transporte, comercio, salud, agricultura, entre otros.

La Municipalidad de Incahuasi agradece su iniciativa y autoriza con beneplácito la realización del diseño definitivo del citado puente. Para tal efecto, pone a su disposición la información requerida a su trabajo.

Sin otro particular y deseándole éxito en su trabajo, se despide

Atentamente,



[Firma]
LIC. Teófila Marín y Sánchez
GERENTE MUNICIPAL

Calle 17 de Febrero s/n - Incahuasi - Email: md_incahuasi@hotmail.com
Oficina de Enlace: Prolong. San Martín Cdra. 14 - Ferreñafe - Telf: 287242

Incahuasi Capital del Folklore Andino

DOCUMENTO N° 5.4: Constancia de no existencia del proyecto de tesis en el banco de proyectos de la municipalidad de Incahuasi



DOCUMENTO N° 5.5: Acta de sesión extraordinaria

ACTA DE SESION EXTRAORDINARIA

En el Caserío de Laquipampa, Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque, siendo las 10:30 A.M. del día 17 de Septiembre, reunidos.

El estudiante Joseph Manuel Tipacti Requejo con DNI 70750483, perteneciente a la Escuela de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, quien se encuentra próximo a realizar el proyecto a nivel de tesis: "Diseño Estructural del puente Laquipampa, Distrito de Incahuasi, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque, 2017", la autoridad de la localidad del caserío de Laquipampa, la cual cuenta con una Teniente Gobernador, se encuentra reunida con el fin de exponer la necesidad de realizar los estudios del proyecto antes mencionado, el mismo que traerá beneficios para mejorar la calidad de vida y desarrollará la inclusión social en los pobladores.

Para llevar a cabo este proyecto y por lo tanto se encuentre factible, es necesario el compromiso de las autoridades, de la población y el estudiante interesado en realizar el proyecto, para garantizar que todos apoyen en el proceso de la elaboración del proyecto mencionado anteriormente y principalmente que los pobladores estén de acuerdo en dar las facilidades para entrar en sus propiedades y así realizar los diversos estudios tales como: topográficos, mecánica de suelos, hidrológicos, etc.

No habiendo otro tema a tratar, se da por concluida la presente asamblea, siendo las 12:48 P.M. firmando los presentes el acta en señal de conformidad.

COMUNIDAD CAMPESINA
SAN ANTONIO DE LAQUIPAMPA
Abelardo
Abelardo Montaño Valencia
PRESIDENTE




MUNICIPALIDAD DELEGADA
CENTRO DE POBLADO DE MOYAN
INCAHUASI
Jurado
JULIO DURAND DE LA CRUZ
ALCALDE











COMUNIDAD CAMPESINA
SAN ANTONIO DE LAQUIPAMPA
Ortiz
Centro De la Cruz Gómez
VICE PRESIDENTE



W. Durand
P.R. DE GUARADAPARQUE
1493167



Nombre y Apellido (DNI)	Firma
Lucia Masones Carmena	 <i>Lucia Masones Carmena</i>
Luciano Manayay Rodriguez	<i>Luciano</i>
HENRY B PAICO DE LA CRUZ	<i>Henry</i>
CORDE DIAZ COMBIZU 160068 Galindo Perez Vasquez 16794156	<i>Galindo</i>
Jose Antonio Vitcabano De la Cruz	<i>Jose</i>
Manuel Quispe Segundo 17413422	<i>Manuel</i>
Luis Cepeda Sanchez 174134120	<i>Luis</i>
Mauricio Caza Segundo 47068843	 <i>Mauricio</i>
Walter Santacruz Manayay 16424216	<i>Walter</i>
Marta Manayay Caza 17429080	<i>Marta M.C.</i>
Rosa Manayay De la Cruz 80389755	<i>Rosa M.C.</i>
Benita Cepeda Paico 43539303	<i>Benita</i>
Rosa Bernilla De la Cruz (80539975)	 <i>Rosa</i>
Apolonia Diaz Rojas (17439713)	<i>Apolonia</i>
Lázaro Vitcabano Sanchez (17419406)	<i>Lázaro</i>
Santos Rodriguez Manayay (33675771)	<i>Santos</i>
Henry Carlos Valencia (17452133)	<i>Henry</i>
Juana Correa De la Cruz (43135786)	<i>Juana</i>
Santos Leonardo Paico De la Cruz (171412916)	<i>Santos Paico</i>
Florencia Salceda Manayay Caza 40307545	<i>Florencia</i>

