

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



**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE LA
CAÑA BRAVA Y PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE
TECHO CON CONCRETO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

HENRY DAVID FLORES PÉREZ

ASESOR

JUAN IGNACIO LUNA MERA

<https://orcid.org/0000-0003-0245-3137>

Chiclayo, 2021

**ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS
DE LA CAÑA BRAVA Y PROPUESTA DE APLICACIÓN EN
LOSAS DE TECHO CON CONCRETO**

PRESENTADA POR:

HENRY DAVID FLORES PÉREZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

César Eduardo Cachay Lazo

PRESIDENTE

Ángel Alberto Lorrén Palomino

SECRETARIO

Juan Ignacio Luna Mera

VOCAL

DEDICATORIA

“A Dios, por su infinita bondad.”

“A mis padres, por su apoyo incondicional”

“A la Virgen de los Remedios de Litcan, por todas las bendiciones”

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor, el Ing. Juan Ignacio Luna Mera y a los miembros del jurado, el Ing. César Eduardo Cachay Lazo y el Ing. Ángel Alberto Lorrén Palomino, por poder compartir sus valiosos conocimientos y experiencias en el desarrollo de esta investigación.

A toda la plana docente de la Escuela de Ingeniería Civil Ambiental, porque compartieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de la carrera

A los técnicos del laboratorio, por su apoyo en el desarrollo de la tesis.

A todos mis amigos, los cuales compartieron y contribuyeron sus conocimientos en el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN.....	18
ABSTRACT.....	19
I. INTRODUCCIÓN.....	20
II. MARCO TEÓRICO	22
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	22
2.2. BASE TEÓRICO CIENTÍFICA.....	23
2.2.1. RNE. E-020: Cargas. 2006.....	23
2.2.2. RNE. E-060: Concreto Armado. 2009	23
2.2.3. Agregados.....	23
2.2.3.1. NTP 400.012-2001	24
2.2.3.2. NTP 400.017-2011	24
2.2.3.3. NTP 400.021-2002	24
2.2.3.4. NTP 400.022-2013	24
2.2.3.5. NTP 339.185-2013	24
2.2.4. El Concreto.....	25
2.2.4.1. Método del Comité 211 del ACI.....	25
2.2.4.2. NTP 339.033-2009	25
2.2.4.3. NTP 339.035-2009	26
2.2.4.4. NTP 339.034-2008	26
2.2.5. Caña brava.....	26
2.2.5.1. NTP 341.002-1970	26
2.2.6. Diseño por Esfuerzos Admisibles (WSD).....	27
2.2.7. Deflexiones en Elementos de Concreto Armado sometidos a Flexión	27
2.2.7.1. Sección transformada	27
2.2.8. Ley N°28611: Ley General del Ambiente.....	28

III.	METODOLOGÍA	29
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	29
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	29
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	29
3.3.1.	Población.....	29
3.3.2.	Muestra.....	29
3.3.3.	Muestreo.....	29
3.4.	CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	29
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	30
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	30
3.6.1.	Técnicas.....	30
3.6.2.	Fuentes y programas.....	31
3.6.3.	Ensayos de laboratorio	31
3.6.3.1.	Ensayos de los agregados	31
3.6.3.1.1.	Análisis granulométrico de agregado fino y grueso	31
3.6.3.1.2.	Peso unitario del agregado fino y grueso	35
3.6.3.1.3.	Peso específico y absorción del agregado grueso	39
3.6.3.1.4.	Peso específico y absorción del agregado fino.....	41
3.6.3.1.5.	Contenido de humedad del agregado fino y grueso	43
3.6.3.2.	Ensayos al concreto.....	45
3.6.3.2.1.	Elaboración y curado de especímenes de concreto.	45
3.6.3.2.2.	Concreto en estado fresco: Medición del asentamiento	46
3.6.3.2.3.	Concreto en estado endurecido: Resistencia a la compresión	47
3.6.3.3.	Ensayos a la caña brava.....	50
3.6.3.3.1.	Ensayo a tracción paralela a la fibra.....	50
3.6.3.3.2.	Propuesta de ensayo de arrancamiento.....	51
3.6.4.	Diseño.....	53

3.6.4.1.	Diseño de mezcla del concreto.....	53
3.6.4.1.1.	Método del Comité 211 del ACI	53
3.7.	PROCEDIMIENTO	59
3.8.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	59
3.9.	MATRIZ DE CONSISTENCIA	61
3.10.	CONSIDERACIONES ÉTICAS	62
IV.	RESULTADOS.....	63
4.1.	ENSAYOS DE LOS AGREGADOS.....	63
4.1.1.	Agregado fino.....	63
4.1.2.	Agregado grueso	64
4.2.	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO	65
4.2.1.	Para un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm ²	65
4.2.2.	Para un concreto con $f'c$ 175 Kg/cm ²	65
4.3.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	66
4.3.1.	Para un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm ²	66
4.3.2.	Para un concreto con $f'c$ 175 Kg/cm ²	66
4.4.	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICAS DE LA CAÑA BRAVA.....	67
4.4.1.	Diámetro y contenido de humedad.....	67
4.4.2.	Esfuerzo a tracción de la caña brava	69
4.4.3.	Módulo de elasticidad de la caña brava.....	70
4.4.4.	Propuesta de ensayo de arrancamiento: caña brava – concreto.....	72
4.5.	PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE TECHO CON CONCRETO	73
4.5.1.	Propuesta de diseño por esfuerzos admisibles	73
4.5.2.	Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura	76
4.5.3.	Propuesta de cálculo de empalme por traslape de la caña brava.....	76
4.5.4.	Deflexiones en elementos de concreto reforzado sometidos a flexión	77
4.5.4.1.	Sección reforzada con caña brava en tracción.....	77

4.5.4.2.	Sección transformada no fisurada	78
4.5.4.3.	Sección transformada fisurada	80
4.5.4.4.	Capacidad máxima de la sección por esfuerzos admisibles.	82
4.5.4.5.	Control de deflexiones	83
4.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE LOSA.....	85
4.6.1.	Análisis de precios unitarios de la propuesta de losa.....	85
4.7.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	88
V.	DISCUSIÓN.....	89
5.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	89
5.2.	DISEÑO DE MEZCLA	89
5.3.	CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO.....	89
5.3.1.	Caracterización del agua	89
5.3.2.	Ensayo de asentamiento	89
5.3.3.	Resistencia a la compresión	89
5.4.	CARACTERIZACIÓN DE LA CAÑA BRAVA.....	90
5.4.1.	Diámetro.....	90
5.4.2.	Contenido de humedad.....	90
5.4.3.	Esfuerzo a tracción	90
5.4.4.	Módulo de elasticidad	90
5.4.5.	Propuesta de ensayo de arrancamiento: caña brava – concreto.....	91
5.5.	PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE TECHO CON CONCRETO	91
5.5.1.	Propuesta de diseño por esfuerzos admisibles	91
5.5.2.	Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura.....	91
5.5.3.	Propuesta de cálculo de empalme por traslape de la caña brava.....	92
5.5.4.	Deflexiones en elementos de concreto reforzado sometidos a flexión	92
5.5.4.1.	Sección Transformada.....	92
5.5.4.2.	Control de deflexiones	92

5.6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE LOSA	93
5.7.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	93
VI.	CONCLUSIONES	94
VII.	RECOMENDACIONES	95
VIII.	LISTAS DE REFERENCIAS	97
IX.	ANEXOS	99
	ANEXO N° 01: DOCUMENTOS.....	99
	ANEXO N° 02: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS	100
	ANEXO N° 03: DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO.....	106
	ANEXO N° 04: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO	108
	ANEXO N° 05: ENSAYOS A LA CAÑA BRAVA	109
	ANEXO N° 06: PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA DE LOSA	128
	ANEXO N° 07: SECCIÓN TRANSFORMADA DE LOSAS TRADICIONALES	131
	ANEXO N° 08: EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOSAS TRADICIONALES	143
	ANEXO N° 09: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (E.I.A.)	150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.	33
Figura 2. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.	35
Figura 3. Peso unitario suelto del agregado fino.	36
Figura 4. Peso unitario suelto del agregado grueso.	37
Figura 5. Peso unitario compactado del agregado fino.	38
Figura 6. Peso unitario compactado del agregado grueso.	39
Figura 7. Peso específico y absorción del agregado grueso.	40
Figura 8. Peso específico y absorción del agregado fino.	42
Figura 9. Contenido de humedad del agregado fino.	43
Figura 10. Contenido de humedad del agregado grueso.	44
Figura 11. Elaboración de especímenes de concreto.	45
Figura 12. Medición del asentamiento del concreto: 3''.	47
Figura 13. Resistencia a compresión a 7 días. $f'c$ 210 Kg/cm ²	48
Figura 14. Resistencia a compresión a 28 días. $f'c$ 210 Kg/cm ²	49
Figura 15. Resistencia a compresión a 7 días. $f'c$ 175 Kg/cm ²	49
Figura 16. Resistencia a compresión a 28 días. $f'c$ 175 Kg/cm ²	50
Figura 17. Especímenes de caña brava para el ensayo a tracción.	51
Figura 18. Espécimen de caña brava ensayada.	51
Figura 19. Propuesta de ensayo de arrancamiento (antes del ensayo).	52
Figura 20. Propuesta de ensayo de arrancamiento (después del ensayo).	53
Figura 21. Deformaciones y esfuerzos de una sección agrietada.	73
Figura 22. Fórmulas de diseño por esfuerzos admisibles.	74
Figura 23. Medidas de la sección reforzada con caña brava (cm).	77
Figura 24. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración).	78
Figura 25. Fuerzas en el concreto y en la caña brava luego del agrietamiento.	80
Figura 26. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada.	82
Figura 27. Esfuerzos y sección transformada fisurada.	82
Figura 28. Declaración jurada.	99
Figura 29. Panel fotográfico del proceso constructivo de la propuesta de losa.	128
Figura 30. Panel fotográfico de mediciones de las deflexiones.	129
Figura 31. Panel fotográfico de la demolición de la propuesta de losa.	130
Figura 32. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración) (L.M.R.A).	131
Figura 33. Fuerzas en el concreto y en el acero luego del agrietamiento (L.M.R.A).	134

Figura 34. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada (L.M.R.A).	135
Figura 35. Esfuerzos y sección transformada fisurada (L.M.R.A).....	136
Figura 36. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración) (L.A.R.A).	137
Figura 37. Fuerzas en el concreto y en la caña brava luego del agrietamiento (L.A.R.A). ...	139
Figura 38. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada (L.A.R.A).....	141
Figura 39. Esfuerzos y sección transformada fisurada (L.A.R.A).	141
Figura 40. Provincia de Chiclayo dentro de Lambayeque.	156
Figura 41. Distrito de Cayaltí dentro de Chiclayo.	157
Figura 42. Distrito de Cayaltí.	158
Figura 43. Recorrido desde USAT hacia Cayaltí.	158
Figura 44. Caña brava.	160
Figura 45. Caballo de paso.	161
Figura 46. Ropa protectora.....	171
Figura 47. Casco de seguridad.	171
Figura 48. Calzado de seguridad.	172
Figura 49. Protectores de oídos.	172
Figura 50. Lentes de seguridad.....	173
Figura 51. Mascarilla antipolvo.	173
Figura 52. Guantes de seguridad.	174