<u>Nombre y Apellido (DNI)</u>	<u>Firma</u>
Walter Paico De la Cruz	W Paico De la Cruz
Juan Carlos Rodríguez	
Porfirio Céspedes Leonardo	PCL
Santos Sanchez Bernilla	
Vicente Manayay Bernilla	
Cristobal Cajo Segundo (17411197)	
Matías Manayay Purihuamón (48956504)	
Manuel Quispe Segundo (17413422)	MQS
Luis Céspedes Sanchez (17434120)	Luis
Matías SantaCruz Manayay (16424216)	
Martín Manayay Cajo (17429080)	
Francisco Reyes Bernilla (17418840)	
Blanca Rosa Céspedes Sanchez (17452194)	
Martín Correa De la Cruz ()	Martín C
Catalina Céspedes Paico (1741309)	

ANEXO 06: CUADROS

CUADRO N°6.1: Población afectada por el fenómeno El Niño 2017.

Distrito	Población Afectada (hab)	Población Damnificada (hab)
J.L.O	3312	5626
La Victoria	104	1074
Pimentel	1029	1385
Santa Rosa	1340	133
Ciudad Eten	1363	592
Puerteo Eten	486	82
Lagunas	438	11
Chongoyape	981	144
Pucalá	540	276
Pátapo	817	49
Pomalca	702	569
Cayaltí	1411	59
Zaña	382	2
Monsefú	1500	350
Picsi	553	90
Ferreñafe	1150	50
Cañaris	-	-
Incahuasi	14320	NO ESTIMADO
Mesones Muro	484	158
Pítipo	2500	510
Pueblo Nuevo	1017	75

Fuente: Centro de Operaciones de Emergencias Regional (COER) e Instituto Nacional de Defensa Civil – Indeci regional.

CUADRO N°6.2: Total de viviendas afectadas en el distrito de Incahuasi por causa del fenómeno El niño 2017.

Viviendas				
Tipo	Colapsada	Inhabitable	Afectada	Costo S/. (Aproximado)
Material Noble				
Adobe	43	66	429	
Quincha	5			
Madera				
Rustico				
TOTAL	48	66	429	

Fuente: Informe de evaluación de daños a causa del niño costero, 2017. Municipalidad de Incahuasi.

CUADRO N°6.3: Total de instituciones educativas afectadas en el distrito de Incahuasi por causa del fenómeno El niño 2017.

Instituciones Educativas				
Tipo	Colapsada	Inhabitable	Afectada	Costo S/. (Aproximado)
Inicial			Inicial N°104 Incahuasi, Inicial de Tasajera.	
Primaria			10084 Incahuasi, Ayamachay, Tasajera, Huayrul, Pampa Grande, San Luis,	
Secundaria			10084 Incahuasi, Huasicaj, Sincihual, Laquipampa	
Superior			Yatrayhuasi Incahuasi	
TOTAL			13	

Fuente: Informe de evaluación de daños a causa del niño costero, 2017. Municipalidad de Incahuasi.

CUADRO N°6.4: Total de centros de salud afectados en el distrito de Incahuasi por causa del fenómeno El niño 2017.

Infraestructura de Salud				
Tipo	Colapsada	Inhabitable	Afectada	Costo S/. (Aproximado)
Postas			Inicial N°104 Incahuasi, Inicial de Tasajera.	
Centros de Salud			Centro de Salud Moyan y puestos de salud de Totoras, Lanchipampa y Laquipampa.	
TOTAL			4	

Fuente: Informe de evaluación de daños a causa del niño costero, 2017. Municipalidad de Incahuasi.

CUADRO N°6.5: Población de 6 y más años de edad, por grandes grupos de edad, según departamento, provincia y distrito, área urbana y rural, sexo y condición de actividad económica.