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado fino	63
Gráfica 2. Curva Granulométrica del agregado grueso.	64
Gráfica 3. Curva de resistencia a la compresión $f'c$ 210 Kg/cm ²	66
Gráfica 4. Curva de resistencia a la compresión $f'c$ 175 Kg/cm ²	67
Gráfica 5. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (11)	70
Gráfica 6. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (11) Amplificada.	71
Gráfica 7. Diagrama de esfuerzo – deformación de la caña brava y concreto.	78
Gráfica 8. Módulo de Elasticidad de la madera, bambú y caña brava.	91
Gráfica 9. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (1)	109
Gráfica 10. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (1) Amplificada.	109
Gráfica 11. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (2)	110
Gráfica 12. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (2) Amplificada.	110
Gráfica 13. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (3)	111
Gráfica 14. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (3) Amplificada.	111
Gráfica 15. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (4)	112
Gráfica 16. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (4) Amplificada.	112
Gráfica 17. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (5)	113
Gráfica 18. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (5) Amplificada.	113
Gráfica 19. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (6)	114
Gráfica 20. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (6) Amplificada.	114
Gráfica 21. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (7)	115
Gráfica 22. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (7) Amplificada.	115
Gráfica 23. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (8)	116
Gráfica 24. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (8) Amplificada.	116
Gráfica 25. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (9)	117
Gráfica 26. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (9) Amplificada.	117
Gráfica 27. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (10)	118
Gráfica 28. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (10) Amplificada.	118
Gráfica 29. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (12)	119
Gráfica 30. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (12) Amplificada.	119
Gráfica 31. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (13)	120
Gráfica 32. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (13) Amplificada.	120
Gráfica 33. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (14)	121

Gráfica 34. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (14) Amplificada.	121
Gráfica 35. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (15)	122
Gráfica 36. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (15) Amplificada.	122
Gráfica 37. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (16)	123
Gráfica 38. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (16) Amplificada.	123
Gráfica 39. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (17)	124
Gráfica 40. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (17) Amplificada.	124
Gráfica 41. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (18)	125
Gráfica 42. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (18) Amplificada.	125
Gráfica 43. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (19)	126
Gráfica 44. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (19) Amplificada.	126
Gráfica 45. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (20)	127
Gráfica 46. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (20) Amplificada.	127
Gráfica 47. Diagrama de esfuerzo – deformación del acero y concreto (L.M.R.A)	131
Gráfica 48. Temperatura máxima y mínima en el distrito de Cayaltí.	159
Gráfica 49. Precipitaciones en el distrito de Cayaltí.	159

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	30
Tabla 2. Especificaciones de límite pasante de agregado fino en porcentaje.....	32
Tabla 3. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.	33
Tabla 4. Especificaciones de límite pasante de agregado grueso en porcentaje.	34
Tabla 5. Análisis granulométrico por tamizado grueso.....	35
Tabla 6. Agregado fino y su peso unitario suelto.....	37
Tabla 7. Agregado grueso y su peso unitario suelto.....	38
Tabla 8. Agregado fino y su peso unitario compactado.....	38
Tabla 9. Agregado grueso y su peso unitario compactado.....	39
Tabla 10. Agregado grueso con peso específico y absorción.....	41
Tabla 11. Agregado fino con peso específico y absorción.....	42
Tabla 12. Contenido de humedad del agregado fino.....	44
Tabla 13. Contenido de humedad del agregado grueso.	44
Tabla 14. Rotura de cilindros a compresión con su tolerancia.....	47
Tabla 15. Velocidad de aplicación de carga.....	47
Tabla 16. Datos de los materiales.....	53
Tabla 17. Resistencia a compresión promedio.....	54
Tabla 18. Valores de asentamiento para diferentes tipos de obra.	54
Tabla 19. Volumen unitario de agua.	55
Tabla 20. Contenido de aire.	55
Tabla 21. Relación agua-cemento por resistencia.....	56
Tabla 22. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	57
Tabla 23. Matriz de Consistencia.....	61
Tabla 24. Resultados de los ensayos al agregado fino de la cantera La Victoria, Pátapo.....	63
Tabla 25. Resultados de los ensayos al agregado grueso de la cantera Tres Tomas, Ferreñafe.	64
Tabla 26. Resultados de la proporción en peso y volumen del concreto con $f'c$ 210 Kg/cm ² . 65	65
Tabla 27. Resultados de la proporción en peso y volumen del concreto con $f'c$ 175 Kg/cm ² . 65	65
Tabla 28. Resistencia a compresión de las probetas de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm ²	66
Tabla 29. Resistencia a compresión de las probetas de concreto con $f'c$ 175 Kg/cm ²	66
Tabla 30. Diámetro y contenido de humedad de la caña brava.....	67
Tabla 31. Resultados del ensayo a tracción de la caña brava.....	69
Tabla 32. Resultados del módulo de elasticidad de la caña brava.	71

Tabla 33. Propuesta de ensayo de arrancamiento. Caña brava – concreto.....	72
Tabla 34. Datos de los materiales para la propuesta de diseño.	73
Tabla 35. Aplicación de las fórmulas de diseño por esfuerzos admisibles.	74
Tabla 36. Cálculo del momento actuante en losa simplemente apoyada.	75
Tabla 37. Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura.	76
Tabla 38. Propuesta de cálculo de la longitud de desarrollo de la caña brava.	76
Tabla 39. Calculo de la cuantía de la caña brava.	77
Tabla 40. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada.	78
Tabla 41. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada.	79
Tabla 42. Cálculo del momento de agrietamiento.....	79
Tabla 43. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava.	79
Tabla 44. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada.	81
Tabla 45. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada.	81
Tabla 46. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava.	81
Tabla 47. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y caña brava.	83
Tabla 48. Cálculo del momento actuante.	83
Tabla 49. Cálculo del módulo de elasticidad de la sección compuesta.....	84
Tabla 50. Control de deflexiones con simulación de carga distribuida (agua).	84
Tabla 51. Control de deflexiones con simulación de carga distribuida (arena).	84
Tabla 52. Análisis de costos unitarios de encofrado y desencofrado de la propuesta de losa maciza.....	85
Tabla 53. Análisis de costos unitarios de concreto de la propuesta de losa maciza.....	86
Tabla 54. Análisis de costos unitarios de caña brava de la propuesta de losa maciza.	87
Tabla 55. Presupuesto de la propuesta de losa maciza.....	87
Tabla 56. Módulo de Elasticidad de la madera, bambú y caña brava.	90
Tabla 57. Cuadro comparativo de los momentos admisibles en diferentes tipos de losa.	92
Tabla 58. Cuadro comparativo de costos en diferentes tipos de secciones de losa.....	93
Tabla 59. Calculo de la cuantía del acero (L.M.R.A)	131
Tabla 60. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada (L.M.R.A).....	132
Tabla 61. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada (L.M.R.A)	132
Tabla 62. Cálculo del momento de agrietamiento (L.M.R.A)	132
Tabla 63. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y en el acero (L.M.R.A).....	133
Tabla 64. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada (L.M.R.A).....	134

Tabla 65. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada (L.M.R.A).	134
Tabla 66. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava (L.M.R.A)	134
Tabla 67. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y acero (L.M.R.A).....	136
Tabla 68. Calculo de la cuantía de la caña brava (L.A.R.A).....	136
Tabla 69. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada (L.A.R.A)	137
Tabla 70. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada (L.A.R.A)	138
Tabla 71. Cálculo del momento de agrietamiento (L.A.R.A)	138
Tabla 72. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y en el acero (L.A.R.A).....	138
Tabla 73. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada (L.A.R.A)	140
Tabla 74. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada (L.A.R.A)..	140
Tabla 75. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava (L.A.R.A).....	140
Tabla 76. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y acero (L.A.R.A)	142
Tabla 77. Análisis de costos unitarios de encofrado y desencofrado de losa maciza (L.M.R.A)	143
Tabla 78. Costos unitarios de concreto de losa maciza (L.M.R.A).....	144
Tabla 79. Costos unitarios del acero de losa maciza (L.M.R.A).....	145
Tabla 80. Presupuesto de losa maciza (L.M.R.A).....	145
Tabla 81. Costos unitarios de encofrado y desencofrado de losa aligerada (L.A.R.A)	146
Tabla 82. Análisis de ladrillo hueco de arcilla de 15x30x30 cm (L.A.R.A)	147
Tabla 83. Análisis de costos unitarios de concreto de losa aligerada (L.A.R.A).....	148
Tabla 84. Análisis de costos unitarios del acero de losa aligerada (L.A.R.A)	149
Tabla 85. Presupuesto de losa aligerada (L.A.R.A)	149
Tabla 86. Equipo multidisciplinario.....	156
Tabla 87. Entidad autorizada.....	156
Tabla 88. Indicadores de desarrollo social.	162
Tabla 89. PEA ocupada según actividad económica.....	162
Tabla 90. Ficha de identificación de pasivos ambientales – Caña brava.	163
Tabla 91. Matriz de Leopold.	166
Tabla 92. Factores de contaminación del suelo.....	174
Tabla 93. Factores de medida del suelo.	175
Tabla 94. Focos de contaminación en la atmósfera.....	175
Tabla 95. Factores contaminantes de la atmósfera.....	175
Tabla 96. Focos de contaminación de la flora.....	176

Tabla 97. Factores de contaminación de la flora.....	176
Tabla 98. Focos de contaminación de la fauna.	176
Tabla 99. Factores de contaminación de la fauna.	176
Tabla 100. Focos de contaminación del paisaje.....	177
Tabla 101. Factores de contaminación del paisaje.....	177
Tabla 102. Focos de contaminación de la población.	177
Tabla 103. Factores de contaminación de la población.....	177

RESUMEN

El presente proyecto de investigación denominado Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto, se basa en la necesidad de buscar una alternativa accesible, renovable y ecológica; como es la caña brava y proponerla como sustituto del acero en losas macizas de techo de concreto, generando desarrollo en el ámbito social, económico y ambiental. Para alcanzar este objetivo inicialmente se realizó el ensayo a tracción a la caña brava donde se determinó su esfuerzo a tracción y módulo de elasticidad; datos esenciales para el diseño estructural por esfuerzos admisibles de una sección de losa maciza de techo simplemente apoyada. Posteriormente se construyó la propuesta de diseño de losa a escala real para evaluar su comportamiento estructural mediante un control de deflexiones. Además, se realizó una evaluación económica y de impacto ambiental. Concluyendo que la propuesta de aplicación si cumple con los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.

PALABRAS CLAVE: caña brava, ensayo a tracción y losa de techo ecológica.

ABSTRACT

The present research project called Study of the physical-mechanical characteristics of brave cane and application proposal in concrete roof slabs is based on the need to find an accessible, renewable and ecological alternative; such as brave cane and propose it as a substitute for steel in solid concrete roof slabs, generating development in the social, economic and environmental fields. In order to achieve this objective, initially, the tensile test was carried out on brave cane where its tensile stress and modulus of elasticity were determined; essential data for the structural design by allowable stresses of a section of solid roof slab simply supported. Subsequently, the full-scale slab design proposal was built to evaluate its structural behavior using a deflection control. Also, an economic and environmental impact assessment was carried out. Concluding that the application proposal does comply with the design parameters of the National Building Regulations.

KEYWORDS: brave cane, tensile test and ecological roof slab.

I. INTRODUCCIÓN

Según Barrionuevo [1], en nuestro país se evidencia una gran necesidad de vivienda, que cumpla con los parámetros establecidos para que esta sea segura y habitable; particularmente para las familias carentes de recursos, además de eventos sísmicos y daños al ecosistema. Investigaciones hechas en nuestro país y demás estados han demostrado las propiedades del bambú y de la caña brava como “estructura sismo resistente, cerramiento o estructura decorativa. Sin embargo, su utilidad para la vivienda social es limitada ya que la población la emplea de manera precaria”.

En ese contexto, se propone y se desarrolla esta investigación donde se basa en la necesidad de buscar una alternativa accesible, renovable y ecológica; como la caña brava y proponerla como sustituto del acero en losas macizas de techo de concreto, generando el desarrollo en el ámbito social, económico y ambiental. La importancia y justificación que respaldan el desarrollo de este proyecto de investigación en los diferentes aspectos, se describen a continuación:

- **En el ámbito técnico:**

Esta investigación está orientada al estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava; el cual permitirá aplicar ensayos a tracción en el laboratorio de la escuela de Ingeniería de Materiales - Universidad Nacional de Trujillo, ya que el laboratorio de nuestra universidad no cuenta con los equipos necesarios para realizar dicho estudio.

También está orientada en una propuesta de aplicación en losas macizas de techo compuesta de caña brava y concreto; lo cual permitirá aplicar diseños y técnicas existentes con lo que respecta a parámetros como el diseño estructural; todo esto tomando como referencia las normas, reglamentos y manuales vigentes aplicables en nuestro país.

Además, se hará un aporte con la elaboración de conclusiones, recomendaciones, prevenciones y criterios técnicos acerca del diseño y construcción de la propuesta de losa; la cual será útil para profesionales y estudiantes que realicen estudios o investigaciones similares.

- **En el ámbito científico:**

El proyecto pretende contribuir con el conocimiento de las características físico-mecánicas de la caña brava y la propuesta de diseño estructural de la losa maciza utilizándola como material propio de nuestro país ya que es un recurso renovable, ecológico, versátil y liviano; generando así un gran aporte a la investigación científica, de manera que beneficiará como apoyo para proyectos de investigación a futuro.

- **En el ámbito social:**

Este proyecto de investigación se identifica con la realidad de las familias que perciben bajos ingresos y que habitan en viviendas en estado precario y carente de servicios básicos, por lo que se presenta una propuesta que esté a su alcance y que cumpla con las exigencias de habitabilidad y seguridad.

- **En el ámbito económico:**

Con la propuesta del proyecto de investigación, se ha analizado los costos de construcción de una sección de losa maciza con una luz libre de 3 m. sustituyendo el acero por la caña brava, generando un comparativo con las losas tradicionales.

- **En el ámbito ambiental:**

Con la propuesta de losa; se pretende minimizar los impactos negativos ambientales causado por el acero, generando un impacto ambiental favorable; en un rango del 15 al 20% de acero en losas aligeradas.

Basándonos en las justificaciones descritas anteriormente, afirmamos que el proyecto de investigación propuesto es una alternativa para que la construcción de una losa maciza sea económica y ecológica.

Finalmente describiremos los objetivos, los cuales nos permiten desarrollar esta investigación:

Objetivo general:

- Realizar el estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y proponer su aplicación en losas de techo con concreto.

Objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de la caña brava por medio de ensayos de laboratorio.
- Elaborar el diseño estructural de la propuesta de losa.
- Construir la propuesta de diseño de losa a escala real para evaluar su comportamiento estructural mediante un control de deflexiones.
- Evaluar económicamente la propuesta de losa con los sistemas convencionales de losas.
- Realizar una evaluación de impacto ambiental que causaría esta propuesta de losa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En el presente proyecto de investigación denominado: *Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto*; mencionaremos algunas investigaciones realizadas sobre este problema de estudio con su respectiva síntesis conceptual:

- **Barrionuevo, Raquel. “Investigación tecnológica aplicada: Domocaña”. Artículo de investigación. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Ingeniería – Lima, 2011.**

En este artículo de investigación se basa en que para la elaboración y construcción de un techo que use recursos de la zona, que sea fácil de construir y sea resistente ante la presencia de un sismo. Se propuso los materiales con características excelentes de resistencia como el carrizo, la caña brava y bambú. Para las características de seguridad y habitabilidad, con bajos costos, se emplearon la malla gallinero, que está revestido de mortero, arena-cemento o barro. Esto con la finalidad de que la comunidad y pequeñas microempresas se beneficien. Se construyeron dos tipos de techos, una con estudiantes y otra con la comunidad, el resultado fue satisfactorio ya que nunca habían construido con este tipo de material. [1, p. 54]

- **Miranda Hospinal Oscar. “Estudio e investigación del aporte estructural de la caña brava, en edificaciones con quincha”. Tesis de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería–Lima, 1987.**

En la presente investigación [2], el autor describe y discute ensayos experimentales de muros antiguamente llamados “modernos” de quincha con variante de entramado y tejido de la caña, llevados a cabo como parte de un proyecto conjunto de investigación entre el Instituto Nacional y Normalización de la Vivienda (ININVI), y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

- **Rivva López, Enrique. “Diseño de mezclas”. Libro de Tecnología del Concreto. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, 2015. Tercera edición.**

El presente libro pretende ser:

... un aporte adicional al conocimiento del concreto y, en concreto, está orientado al estudio de los procedimientos a seguir para la elección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto,

que solemos llamar diseño de mezcla. Este libro intentó combinar experiencias de laboratorio y trabajo con conocimientos teóricos y ejemplos prácticos. [3, p. 1]

- **Ottazzi Pasino, Gianfranco. “Apuntes del curso Concreto Armado I”. Libro de Concreto Armado I. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, 2015. Decimoquinta edición.**

El presente libro tuvo como:

... Objetivo principal contribuir al mejoramiento de la docencia en la carrera de Concreto Armado I, que se imparte en el Departamento de Ingeniería y Ciencia e Ingeniería de la Sección de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Enmarca los principios básicos de la estática y la mecánica de los materiales, ya que se presentan los aspectos básicos del comportamiento de las secciones y elementos simples del Concreto Armado. Además, explica la procedencia o sustento de las múltiples disposiciones del Código y Normas del Concreto Armado, en particular la Norma Peruana E-060, para no transformar estas disposiciones en reglas o recepciones absolutas para ser implementadas sin conocer su origen, limitaciones y grado. [4].

2.2. BASE TEÓRICO CIENTÍFICA

2.2.1. RNE. E-020: Cargas. 2006

En esta norma del RNE nos indica que las cargas según el uso que se coloquen a las edificaciones tendrán que ser resistidas. Para las combinaciones prescritas que estas actúan, no deberán deformar a cada material estructural, las cargas que se utilicen en esta norma no deberán ser menores a los valores mínimos establecidos. El complemento de la presente norma es la norma técnica E-030. [5, p. 1].

2.2.2. RNE. E-060

En esta norma de la RNE se establece que la vigilancia del hormigón prefabricado y simple, como los requisitos mínimos de análisis, construcción, diseño, materiales, control de calidad, especificaciones técnicas y planos del proyecto, se debe cumplir con lo que dice esta norma, ya que tiene la mayor importancia en caso de que no sea coherente con otras normas. [6, p. 1].

2.2.3. Agregados

Se debe hacer una buena selección de los agregados, ya que estos ocupan las tres cuartas partes del volumen del concreto, además estos elementos proveen estabilidad y durabilidad al concreto.

A continuación, describiremos las normas técnicas peruanas necesarias que fueron utilizadas en los ensayos de los agregados:

2.2.3.1.NTP 400.012-2001

AGREGADOS. Este ensayo define el método de tamizado con el fin de determinar los tamaños de las partículas de agregado fina, gruesa y total, estos hallazgos se utilizarán para las especificaciones técnicas de las obras y también para correlacionar el embalaje y esponjamiento. [7, p. 1-2].

2.2.3.2.NTP 400.017-2011

AGREGADOS. Método de prueba estandarizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y vaciar en elementos adicionales. Este experimento determina el peso unitario de los agregados sueltos y compactados y el vacío de los agregados delgados, gruesos y mixtos. Además, se puede aplicar para aquellos áridos que no superen un tamaño nominal máximo de 125 mm. Este tipo de prueba se utiliza para calcular la densidad de masa requerida en los diseños de mezclas de concreto, que son de gran importancia en la selección de proporciones. [8, p. 1].

2.2.3.3.NTP 400.021-2002

AGREGADOS. Método de ensayo estandarizado para peso especificado y absorción del agregado grueso. Esta prueba determina el peso específico (seco, saturado con seco, superficie aparente) y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. Los valores obtenidos se utilizarán en el cálculo, diseño de mezclas y comprobación de sus características físicas. Esta prueba no está permitida en agregados finos. [9, p. 1]

2.2.3.4.NTP 400.022-2013

AGREGADOS. Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción de agregados finos. Esta prueba determina la densidad promedio, la densidad relativa y la absorción del agregado delgado. Además, la densidad de partículas adicionales se distingue de la densidad aparente (como el de la NTP 400.036). [10, p. 1].

2.2.3.5.NTP 339.185-2013

AGREGADOS. Método de prueba estandarizado para el contenido de humedad evaporativa total de los áridos secantes. Esta prueba determina la relación de humedad totalmente evaporada

en adición fina o espesa por secado. Además, no tiene en cuenta la proporción de agua que se mezcla químicamente con minerales añadidos, que es poco probable que se evapore. [11, p. 1].

2.2.4. El Concreto

Según Ottazzi el concreto está compuesto por agua, agregados y material cementante. Entre 60 – 75% del volumen total del concreto representa el agregado, del 7 – 15% cemento y entre 1 - 3% es aire atrapado. El concreto tiene una alta resistencia en compresión, pero muy baja en tracción. [4].

Según Rivva mencionó que, para tener una especificidad de calidad, se debe tener conocimiento del material y de la calidad del profesional responsable, pero se desconocen varios aspectos como propiedades, selección de proporciones, mantenimiento de los elementos estructurales y control de calidad. Un elemento importante que influye en la calidad del concreto endurecido, separa las partículas del árido y se obtiene por combinación del material cementante con agua, es la pasta que también se conoce como la fase continua del concreto y la fase discontinua en el agregado. El gel que se forma al hacer reaccionar el cemento con agua. Es muy importante establecer los tipos de detalles. [3].

2.2.4.1. Método del Comité 211 del ACI

Según Rivva, el Comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas de las tablas que se mostraran en 3.6.4.1.1, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto. [3, p. 131].

2.2.4.2. NTP 339.033-2009

CONCRETO. Práctica estandarizada para la preparación y curado de probetas de concreto en campo. En esta norma técnica Peruana establece los procesos para la preparación y tratamiento de probetas cilíndricas y vigas de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción. El concreto utilizado para hacer las muestras moldeadas debe tomarse una muestra después de que se hayan realizado todos los ajustes en el sitio para la dosificación de la mezcla, incluida la incorporación de agua mezclada y aditivos. Este método no es satisfactorio para preparar muestras de concreto que no tienen un asentamiento medible o necesitan otros tamaños o formas de muestras. [12, p. 1].

2.2.4.3.NTP 339.035-2009

CONCRETO. Método de ensayo para medir el asentamiento del concreto de cemento Portland. En esta norma técnica peruana se establece el método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland, tanto en laboratorio como en campo. Este método se utiliza para materiales plásticos individuales con tamaños del agregado de hasta 37,5 mm. Si es mayor el agregado, se aplica el método cuando la proporción de concreto pasa por el tamiz 37,5 mm, retirando los agregados mayores como se describe en NTP 339.036. [13, p. 1]

2.2.4.4.NTP 339.034-2008

CONCRETO. Método de ensayo estandarizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Esta norma técnica peruana establece la medición de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos y extracciones de diamantina de concreto. [14, p. 1].

2.2.5. Caña brava

Según la Universidad de Antioquia lo describe de la siguiente manera:

Familia: Poaceae.

Nombre Científico: Gynerium sagittatum

Nombre Común: Caña Brava.