CUADRO N° 1: POBLACIÓN DE 6 Y MÁS AÑOS DE EDAD, POR GRANDES GRUPOS DE EDAD, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL, SEXO Y CONDICIÓN DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD				
		6 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
Distrito INCAHUASI (000)	11728	3707	3150	2342	1805	724
RURAL (036)	10750	3412	2890	2124	1653	671
Hombres (037)	5077	1706	1375	900	738	278
Mujeres (038)	5673	1706	1515	1144	915	393
PEA (039)	3729	286	1149	1151	854	289
Hombres (040)	2411	145	748	766	564	188
Mujeres (041)	1318	141	401	385	290	101
Ocupada (042)	3563	285	1084	1078	832	284
Hombres (043)	2251	144	688	694	542	183
Mujeres (044)	1312	141	396	384	290	101
Desocupada (045)	166	1	65	73	22	5
Hombres (046)	160	1	60	72	22	5
Mujeres (047)	6		5	1		
No PEA (048)	7021	3126	1741	973	799	382
Hombres (049)	2666	1561	627	214	174	90
Mujeres (050)	4355	1565	1114	759	625	292

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Censo 2007.

CUADRO N°6.6: Población mayores de 3 años según el idioma que hablan.

DEPARTAMENTO, PROVINCIA, DISTRITO, ÁREA URBANA Y RURAL,	TOTAL	GRUPOS DE EDAD							
		3 A 4 AÑOS	5 A 14 AÑOS	15 A 24 AÑOS	25 A 34 AÑOS	35 A 44 AÑOS	45 A 54 AÑOS	55 A 64 AÑOS	65 A MÁS AÑOS
Distrito INCAHUASI (000)	12952	827	4104	2274	1741	1477	1006	799	724
Quechua (001)	11103	727	3570	1883	1472	1271	865	689	626
Aymara (002)	8		3	1		1	2		1
Ashaninca (003)	1		1						
Otra lengua nativa (004)	3		2			1			
Castellano (005)	1823	100	524	388	266	202	138	109	96
Idioma extranjero (006)	1							1	
Es sordomudo/a (007)	13		4	2	3	2	1		1
Hombres (009)	6201	432	2046	1120	815	673	454	353	308
Quechua (010)	5219	380	1773	902	670	570	378	291	255
Aymara (011)	4		1	1			1		1
Otra lengua nativa (013)	2		2						
Castellano (014)	968	52	269	217	143	101	74	61	51
Idioma extranjero (015)	1							1	
Es sordomudo/a (016)	7		1		2	2	1		1
Mujeres (018)	6751	395	2058	1154	926	804	552	446	416
Quechua (019)	5884	347	1797	981	802	701	487	398	371
Aymara (020)	4		2			1	1		
Ashaninca (021)	1		1						
Otra lengua nativa (022)	1					1			
Castellano (023)	855	48	255	171	123	101	64	48	45
Es sordomudo/a (025)	6		3	2	1				

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Censo 2007.

CUADRO N°6.7: Datos generales distrito Incahuasi.

DATOS GENERALES DISTRITO INCAHUASI		
Extensión Territorial	443.91	km2
Densidad Poblacional	33.53	hab/km2
Total Habitantes	14230	hab

Fuente: Municipalidad distrital de Incahuasi.

CUADRO N°6.8: Caseríos que conforman el distrito de Incahuasi.

CASERIOS DISTRITO INCAHUASI		
Amusuy	Macaykaq	Saka
Andamarca	Mal Paso	San Luis
Atumpampa	Maraywaka	Señor de la Humildad
Atumpuquio	Montecarlo	Shankapampa
Ayamachay	Moyán	Shurchapitij
Callima	Oxapampa	Sinchiwal
Canchachala	Pampa Grande	Susupampa
Cruz Loma	Payga Sirka	Tambuni
Cueva Blanca	Piedra Colorada	Tasaqira
Cumbe Aura	Piedra Parada	Tayapampa
Huayrul	Playa	Totora
Janque	Puchaca	Totoras
Kunkacha	Quitiquiru	Tuluqpampa
La Tranca	Qutrapampa	Tungula
Lanchipampa	Riopampa	Uyshahuasi
Laquipampa	Romero	Uyurpampa
Llámica	Rumichaka	Warwar
Wasikaq	Pagay puente	Palayón

Fuente: Municipalidad distrital de Incahuasi.

CUADRO N°6.9: Caseríos que conforman el distrito de Incahuasi.

PRINCIPALES CULTIVOS EN EL DISTRITO DE INKAWASI			
SECTOR ESTADISTICO	CULTIVOS	AREA SEMBRADA HA.	RENDIMIENTO (Kg./ha)
MOYAN- HUAYRUL, JANQUE CRUZ LOMA,INKAWASI, CANCHACHALA, UYURPAMPA.	ARROZ	180	7000
	MAIZ AMARILLO DURO	150	5000
	MAIZ AMILACEO	250	1500
	FRIJOL	150	900
	CAMOTE	20	5000
	YUCA	10	5000
	CEBADA	40	0.8
	TRIGO	1000	1200
	AREJA GRANO VERDE	250	2500
	ARVEJA GRANO SECO	150	1500
	PAPA	380	7984
	OLLUCO	65	2500
	OCA	60	2000
	HABA GRANO SECO	20	800
	HABA GRANO VERDE	60	1500
AGUAYMANTO	15	2500	

Fuente: Agencia Agraria de Ferreñafe.

CUADRO N°6.10: Tiempos de traslado desde las EE. SS. Por caserío hasta los hospitales de la provincia de Ferreñafe o Hospitales Regionales.

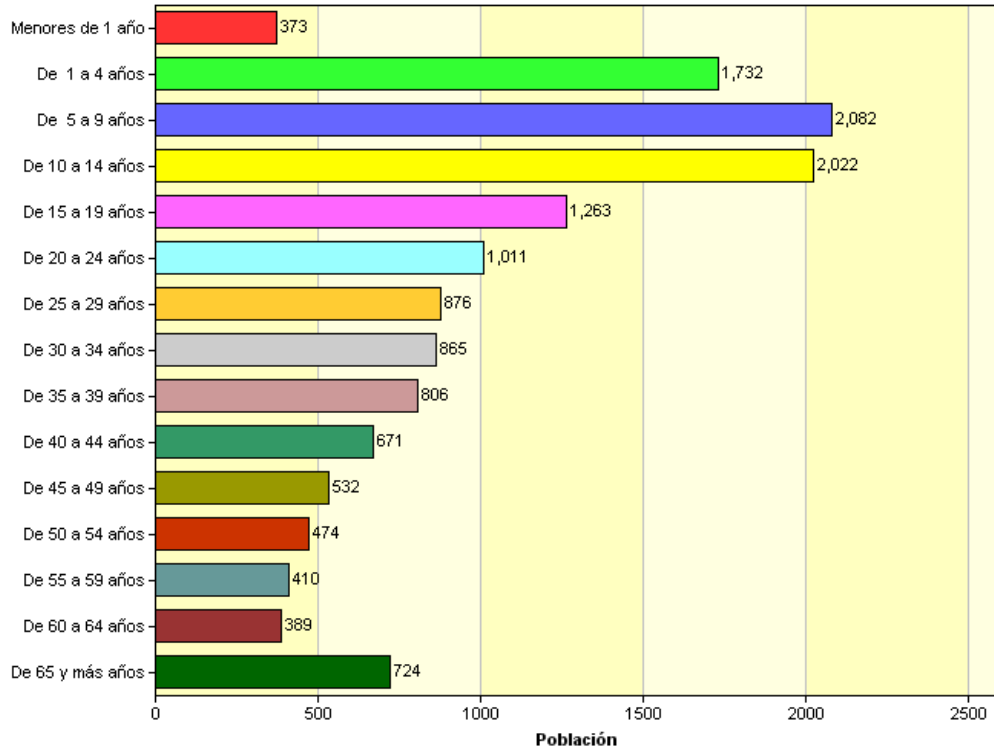
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD DE REFERENCIA POR CRITERIOS DE ACCESIBILIDAD Y CARTERA DE SERVICIOS - RED SALUD FERREÑAFAE 2017																		
RED	MICRORED	Número	COD. EESS (cod. Único RENAES)	CATEGORÍA EESS	Nombre del EE. SS.	EE.SS de REFERENCIA	DISTANCIA EN KM(2)	E.E.SS DE REFERENCIA INMEDIATA										
								VIAS DE ACCESO (3)			TIEMPO SEGÚN MEDIO DE TRANSPORTE ACCESIBLE							
								CARROZABLE	TROCHA	FLUVIAL	A PIE	BICICLETA	MOTO / MOTOCARRO	AUTOMOVIL / AMBULANCIA	CANOA	BOTE/C MOTOR		
MICRORED PITIPO	3	4452	I-3	C.S.S PUEBLO NUEVO	HOSPITAL FERREÑAFAE	7	X				8'	6'	5'	5'				
					HRDLM	20	X							30'				
					HOSPITAL REGIONAL	22	X								30'			
	4	4443	I-3	C.S. MESONES MURO	HOSPITAL FERREÑAFAE	7	X				30'	20'	15'	10'				
					HRDLM	23	X								40'			
					HOSPITAL REGIONAL	28	X									50'		
	5	4453	I-1	P.S. LA LOMAS	C.S. PUEBLO NUEVO	6	X				50'	40'	20'	10'				
					HOSPITAL FERREÑAFAE	15	X				1 h	45'	25'		15'			
					H. BELÉN	25	X									35'		