Descripción: Planta herbácea que alcanza los 5 o 6 m de altura, de tallos gruesos y huecos, de hasta 2 o 4 cm de diámetro. Hojas dispuestas en forma de abanico, lineales y aserradas. Tiene una gran panícula de flores frondosas, llamada zacuara, de hasta un m de largo en el extremo superior del tallo. Fruto de alrededor de 1 mm de longitud.

Usos: decorativo; utilizado para hacer flechas, arpones y dardos, así como en la construcción de viviendas y en la artesanía; con sus fibras se producen objetos como cestas y sombreros. También se utiliza en la producción de cercas y jaulas; tiene propiedades terapéuticas. Se utiliza como diurético, anémico, antiinflamatorio, gonorrea, reumatismo, gota y es depurativo de la sangre.

Origen: Centro y Sur América. [15].

A continuación, describiremos el ensayo utilizado que ha sido adaptado para la caña brava:

2.2.5.1.NTP 341.002-1970

ACERO Ensayo de tracción para acero. En esta norma técnica peruana se establecen los términos que deben cumplirse para las pruebas de tracción de todos los productos de acero, con excepción de los productos planos de menos de 3 mm de espesor, tubos, alambres y barras de menos de 4 mm de diámetro probados de acuerdo con las normas de ITINTEC. La prueba

implica la presentación de una probeta de las características establecidas, incluso esfuerzo de tracción para determinar una o más de las características mecánicas mencionadas en esta norma. La prueba debe realizarse a temperatura ambiente. [16, p. 1].

Observación: esta norma de acero ha sido adaptada para el ensayo a tracción de la caña brava.

2.2.6. Diseño por Esfuerzos Admisibles (WSD)

Según Ottazzi, mencionó:

- a) El análisis y diseño de la estructura se hace bajo combinaciones de cargas operativas sin amplificación.
- b) Se asume que el concreto sometido a cargas de servicio se comporta linealmente, siempre que los esfuerzos de compresión en el concreto no superen aproximadamente 0.4 a $0.5 f'c$.
- c) Los esfuerzos en acero y concreto, sujetos a cargas de servicio, no pueden exceder ciertos valores establecidos por los Estándares conocidos como esfuerzos permisibles o permisibles. Por ejemplo, para el diseño de doblado de una sección de concreto armado, los esfuerzos permitidos son a menudo:

$$\text{Compresión en el concreto: } \sigma_c \leq 0.45 f'c$$

$$\text{Tracción en el acero: } f_s \leq 0.5 f_y$$

- d) El coeficiente de seguridad se fija sobre los esfuerzos del concreto y del acero como una fracción de sus resistencias ($f'c$, f_y). [4].

2.2.7. Deflexiones en Elementos de Concreto Armado sometidos a Flexión

Ottazzi mencionó que la mayor parte del tiempo (por no decir todo) los artículos se solicitan por carga de servicio y no por cargas amplificadas o últimas; por tanto, es necesario comprobar que los elementos no superen los Estados Límite de Servicio. Así que se va “estimar” las deflexiones originadas por la flexión, no se presentará metodología alguna para estimar las deflexiones originadas por la fuerza cortante (fisuración diagonal) ni la originada por las pérdidas de adherencia que se producen en la vecindad de las grietas de flexión. No olvidar que las deflexiones en elementos a flexión de concreto armado, se determinan bajo cargas de servicio usando la sección transformada agrietada o no. [4].

2.2.7.1. Sección transformada

Según Gonzales, mencionó que la idea de la sección transformada se utiliza a menudo para calcular algunas propiedades geométricas en una sección compuesta por dos materiales (acero y concreto), como la profundidad del eje neutro (c) y el momento de inercia de las vigas sometidas a cargas operativas. La sección transformada se utilizó en el método de diseño por teoría elástica,

para reducir el problema de una sección bimaterial al problema de una sección uniforme (generalmente de concreto). Para obtener la sección transformada de una viga, el área de acero se reemplaza con un área equivalente de concreto, determinada multiplicando el área de acero por la relación entre el módulo de elasticidad del acero y el módulo de elasticidad del concreto. [17].

2.2.8. Ley N°28611: Ley General del Ambiente

Esta Ley es el estándar informático del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece principios y estándares básicos para asegurar que los derechos a un medio ambiente sano, equilibrado y adecuado se ejerzan eficazmente para el pleno desarrollo de la vida, y para cumplir con el deber de contribuir a una gestión ambiental eficaz y proteger el medio ambiente y sus componentes. Con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr un desarrollo sostenible. [18, p. 3].

III. METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es del tipo experimental, ya que se realizan una comparación entre los ensayos y la hipótesis, la cual permite interpretar los datos obtenidos.

De acuerdo con el objetivo final de esta investigación, se considera aplicada, porque busca mejorar lo conocido y encontrar una solución a la situación actual.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación presenta un enfoque de forma cuantitativa, ya que en el plan de acción se examinaron hechos los cuales se cuantifican y analizan para comprobar la hipótesis.

En el proceso de esta investigación, se emplearon métodos y técnicas a través de ensayos para obtener datos, luego evaluar lo planteado y así poder proponer una solución que concuerde con el objetivo propuesto.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población

La población que se presenta en esta investigación son las cañas bravas extraídas y comercializadas en la región Lambayeque.

3.3.2. Muestra

Como muestra se tomará de las cañas bravas comercializadas en la región Lambayeque, son el lote de 50 cañas bravas compradas en la esquina de la calle Juan Cuglievan y Av. Augusto B. Leguía del distrito de Chiclayo, proveniente de los cultivos del distrito de Cayaltí.

3.3.3. Muestreo

En la presente investigación, no fue necesario emplear fórmulas para encontrar la muestra, lo que el investigador crea conveniente. Con esto nos permitirá interpretar el módulo de elasticidad y esfuerzo a tracción de la caña brava. Por lo cual, los resultados de la información que se obtendrán son importantes para el diseño estructural propuesto.

3.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

Se basa en la calidad del producto visible. Con respecto a las cañas bravas se observaron que no estén chancadas, rotas ni apolladas. Además, se registraron la medida de su contenido de humedad con un higrómetro, su diámetro interno y externo con un vernier digital.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de variables.

VARIABLES		Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Índice
Independiente	Dependiente				
Propiedades que aseguren la adherencia entre la caña brava y el concreto	Caña Brava	Características físicas	Diámetro interno y externo	Vernier digital	cm
			Longitud	Wincha	m
			Contenido de humedad	Higrómetro	%
		Características mecánicas	Esfuerzo a tracción	Maquina Universal de ensayos.	Kg/cm ²
			Módulo de elasticidad		
		Propuesta de diseño y construcción de una losa maciza de techo de concreto sustituyendo al acero por la caña brava	Diseño estructural	Diseño	Excel
	Planos			AutoCAD	
	Características mecánicas de la propuesta de losa		Deflexión	Estación total	mm
			Resistencia a compresión del concreto	Prensa para el mencionado ensayo	f'c
	Costo de la losa		Metrados	Excel	Nominal
			Presupuesto	S10	
	Evaluación de Impacto ambiental	Análisis cualitativo	Excel	Nominal	

Fuente: Elaboración propia.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

- **Observación científica:** Es la técnica de recopilar datos, los cuales ayudan a resolver el problema del proyecto. Con esta técnica se emplearon en los ensayos para seleccionar la caña brava donde se observaron las variables en su contexto natural.
- **Experimentos:** Para modificar el comportamiento de las variables dependientes, se tendrá que manipular las variables independientes, el fin es medir el comportamiento de sus propiedades.
- **Análisis de contenidos:** Se han utilizado fuentes bibliográficas para el desarrollo de esta investigación.

3.6.2. Fuentes y programas

Las fuentes esenciales para el desarrollo de esta investigación son las siguientes:

- Las normas técnicas peruanas para los ensayos de los agregados son las siguientes:
 - ✓ NTP 400.012-2001. [7].
 - ✓ NTP 400.017-2011. [8].
 - ✓ NTP 400.021-2002. [9].
 - ✓ NTP 400.022-2013. [10].
 - ✓ NTP 339.185-2013. [11].
- Las normas técnicas peruanas para los ensayos del concreto son las siguientes:
 - ✓ NTP 339.033-2009. [12].
 - ✓ NTP 339.035-2009. [13].
 - ✓ NTP 339.034-2009. [14].
- La norma técnica peruana para el ensayo de la caña brava ha sido adaptada de la siguiente:
 - ✓ NTP 341.002-1970. [16].
- Las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones son las siguientes:
 - ✓ E-020. Cargas. 2006. [5].
 - ✓ E-060. [6].
- Apuntes del curso de concreto armado I, Autor: Gianfranco Ottazzi Pasino.
- Diseño de mezclas, Autor: Enrique Rivva López.
- Ley N°28611: Ley General del Ambiente. [18].

3.6.3. Ensayos de laboratorio

3.6.3.1. Ensayos de los agregados

3.6.3.1.1. Análisis granulométrico de agregado fino y grueso

En [7, p. 3] se explica como: “Una muestra de agregado seco, de masa conocida, es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas”

Normativa: NTP 400.012

Especificaciones técnicas:

i) Agregado fino. Cantera: La Victoria, Pátapo.

Se presentan las siguientes especificaciones:

Tabla 2. Especificaciones de límite pasante de agregado fino en porcentaje.

Malla	Porcentaje que pasa (%)
(1/2'')	100
(3/8'')	100
(N°04)	95 – 100
(N°08)	80 – 100
(N°16)	50 – 85
(N°30)	25 – 60
(N°50)	10 – 30
(N°100)	2 – 10

Fuente: ASTM C-33

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 3]:

- Balanza electrónica
- Brocha
- Cucharones
- Juego de tamices (1/2'', 3/8'', N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo); son puestas en armaduras construidas de tal manera se minimice la pérdida de material durante el tamizado.
- Tazones
- Agregado fino

Procedimiento [19, pp. 4–6]:

- Tener la muestra del agregado fino totalmente seco.
- Se pesa 500 gramos de la muestra.
- Se arma el juego de tamices (1/2'', 3/8'', N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y fondo)
- El tamizado se hace de forma manual, tomando cada tamiz con tapa y base e imprimiéndole movimientos de vaivén.
- Se tamiza en la Malla 1/2'', 3/8'', N°04, donde en el tamiz N°04 se obtuvo la primera retención del material.
- Luego se realiza el mismo procedimiento con los siguientes tamices de la serie: N°08, N°16, N°30, N°50 y N°100 y fondo (bandeja), anotando los pesos retenidos en cada tamiz.
- Se realizan los cálculos respectivos para determinar el porcentaje acumulado retenido y el acumulado que pasa.

Figura 1. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino.

Malla		Peso Retenido	(% Retenido)	(% Acumulado Retenido)	(% Acumulado Que Pasa)	Especificaciones	
Código	(mm)						
½"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	12	2.5	2.5	97.5	95	100
N° 08	2.360	62	12.8	15.2	84.8	80	100
N° 16	1.180	126	25.9	41.2	58.8	50	85
N° 30	0.600	122	25.1	66.3	33.7	25	60
N° 50	0.300	68	14.0	80.2	19.8	10	30
N° 100	0.150	60	12.3	92.6	7.4	2	10
Fondo		36	7.4	100.0	0.0		

Fuente: Elaboración propia.

- Teniendo los porcentajes acumulados retenidos, se calcula el módulo de fineza con la siguiente ecuación:

$$MF = \frac{N^{\circ}04 + N^{\circ}08 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

$$MF = \frac{2.5 + 15.2 + 41.2 + 66.3 + 80.2 + 92.6}{100} = 2.979$$

- Finalmente se grafica la curva granulométrica comparándola con los husos granulométricos respectivos. La curva mencionada se muestra en el capítulo 04 de resultados.

ii) Agregado grueso. Cantera: Tres Tomas, Ferreñafe.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla las especificaciones normada por la ASTM C33.

Tabla 4. Especificaciones de límite pasante de agregado grueso en porcentaje.

Tamaño Nominal	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2''	1 ½''	1''	¾''	½''	3/8''	Nº04	Nº08
2''	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-
1 ½''	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-
1''	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5
¾''	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5
½''	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5
3/8''	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10

Fuente: ASTM C-33

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 3]:

- Balanza electrónica
- Juego de tamices (2'', 1 ½'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', Nº04, Nº08, Nº16 y fondo); son puestas en armaduras construidas de tal manera se evite las pérdidas de material durante el tamizado.
- Brocha
- Cucharones
- Tazones
- Agregado fino

Procedimiento [19, p. 8]:

- Tener la muestra del agregado grueso totalmente seco.
- Se pesa 5,000 gramos de la muestra.
- Se arma el juego de tamices (2'', 1 ½'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', Nº04, Nº08, Nº16 y fondo)
- El tamizado se hace de forma manual, tomando cada tamiz con tapa y base e imprimiéndole movimientos de vaivén.
- Se tamiza en la Malla 2'', 1 ½'', 1'', ¾'', donde en el tamiz de ¾'' se obtuvo la primera retención del material.
- Luego se realiza el mismo procedimiento con los siguientes tamices de la serie: ½'', 3/8'', Nº04, Nº08, Nº16 y fondo (bandeja), anotando los pesos retenidos en cada tamiz.
- Se realizan los cálculos respectivos para determinar el porcentaje retenido acumulado y el acumulado que pasa.

Figura 2. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso.

Malla		Peso Retenido	(%) Retenido	(%) Acumulado Retenido	(%) Acumulado Que Pasa	Especificaciones	
Código	(mm)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	490.0	9.8	9.8	90.2	90.0	100.0
1/2"	12.70	2,330.0	46.6	56.4	43.6	-	-
3/8"	9.52	1,085.0	21.7	78.1	21.9	20.0	55.0
Nº 04	4.75	1,065.0	21.3	99.4	0.6	0.0	10.0
Nº 08	2.36	15.0	0.3	99.7	0.3	0.0	5.0
Nº 16	1.19	0.0	0.0	99.7	0.3	-	-
Fondo		15.0	0.3	100.0	0.0		
Tamaño Máximo			1"				
Tamaño Máximo Nominal			3/4"				

Fuente: Elaboración propia.

- Finalmente se grafica la curva granulométrica haciendo una comparación con los demás usos granulométricos respectivos. La curva mencionada se muestra en el capítulo 04 de resultados.

3.6.3.1.2. Peso unitario del agregado fino y grueso

En [8, p. 3] se explica como: “Este método de ensayo es usado para determinar los valores de densidad de masa que son necesarios para usos en muchos métodos de selección de proporciones para mezclas de concreto.”

Normativa: NTP 400.017

3.6.3.1.2.1. Peso unitario suelto del agregado fino y grueso.

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 26]:

- Balanza electrónica
- Bandeja
- Brocha
- Cucharón de kilo
- Moldes de compactación de 6''.
- Varilla lisa de 5/8'' con puntas redondas
- Agregado

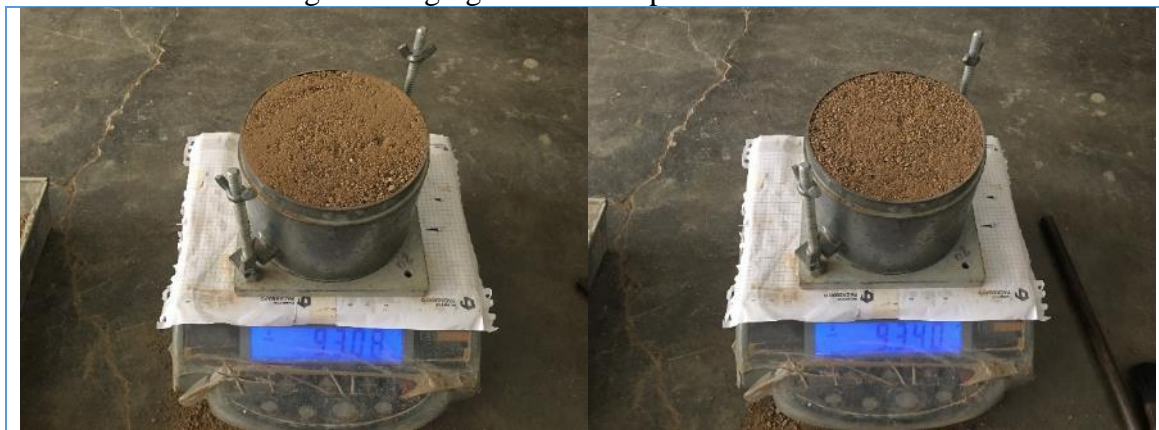
3.6.3.1.2.1.1. Peso unitario suelto del agregado fino.

Es la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable.

Procedimiento. [19, pp. 27–29]:

- Determinar la masa del molde vacío registrando para cálculos posteriores. Eliminamos el material excedente con una regla.
- Llenar el molde de agregado.
- Llenar el agregado fino al ras del molde para luego quitar las orejeras.
- Una vez quitada las orejeras el molde va a quedar completamente lleno, debiendo enrasar con la varilla.
- Limpiar con una brocha el agregado que ha quedado fuera del molde.
- Pesar con todo el molde el agregado fino.

Figura 3. Agregado fino con peso unitario suelto



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Agregado fino con peso unitario suelto.

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g.)	9,308	9,340
2.- Peso del recipiente	(g.)	6,098	6,098
3.- Peso del material		3,210	3,242
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00216	0.00216
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1,493	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1,487	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.2.1.2. Peso unitario suelto del agregado grueso

Es la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura el agregado (5cm aproximadamente), en un recipiente de volumen conocido y estable.

Procedimiento. [19, p. 30]:

- Se usa el molde de compactación de 6'', donde se pesa aproximadamente 5,000 g de agregado grueso.
- Ajustar la base con el collarín, vertimos el agregado grueso a 5 cm. (caída libre).
- Quitar el collarín y enrasamos, de tal forma que no sobre ni falte agregado. Se pesa el molde con el agregado grueso.
- Este procedimiento se debe repetir dos veces como mínimo.
- Los resultados no deben diferir en más de 1%.

Figura 4. Peso unitario suelto del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Agregado grueso con peso unitario suelto.

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	13,456	13,460
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8,972	8,972
3.- Peso del material		4,484	4,488
4.- Constante \dot{O} Volumen	(m ³)	0.00313	0.00313
5.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1,434	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m³)	1,430	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.2.2. Peso unitario compactado del agregado fino y grueso.

3.6.3.1.2.2.1. Peso unitario compactado del agregado fino.

Procedimiento. [19, p. 32]:

- Se debe rellenar el molde cada 1/3, compactándolo con la varilla 25 veces en cada capa.

Figura 5. Peso unitario compactado del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Agregado fino con peso unitario compactado.

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g.)	9,648	9,628
2.- Peso del recipiente	(g.)	6,098	6,098
3.- Peso del material		3,550	3,530
4.- Constante \dot{O} Volumen	(m ³)	0.00216	0.00216
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1,639	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m³)	1,632	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.2.2. Peso unitario compactado del agregado grueso.

Procedimiento. [19, p. 34]:

- Llenar la tercera parte del recipiente y se enrasa su superficie con la mano.
- Aplicamos 25 golpes y evitar que se golpee el fondo.
- Llenar hasta las dos terceras partes y nuevamente compactar los 25 golpes.
- Llenar todo el molde hasta que rebase, se hacen los 25 golpes y se pesa. Repetir varias veces.
- Los resultados no deben diferir en más de 1%.

Figura 6. Peso unitario compactado del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Agregado grueso con peso unitario compactado.

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(g.)	14,052	14,046
2.- Peso del recipiente	(g.)	8,972	8,972
3.- Peso del material		5,080	5,074
4.- Constante <u>ó</u> Volumen	(m ³)	0.00313	0.00313
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1,623	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m³)	1,619	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso

En [9, p. 3] define que: “peso específico de masa es la relación a una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado, a la masa en el aire de igual volumen igual de agua destilada libre de gas”. Además, en [19, p. 20] afirma que: “Cuando el valor del peso específico es bajo, el material por lo general resulta absorbente o débil. Los valores permisibles de las normas para los agregados son de 2.40 – 2.80 gr/cm³”.

Normativa: NTP 400.021

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 20]:

- Balanza electrónica, con sensibilidad de 0.5 g y capacidad no menor de 5 kg.
- Cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3 mm o tamiz N.º 4.
- Depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua.
- Dispositivo de suspensión, se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender la canastilla de la balanza, una vez sumergida.
- Franela.
- Horno, capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Agregado grueso.

Procedimiento. [19, p. 21]:

- Lavar la muestra eliminando el polvo sumergiendo en agua durante 1 día.
- Retirar la muestra del recipiente y se limpia con una franela para eliminar el agua de la superficie, para luego pesar el material.
- Colocar la muestra en la canastilla de alambre y determinar su peso sumergida en agua a una temperatura entre 21°C y 25°C .
- Colocar la muestra en el horno a una temperatura de 105°C durante 24 horas, enfriar y pesar.

Figura 7. Peso específico y absorción del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Agregado grueso con peso específico y absorción.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1,781	1,780
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1,804	1,804
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2,032	2,031
4.- Peso de la canastilla	(g)	897	897
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1,135	1,134
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)		2.659
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)		2.695
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)		2.757
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)		1.33

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino

Este método de ensayo se utiliza para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas agregadas y proporciona un valor promedio que representa la muestra. La densidad de las partículas agregadas, según lo establecido por este método de experimentación, se distingue de la densidad aparente de los agregados determinada por NTP 400.036, que incluye el volumen de vacío entre las partículas agregadas. [10, p. 1].

Normativa: NTP 400.022

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 15]:

- Matraz de 500 cm³.
- Balanza electrónica.
- Bandeja.
- Recipientes plásticos para sumergir la muestra.
- Cono de absorción y pilón.
- Horno.
- Agregado fino.

Procedimiento. [19, pp. 16–18]:

- Pesar 2 kg. Tal como viene de la cantera. Se vacía en un recipiente para verterle agua y lo dejamos reposar durante 24 horas.
- Retira el agua del recipiente y el agregado lo extendemos en un papel de cemento dejándolo a la luz solar para lograr un secado rápido.
- Una vez que el material esté seco, se verifica su condición de saturada con superficie seca. (SSS)
- Una vez seco el agregado se coloca en una bandeja, se procede a vaciar en el cono de absorción, llenándolo en tres partes ejerciendo 25 golpes en cada capa con el pilón. Se retira

el cono y debe quedar a $\frac{3}{4}$ partes (asentado del agregado) lo que indica que la muestra está saturada superficialmente seca, de lo contrario la muestra aún estaría húmeda.

- Pesamos 500 g del material (SSS) y también el matraz.
- Se coloca el agregado en el matraz y luego le agregamos agua destilada hasta los 400 cm³, en caso se aprecien burbujas se agita para eliminar los vacíos, posteriormente se deja reposar 24 horas.
- Pasado las 24 horas se le añade agua destilada hasta los 500 cm³ y pesamos.
- Vertir el material en un recipiente y esperamos 10 min, hasta que el agregado se asiente y el agua salga clara.
- Retirar el agua sin perder material, para colocar la muestra en el horno durante 24 horas a 110° C ± 5° C.

Figura 8. Peso específico y absorción del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Agregado fino con peso específico y absorción.