					HRDLM	22	X									40'		
	6	4444	I-3	C.S PITIPO	HOSPITAL FERREÑAFAE	8	X				1 h 15'	35'	20'	15'				
					HRDLM	28	X									35'		
					HOSPITAL REGIONAL	35	X										40'	
	7	4451	I-2	P.S. BATANGRANDE	HOSPITAL FERREÑAFAE	45	X				2 h	45'	35'	30'				
					HRDLM	60	X								1 h	50'		
HOSPITAL REGIONAL					68	X										60'		
8	4448	I-1	P.S. CACHINCHE	C.S. PITIPO	8	X								20'				
				HOSPITAL FERREÑAFAE	50	X									35'			
				HRDLM	54	X										60'		
				HOSPITAL REGIONAL	58	X										1H-10		
9	4447	I-2	P.S. MOTUPILO	P.S. BATANGRANDE	30	X								20'				
				HOSPITAL FERREÑAFAE	38	X									50'			
				HRDLM	48	X										1H 15'		
				HOSPITAL REGIONAL	55	X										1H 20'		
10	4445	I-1	P.S LA TRAPOSA	P.S.BATANGRANDE	32	X								40'				
				HOSPITAL FERREÑAFAE	55	X										1H 10'		
				HRDLM	77	X										1H 35'		
11	4446	I-1	P.S. MOCHUMI VIEJO	HOSPITAL REGIONAL	85	X								1H 40'				
				P.S.BATANGRANDE	40	X										1H		
				HOSPITAL FERREÑAFAE	57	X											1H 30'	
12	4449	I-2	P.S. PATIVILCA	HRDLM	75	X								1H 45'				
				HOSPITAL REGIONAL	79	X										1H 50'		
				C.S.PITIPO	15	X											20'	
13	7022	I-2	P.S. ZARANDA	HOSPITAL FERREÑAFAE	23	X								35'				
				HRDLM	43	X										60'		
				HOSPITAL REGIONAL	55	X										1H-10		
				C.S. PITIPO	10	X											10'	
14	7317	I-2	P.S. SANTA CLARA	HOSPITAL FERREÑAFAE	18	X								35'				
				HRDLM	28	X										55'		
				HOSPITAL REGIONAL	35	X											60'	
				C.S. PITIPO	47	X											25'	
15	4450	I-1	P.S. SIME	HOSPITAL FERREÑAFAE	54	X								35'				
				HRDLM	60	X										1H-15'		
				HOSPITAL REGIONAL	15	X											1H 20'	
				C.S. PITIPO	4	X								X			20'	
15	4450	I-1	P.S. SIME	HOSPITAL FERREÑAFAE	12	X								35'				
				HRDLM	22	X											60'	
				HOSPITAL REGIONAL	32	X											1H-10	