1.- Peso de la muestra <u>Sat Sup</u> Seca	(g)	500.0	500.0
2.- Peso de la Arena <u>Sup.</u> Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	980.9	980.9
3.- Peso de la Arena <u>Sup.</u> Seca + Peso del Frasco	(g)	675.2	675.2
4.- Peso del Agua	(g)	305.7	305.7
5.- Peso del Frasco	(g)	175.2	175.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	674	673.7
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
8.- Volumen del frasco	(g)	500	500
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.566	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.586	
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.586	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.30	

Fuente: Elaboración propia

3.6.3.1.5. Contenido de humedad del agregado fino y grueso

En los cálculos de la proporción de concreto la adición se considera en condición de saturación superficialmente seca, es decir, con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, aunque en la práctica no es la correcta, es adecuada a efectos de clasificación. Como se sabe, el contenido de agua de la mezcla influye en la resistencia del concreto y otras características. Por tanto, debe controlarse la dosificación de agua. Si los aditivos están saturados y poco secos, no pueden absorber ni producir agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco deja agua, mientras que el agregado húmedo y poco profundo provoca un exceso de agua en el concreto. En estos casos, el contenido de agua debe reajustarse, ya sea agregando o restando un porcentaje adicional a la dosis de agua especificada para que el contenido de agua sea el correcto. [19, pp. 11–12].

Normativa: NTP 339.185

Instrumentos utilizados para el ensayo. [19, p. 12]:

- Balanza electrónica.
- Horno
- Recipientes
- Agregado (fino o grueso)

3.6.3.1.5.1. Contenido de humedad del agregado fino.

Procedimiento. [19, p. 14]:

- Pesar el recipiente con el material original.
- Colocar al horno durante 24 horas a temperatura de 105°C.
- Retirar y dejar enfriar, pesándose nuevamente el recipiente con el material seco.

Figura 9. Contenido de humedad del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Contenido de humedad del agregado fino.

A.- Peso de muestra húmeda	(g.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(g.)	498	498
C.- Peso de recipiente	(g.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.40	0.40
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.40	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.1.5.2. Contenido de humedad del agregado grueso.

Procedimiento [19, p. 13]:

- Se pesa el recipiente con la muestra.
- Se coloca el conjunto al horno a 110° C por espacio de 24 horas.
- Se retira del horno dejándose enfriar y se pesa. La pérdida de peso nos dará el porcentaje de humedad natural.

Figura 10. Contenido de humedad del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Contenido de humedad del agregado grueso.

A.- Peso de muestra húmeda	(g.)	5,000	5,000
B.- Peso de muestra seca	(g.)	4,986	4,986
C.- Peso de recipiente	(g.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.28	0.28
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.28	

Fuente: Elaboración propia.

3.6.3.2. Ensayos al concreto

3.6.3.2.1. Elaboración y curado de especímenes de concreto.

Esta norma [12, p. 4] afirma que: “Esta práctica provee requisitos normalizados para la elaboración, curado, protección y transporte de los especímenes de concreto para ensayo, bajo condiciones de la obra”.

Normativa: NTP 339.033

Instrumentos utilizados:

- Molde cilíndrico con diámetro de 15 cm y altura 30.5 cm.
- Varilla compactadora circular recta de acero liso con diámetro de 16 mm y longitud de 500 mm.
- Martillo con cabeza de goma.
- Cucharon.
- Plancha o paleta de albañil.
- Batea de metal.

Procedimiento:

- Se llenó el concreto a cada tercio de altura de la probeta cilíndrica
- Luego se varilla 25 veces en espiral, adicionalmente a esta indicación se golpea el perímetro del molde con un martillo de goma por capa.
- Después de varillar la tercera capa se agrega más concreto para realizar el enrasado final.
- Finalmente, después de 24 horas se desmoldan y almacenan en el laboratorio de la USAT por un periodo de 28 días, donde se hizo una simulación en obra del tipo de curado.

Figura 11. Elaboración de especímenes de concreto.



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2.2. Concreto en estado fresco: Medición del asentamiento

Esta prueba se utiliza para concreto plástico con adiciones de hasta 37,5 mm de tamaño. Si la adición es mayor, se aplica el método cuando se hace el ensayo con la parte de concreto que pasa por el tamiz 37,5 mm, retirando los aditivos mayores como se describe en NTP 339.036.

Este método no se aplica a materiales de concreto no plásticos y no cohesivos. [13, p. 2].

Normativa: NTP 339.035

Instrumentos utilizados para el ensayo:

- Cono de Abrams es un molde de metal con un espesor mínimo de 1.15 mm, diámetro de 200 mm en la base inferior, diámetro superior de 100 mm y una altura de 300 mm. Los diámetros y alturas deben de tener una tolerancia de ± 3 mm.
- Barra cilíndrica compactadora de acero liso con punta semiesférica con un diámetro de 16 mm y 600 mm de longitud.
- Instrumento de medida (wincha), que nos servirá para medir el asentamiento obtenido en el ensayo.
- Herramientas pequeñas como un cucharón de kilo y una plancha de batir para enrasar la superficie del cono.

Procedimiento. [20]:

- Colocar el molde humedecido sobre la placa de apoyo horizontal. El operador se pisa sobre las aletas del molde evitando su movimiento durante el llenado.
- Se llena el molde en tres capas de igual volumen, apisonadas con 25 golpes de varilla y distribuidos uniformemente. La capa inferior se llena hasta aproximadamente 7 cm de altura y se compacta con 25 golpes de varilla-pisón; los primeros golpes con la varilla ligeramente inclinada alrededor del perímetro continúan hacia el centro en espiral.
- Se llena el cono hasta 2/3 de su volumen (15 cm o media altura) y compacte nuevamente con 25 golpes de pisón penetrando algunos centímetros en la 1ra capa. El apisonado se distribuye uniformemente.
- Se llena el cono hasta desbordarlo y se compacta nuevamente con 25 golpes de pisón, penetrando algunos centímetros en la 2da capa.
- Terminada la compactación de la capa superior, se enrasa la superficie haciendo rotar sobre ella la varilla-pisón. Sin dejar de pisar las pisaderas se limpia el concreto derramado alrededor del molde.
- Se carga el molde con las manos, sujetándolo por las asas y dejando las pisaderas libres. Luego se levanta en dirección vertical sin perturbar el concreto en un tiempo de 5 a 10 segundos.

- Se coloca el pisón horizontalmente atravesado sobre el cono invertido, de modo que se extienda por sobre el concreto asentado. Se mide la distancia entre la barra y el centro original de la cara superior del concreto, aproximado a 0.5 cm. Esta distancia es el ASENTAMIENTO del concreto.

Figura 12. Medición del asentamiento del concreto: 3''.



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.2.3. Concreto en estado endurecido: Resistencia a la compresión

El ensayo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto se realiza de acuerdo a las normas ASTM C39.

Tabla 14. Rotura de cilindros a compresión con su tolerancia.

Edad	Tolerancia de Tiempo permisible
24 horas	± 0.5 horas o 2.1 %
3 días	± 2 horas o 2.8 %
7 días	± 6 horas o 3.6 %
28 días	± 20 horas o 3.0 %
90 días	± 2 días o 2.2 %

Fuente: NTP 339.034

Tabla 15. Velocidad de aplicación de carga.

Diámetro (mm)	MPa/s	KN/s
150	0.20 a 0.30	3.53 a 5.30
100		1.57 a 2.36

Fuente: NTP 339.034

Normativa: NTP 339.034.

Instrumentos utilizados para el ensayo:

- Máquina de compresión ELE INTERNATIONAL.
- Vernier.
- Wincha.

Procedimiento

- Se toma las medidas de las probetas cilíndricas de concreto como: diámetro y altura.
- Se cubren con almohadillas de neopreno la parte superior e inferior de dichas probetas, con la finalidad de que la carga sea distribuida uniformemente.
- Dichos especímenes deben centrarse en la máquina de compresión.
- Finalmente, las probetas son sometidas a cargas de compresión hasta lograr su rotura.

Figura 13. Resistencia a compresión a 7 días. $f'c$ 210 Kg/cm².



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Resistencia a compresión a 28 días. $f'c$ 210 Kg/cm².



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Resistencia a compresión a 7 días. $f'c$ 175 Kg/cm².



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Resistencia a compresión a 28 días. $f'c$ 175 Kg/cm².



Fuente: Elaboración propia

3.6.3.3. Ensayos a la caña brava

3.6.3.3.1. Ensayo a tracción paralela a la fibra

Este ensayo tiene como objetivo principal, determinar la resistencia a la tracción paralela a la fibra de la caña brava. Los resultados de este ensayo pueden ser usados como dato de esfuerzo máximo a tracción paralela a la fibra de la caña brava para el diseño de estructuras.

Normativa: Adaptada de la NTP 341.002.

Instrumentos utilizados para el ensayo:

- Maquina universal de ensayos.
- Higrómetro.
- Vernier.
- Wincha.

Procedimiento

- Se toma las medidas de los especímenes de la caña brava como: longitud, ancho, espesor y contenido de humedad.
- Se colocan las mordazas en ambos extremos; la mordaza debe ser plana con textura y nivel de rugosidad específica para evitar deslizamientos durante los ensayos.
- Finalmente se coloca la muestra en las respectivas mordazas y se procede a ensayar.

Figura 17. Especímenes de caña brava para el ensayo a tracción.



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Espécimen de caña brava ensayada.



Fuente: Elaboración propia

Nota: Se define el módulo de elasticidad como la pendiente de la curva esfuerzo vs deformación unitaria determinada entre los valores de carga.

3.6.3.3.2. Propuesta de ensayo de arrancamiento

Esta propuesta de ensayo tiene como objetivo principal, comparar la adherencia de la caña brava en especímenes de concretos de diferentes $f'c$; con $f'c$ 175 Kg/cm² y $f'c$ 210 Kg/cm² mediante el ensayo a tracción. El ensayo consiste en aplicar unas cargas axiales a tracción a una

velocidad de carga prescrita hasta que el nivel de adherencia de la caña brava en los especímenes de concreto sea nula. El resultado de este ensayo sería la carga máxima necesaria para que no existe adherencia.

Normativa: Adaptada de la NTP 341.002.

Instrumentos utilizados para el ensayo:

- Máquina universal de ensayos.
- Higrómetro.
- Vernier.
- Wincha.

Procedimiento

- Se toma las medidas de la caña brava como: diámetro y contenido de humedad.
- Se colocan las mordazas en ambos extremos; la mordaza debe ser plana con textura y nivel de rugosidad específica para evitar deslizamientos durante los ensayos.
- Finalmente se coloca el espécimen en las respectivas mordazas y se procede a ensayar.

Figura 19. Propuesta de ensayo de arrancamiento (antes del ensayo).



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Propuesta de ensayo de arrancamiento (después del ensayo).



Fuente: Elaboración propia

3.6.4. Diseño

3.6.4.1. Diseño de mezcla del concreto

3.6.4.1.1. Método del Comité 211 del ACI

Según [3, p. 131] afirma que el comité 211 del ACI: “ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple, el cual basándose en algunas de las tablas que mostraremos en el procedimiento, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto”.

A continuación, se detalla el método paso a paso:

Materiales

Tabla 16. Datos de los materiales.

		A.F.	A.G.	Cemento	Agua
Peso específico de masa	g/cm ³	2.566	2.659	3.15	1
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1,487	1,430		
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1,632	1,619		
Contenido de humedad	%	0.4	0.28		
Grado de absorción	%	0.3	1.33		
Módulo de fineza		2.979	-		
Tamaño máximo nominal	in	-	3/4		

Fuente: Elaboración propia

i. Diseño de mezcla para un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm²

Procedimiento:

Paso 01.- Determinación de la resistencia promedio

Caso 03: No contamos con ningún dato estadístico.

Tabla 17. Resistencia a compresión promedio.

$f'c$ (Kg/cm ²)	$f'cr$ (Kg/cm ²)
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Rivva [3, p. 63]

Según la tabla mostrada

$$\begin{aligned}
 f'c &= 210 \text{ Kg/cm}^2 \\
 f'cr &= 210 + 84 \\
 f'cr &= 294 \text{ Kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Paso 02.- Selección del Tamaño máximo nominal del agregado

De acuerdo a las especificaciones, la granulometría del agregado grueso le corresponde:

T.M.N: 3/4 "

Paso 03.- Selección del Asentamiento

Tabla 18. Valores de asentamiento para diferentes tipos de obra.

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones, y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Rivva [3, p. 77]

Se trabajó con un asentamiento de 3" para que su consistencia sea plástica.

Paso 04.- Selección de Volumen unitario de agua de diseño

Tabla 19. Volumen unitario de agua.

Asentamiento	Agua en l/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Rivva [3, p. 82]

Según la tabla mostrada

Asentamiento: 3" a 4"

T.M.N: 3/4"

Agua de diseño: 205 l/m³**Paso 05.- Selección del Contenido de aire**

Tabla 20. Contenido de aire.

T.M.N.	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Rivva [3, p. 89]

Según la tabla mostrada

T.M.N: 3/4"

Aire atrapado 2.0%

Paso 06.- Selección de la relación agua-cemento por resistencia

Tabla 21. Relación agua-cemento por resistencia.

f 'cr (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Rivva [3, p. 95]

Según la tabla mostradaf 'cr 294 Kg/cm²

Concreto sin aire incorporado

Interpolando

250 0.62

f 'cr (a/c)1

300 0.55

Por resistencia

(a/c)1 0.56

Paso 07.- Determinación del Factor cemento

$$F.C. = \frac{205}{0.56} = 367.12 \text{ Kg/m}^3 = 8.64 \text{ bolsas/m}^3$$

Paso 08.- Determinación del Contenido de agregado grueso

Tabla 22. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Rivva [3, p. 120]

Según la tabla mostrada	Interpolando
T.M.N. 3/4 "	2.80 0.62
M.F. 2.98	2.98 b/b _o = 0.602
P.s.c. (A.G.) 1,619 Kg/m ³	3.00 0.60
Peso del agregado grueso =	974.80 Kg/m ³

Paso 09.- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos

Cemento	367	/	3.15	x	1,000	=	0.117	m ³
Agua	205	/	1	x	1,000	=	0.205	m ³
Aire	2.0%					=	0.020	m ³
A.G.	975	/	2.66	x	1,000	=	0.367	m ³
Suma de volúmenes conocidos						=	<u>0.708</u>	m ³

Paso 10.- Determinación del Contenido de agregado fino

Volumen absoluto del agregado fino	=	1	-	0.708	=	0.292	m ³		
Peso del agregado fino seco	=	0.292	x	2.57	x	1,000	=	749	Kg/m ³

Paso 11.- Determinación de los valores de diseño

Cemento	367	Kg/m ³
Agua de diseño	205	l/m ³
Agregado fino	749	Kg/m ³
Agregado grueso	975	Kg/m ³

Paso 12.- Corrección por humedad del agregado

$$\text{A.F: } 748.89 \left(1 + \frac{0.4}{100} \right) = 751.88 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{A.G: } 974.80 \left(1 + \frac{0.28}{100} \right) = 977.53 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Agua efectiva

$$\text{A.F: } 748.89 \left(\frac{0.4 - 0.3}{100} \right) = 0.749 \text{ l/m}^3$$

$$\text{A.G: } 974.80 \left(\frac{0.28 - 1.33}{100} \right) = \frac{-10.235}{-9.487} \text{ l/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - 9.49 = 214.49 \text{ l/m}^3$$

Pesos de los materiales ya corregidos por humedad del agregado

Cemento 367 Kg/m³

Agua efectiva 214 l/m³

Agregado fino húmedo 752 Kg/m³

Agregado grueso húmedo 978 Kg/m³

Proporción en peso

$$\frac{367}{367} : \frac{752}{367} : \frac{978}{367} / \frac{214}{8.64}$$

$$1 : 2.05 : 2.66 / 25 \text{ l/bolsa}$$

Peso por tanda de una bolsa

Cemento 1 x 42.5 = 42.5 Kg/bolsa

Agua efectiva = 24.8 l/bolsa

Agregado fino húmedo 2.05 x 42.5 = 87.0 Kg/bolsa

Agregado grueso húmedo 2.66 x 42.5 = 113.2 Kg/bolsa

Proporción en volumen

Peso unitarios húmedos de los agregados

$$\text{A.F: } 1,487 \left(1 + \frac{0.4}{100} \right) = 1,492.95 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{A.G: } 1,430 \left(1 + \frac{0.28}{100} \right) = 1,434.00 \text{ Kg/m}^3$$

Peso en pies cúbicos: 1m³ es equivalente a 35 pies cúbicos

Del agregado fino 1,493 / 35 = 42.7 Kg/pie cúbico

Del agregado grueso 1,434 / 35 = 41 Kg/pie cúbico

De la bolsa de cemento = 42.5 Kg/pie cúbico

$$\frac{42.5}{42.5} : \frac{87.0}{42.7} : \frac{113.2}{41}$$

$$1.0 : 2.04 : 2.76 / 25 \text{ l/bolsa}$$

ii. Diseño de mezcla para un concreto con $f'c$ 175 Kg/cm²

Se sigue el mismo procedimiento aplicado en el anterior diseño de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm².

3.7. PROCEDIMIENTO

En esta investigación se presenta un plan, en el cual se describen las actividades que se realizaron en el proyecto.

Primero, se llevó a cabo la recopilación de información necesaria para poder realizar la investigación, dentro de las cuales se encuentran libros e investigaciones que fundamentan el marco teórico y las normas empleadas para la realización de los ensayos.

Segundo, las muestras de los agregados se obtuvieron para realizar los ensayos correspondientes; con los resultados de dichos ensayos se realizó un diseño de mezcla, por lo cual se elabora especímenes de concreto para posteriormente realizar ensayos de resistencia a la compresión.

Tercero, se obtuvo las muestras de las cañas bravas para determinar sus características físicas (contenido de humedad, diámetro, espesor y longitud) y mecánicas (resistencia a tracción y módulo de elasticidad) mediante el ensayo de tracción.

Cuarto, se propuso un ensayo de arrancamiento con el fin de comparar la adherencia de la caña brava con diferentes $f'c$ de concreto (210 y 175 Kg/cm²), el cual consiste en embeber ambos extremos de la caña brava en especímenes cilíndricos de concreto dándole la forma de una mancuerna, a la muestra obtenida se le realiza el ensayo a tracción.

Quinto, con los resultados obtenidos de los ensayos mencionados anteriormente a la caña brava, se propone un diseño por esfuerzos admisibles de una losa maciza de techo (simplemente apoyada) sustituyendo al acero por la caña brava.

Sexto, con los resultados obtenidos del diseño propuesto, se construye una sección de losa maciza a escala real con el fin de evaluar su desempeño estructural mediante un control de deflexiones.

Séptimo, se realiza una evaluación económica de la losa propuesta comparándola con las losas tradicionales de techo.

Octavo, se realiza una evaluación de impacto ambiental a la losa propuesta.

3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Este proyecto investigativo presenta un plan de procesamiento para un análisis de datos dividida en 5 fases, las cuales se describen a continuación:

FASE I:

1. Recopilación de información bibliográfica y antecedentes del proyecto.
2. Análisis de la información de investigaciones similares.
3. Revisión del Reglamento Nacional de Edificaciones (E-020 y E-060), las Normas Técnicas Peruanas (N.T.P: 339.033, 339.034, 339.035, 400.012, 400.017, 400.021, 400.022, 339.185, 341.002), el libro de Ottazzi (Apuntes del curso Concreto Armado I) y el libro de Rivva (Diseño de mezclas)
4. Inicio de la evaluación de impacto ambiental.

FASE II:

5. Realizar los ensayos de laboratorio a los agregados.
6. Diseño de mezclas de concreto.
7. Elaborar los especímenes de concreto para su ensayo de resistencia a compresión.
8. Determinar sus características físicas de la caña brava.
9. Realizar el ensayo a tracción a la caña brava.
10. Elaborar las muestras tipo mancuerna de caña brava con concreto para la propuesta de ensayo de arrancamiento.
11. Revisión parcial por parte del asesor.
12. Definición de fecha y sustentación de tesis I.

FASE III:

13. Elaborar la propuesta de diseño por esfuerzos admisibles de la losa maciza de techo.
14. Construir una sección de losa maciza de techo propuesta a escala real con el fin de evaluar su desempeño estructural mediante un control de deflexiones.
15. Continuar la evaluación de impacto ambiental.

FASE IV:

16. Realizar una evaluación económica de la propuesta de losa maciza de techo comparándola con las losas tradicionales de techo.
17. Finalizar la evaluación de impacto ambiental.
18. Revisión parcial por parte del asesor.
19. Definición de fecha y sustentación de tesis II.

FASE V:

20. Presentación del proyecto final a los jurados.
21. Levantamiento de observaciones.
22. Impresión del proyecto final.
23. Definición de fecha y sustentación de tesis.

3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 23. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cuál es el resultado del estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y su propuesta de aplicación en losas de techo con concreto?	<p>Objetivo general:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y proponer su aplicación en losas de techo con concreto. <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Determinar las propiedades físico-mecánicas de la caña brava por medio de ensayos de laboratorio. Elaborar el diseño estructural de la propuesta de losa. Construir la propuesta de diseño de losa a escala real para evaluar su comportamiento estructural mediante un control de deflexiones. Evaluar económicamente la propuesta de losa con los sistemas convencionales de losas. Realizar una evaluación de impacto ambiental que causaría esta losa propuesta. 	La propuesta de aplicación cumple con los parámetros de diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.	<p>Variable Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiedades que aseguren la adherencia entre la caña brava y el concreto. <p>Variables Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> Caña Brava Propuesta de diseño y construcción de una losa maciza de techo de concreto sustituyendo al acero por la caña brava. 	<ul style="list-style-type: none"> De acuerdo al tipo de investigación es considerado experimental. De acuerdo al fin que se persigue esta investigación es considerada aplicada. 	<ul style="list-style-type: none"> Observación científica. Experimentación Análisis de contenidos. 	<p>La población de la presente investigación son las cañas bravas extraídas y comercializadas en la región Lambayeque.</p> <p>La muestra que se tomará de las cañas bravas comercializadas en la región Lambayeque, son el lote de 50 cañas bravas compradas en la esquina de la calle Juan Cuglievan y Av. Augusto B. Leguía del distrito de Chiclayo, proveniente de los cultivos del distrito de Cayaltí.</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Los aspectos éticos se reflejan a través de una declaración jurada, documento que se puede encontrar en ANEXO N° 01: DOCUMENTOS.

Este documento garantiza que el autor de esta investigación es consciente de que el proyecto no ha sido desarrollado o está siendo realizado por ningún otro investigador.

Además, los resultados obtenidos se presentan con total veracidad, asegurando la autenticidad de esta investigación. Por otro lado, los estudios que se han utilizado como referencias se describen en el Capítulo II: Marco Teórico de esta investigación, en 2. 2. Los antecedentes del problema. El mencionado capítulo describe brevemente los objetivos de las investigaciones, la metodología utilizada, los resultados obtenido y las conclusiones.