MICRORRED INCAHUASI	16	4457	I-2	P.S. UYURPAMPA	HOSPPT FERREÑAFE	111	X					4H30'		
					HRDLM	120	X				5H			
					HOSPITAL REGIONAL	135	X				5H-10			
				I-1	P.S. MAGMAPAMPA	P.S. UYURPAMPA	100	X					4H	
						HOSPPT FERREÑAFE	200	X				8H30'		
						HRDLM	220	X				9H		
				I-2	P.S. CANCHACHALA	HOSPITAL REGIONAL	225	X					9H-10	
						C.S. INCAHUASI	80	X			8H		3H	
						HOSPPT FERREÑAFE	176	X				6H		
				I-2	P.S. CANCHACHALA	HRDLM	140	X					6H30'	
						HOSPITAL REGIONAL	155	X				6H-45		
						P.S. MARAYHUACA	30	X			7H		1H 30'	
				I-1	P.S. TOTORAS	HOSPPT FERREÑAFE	130	X					5H 30'	
						HRDLM	150	X				5H 55'		
						HOSPITAL REGIONAL	165	X				6H		
				I-2	P.S. KONGACHA	P.S. MARAYHUACA	90	X			6H		2H	
						HOSPPT FERREÑAFE	130	X				6H 30'		
						HRDLM	150	X				6H 55'		
				I-2	P.S. KONGACHA	HOSPITAL REGIONAL	165	X					7H	
						P.S. UYURPAMPA	90	X				2H		
HOSPPT FERREÑAFE						160	X			1H		6H-30'		
			I-1	P.S. LA TRANCA	HRDLM	175	X			2H		6H 55'		
					HOSPITAL REGIONAL	185	X				7H			
					P.S. UYURPAMPA	70	X				1H 30'			
			I-1	P.S. MARAYHUACA	HOSPPT FERREÑAFE	135	X					5H-30'		
					HRDLM	155	X				5H 55'			
					HOSPITAL REGIONAL	165	X				6H			
			I-3	C.S. MOYAN	HOSPPT FERREÑAFE	77	X			2H		2H-30'		
					HRDLM	95	X				3H			
					HOSPITAL REGIONAL	95	X				3H10			
			I-1	P.S. LAQUIPAMPA	C. S. MOYÁN	9	X					1H 15'		
					HOSPPT FERREÑAFE	50	X				2H-15'			
					HRDLM	130	X				2H-30'			
			I-1	P.S. LAQUIPAMPA	HOSPITAL REGIONAL	140	X					2H-45		
					C. S. MOYÁN	8	X			3H		1H		
					HOSPPT FERREÑAFE	74	X				3H			
			I-1	P.S. HUAYRUL	HRDLM	94	X					3H-30'		
					HOSPITAL REGIONAL	110	X				3H-45			
					C. S. MOYÁN	20	X				2H-30'			
			I-1	P.S. CRUZ LOMA	HOSPPT FERREÑAFE	90	X					5H		
					HRDLM	110	X				5H-30'			
					HOSPITAL REGIONAL	115	X				5H-35			
			I-1	P.S. LANCHIPAMPA	C.S. INCAHUASI	9	X					1H-30'		
					HOSPPT FERREÑAFE	160	X				6H-30'			
					HRDLM	180	X				7H			
			I-1	P.S. LANCHIPAMPA	HOSPITAL REGIONAL	190	X					7H-10		
					C. S. MOYÁN	11	X				1H 40'			
					HOSPPT FERREÑAFE	50	X				2H 30'			
			I-2	P.S. PUCHACA	HRDLM	70	X					3H		
					HOSPITAL REGIONAL	80	X				3H 10'			
					HOSPPT FERREÑAFE	155	X				4H-30'			
			I-3	C.S. INKAWUASI	HRDLM	160	X					5H		
					HOSPITAL REGIONAL	175	X				5H-30'			

Fuente: Red de salud Ferreñafe.

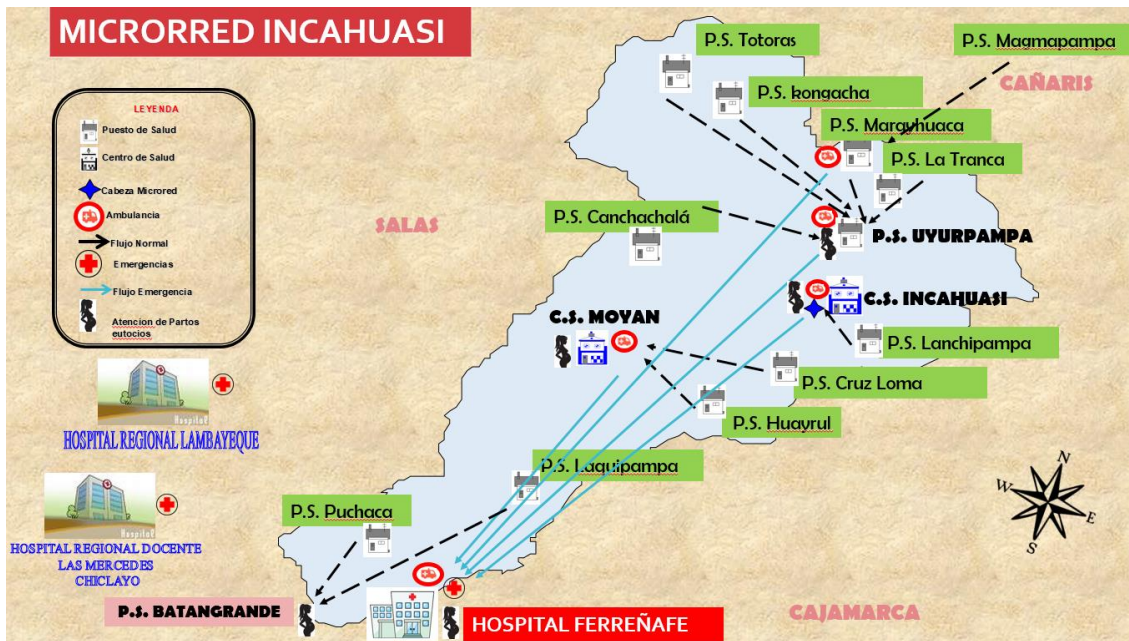
ANEXO 07: GRÁFICOS

GRÁFICOS N°7.1: Población por grupos de edad según su sexo en el distrito de Incahuasi.



Fuente: INEI. Censo 2007.

GRÁFICOS N°7.2: Centros de salud sector Incahuasi.



Fuente: Microred Salud Ferrañafe.

ANEXO 08: PANEL FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N° 8.1: Estado actual del cruce del río Laquipampa con la carretera a Incahuasi.

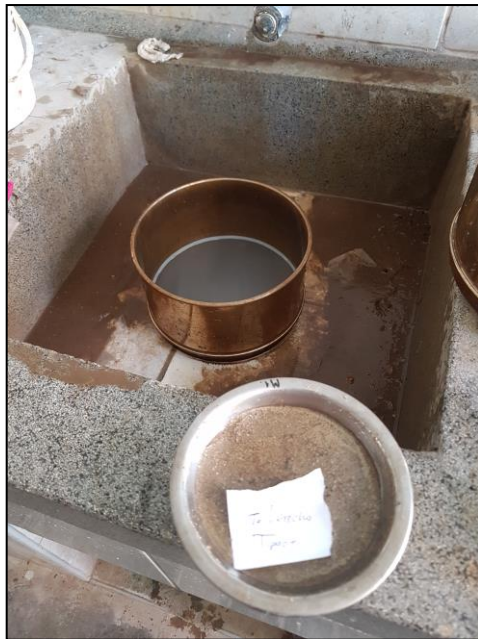






FOTOGRAFÍA N° 8.2: Ensayos de laboratorio.





FOTOGRAFÍA N° 8.3: Trabajo de campo.