IV. RESULTADOS

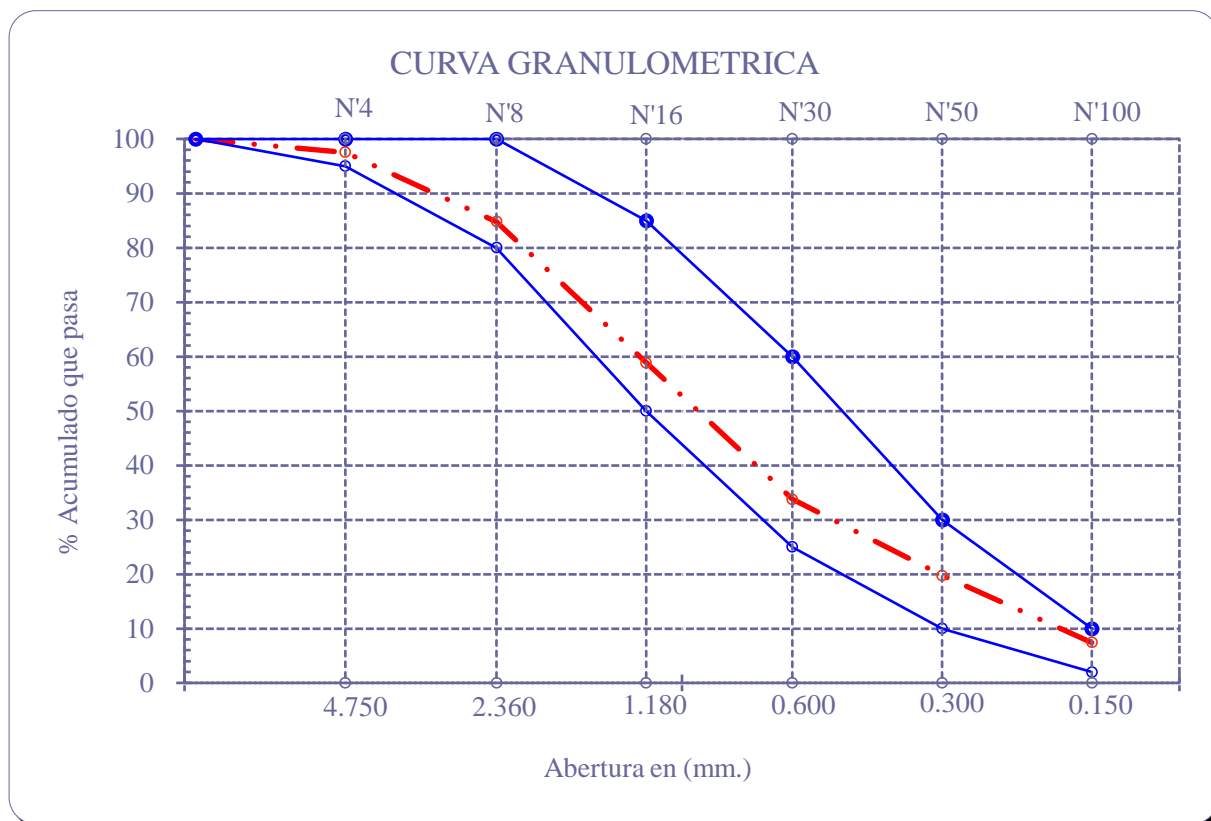
4.1. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

Los ensayos se elaboraron según la metodología descrita en 3.6.3.1, a continuación, se muestran los resultados obtenidos de los ensayos mencionados:

4.1.1. Agregado fino

Cantera: La Victoria, Pátapo

Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado fino



Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resultados de los ensayos al agregado fino de la cantera La Victoria, Pátapo.

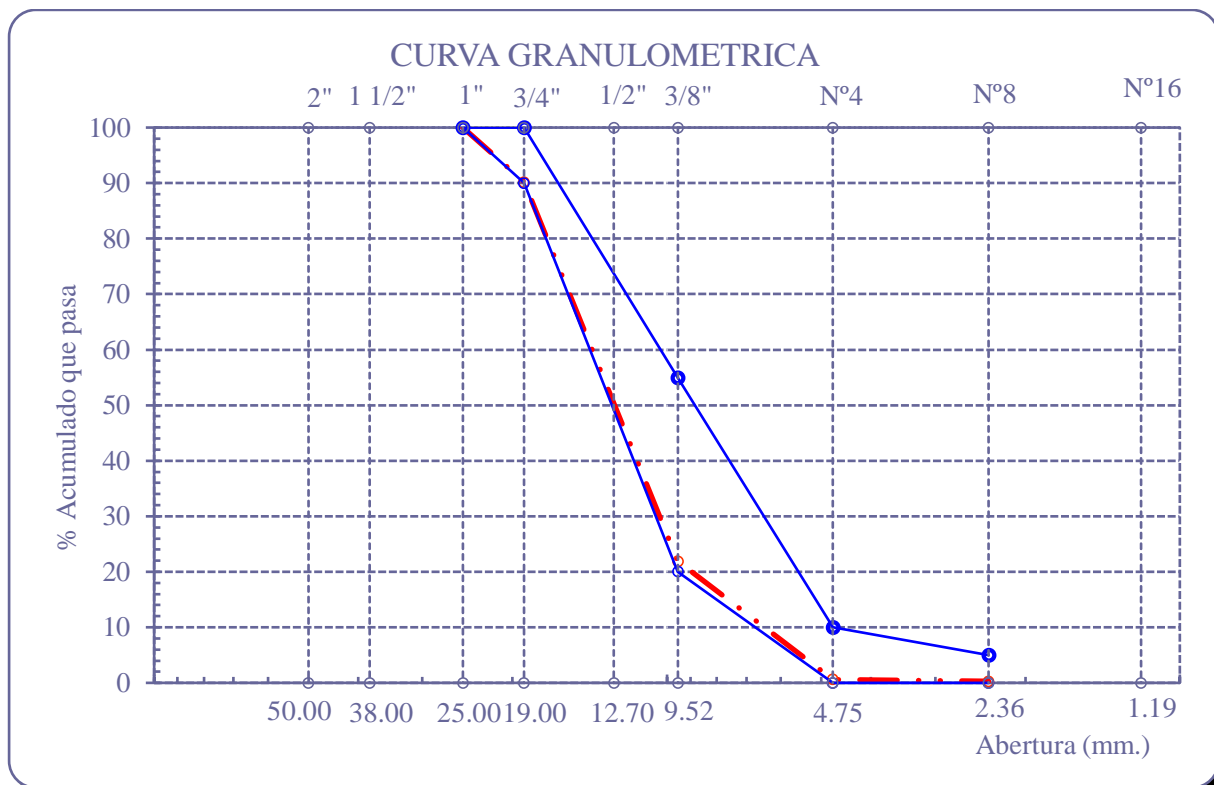
1.- Peso específico de masa	2.566	g/cm ³
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.586	g/cm ³
3.- Peso unitario suelto	1,487	Kg/m ³
4.- Peso unitario compactado	1,632	Kg/m ³
5.- % de absorción	0.30	%
6.- Contenido de humedad	0.40	%
7.- Módulo de fineza	2.979	adimensional

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Agregado grueso

Cantera: Tres Tomas, Ferreñafe

Gráfica 2. Curva Granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultados de los ensayos al agregado grueso de la cantera Tres Tomas, Ferreñafe.

1.- Peso específico de masa	2.659	g/cm ³
2.- Peso específico de masa S.S.S.	2.695	g/cm ³
3.- Peso unitario suelto	1,430	Kg/m ³
4.- Peso unitario compactado	1,619	Kg/m ³
5.- % de absorción	1.33	%
6.- Contenido de humedad	0.28	%
7.- Tamaño máximo	1	Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal	3/4	Pulg.

Fuente: Elaboración propia

4.2. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

Para el diseño de mezcla se aplicó el método del comité 211 del ACI, en la cual está descrita su metodología en 3.6.4.1.1, a continuación, mostraremos los resultados:

4.2.1. Para un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm²

Factor cemento por m ³ de concreto	8.64	bolsas/m ³
Relación agua/cemento de diseño	0.56	

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	367	Kg/m ³	: Tipo I Pacasmayo
Agua	214	L/m ³	: Potable
Agregado fino	752	Kg/m ³	: Cantera La Victoria, Pátapo
Agregado grueso	978	Kg/m ³	: Cantera Tres Tomas, Ferreñafe

Tabla 26. Resultados de la proporción en peso y volumen del concreto con $f'c$ 210 Kg/cm².

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso	1.00	2.05	2.66	24.83	Lts/bolsa
Proporción en volumen	1.00	2.04	2.76	24.83	Lts/bolsa

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Para un concreto con $f'c$ 175 Kg/cm²

Factor cemento por m ³ de concreto	7.68	bolsas/m ³
Relación agua/cemento de diseño	0.63	

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	326	Kg/m ³	: Tipo I Pacasmayo
Agua	214	L/m ³	: Potable
Agregado fino	785	Kg/m ³	: Cantera La Victoria, Pátapo
Agregado grueso	978	Kg/m ³	: Cantera Tres Tomas, Ferreñafe

Tabla 27. Resultados de la proporción en peso y volumen del concreto con $f'c$ 175 Kg/cm².

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso	1.00	2.41	2.99	27.92	Lts/bolsa
Proporción en volumen	1.00	2.40	3.11	27.92	Lts/bolsa

Fuente: Elaboración propia

4.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

4.3.1. Para un concreto con $f'c$ 210 Kg/cm²

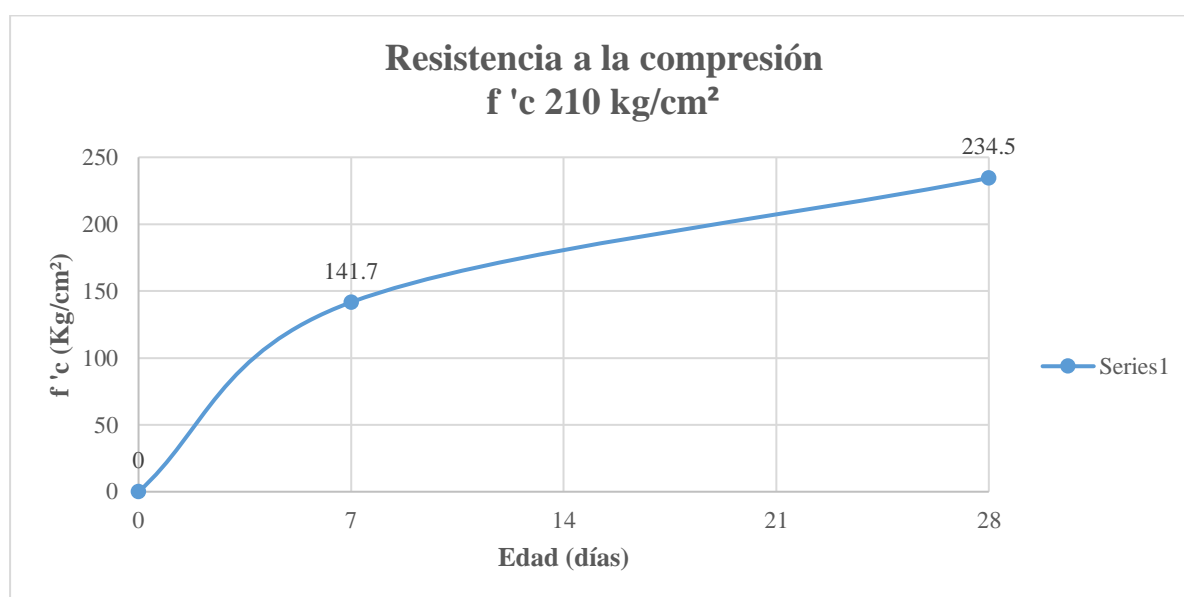
Tipo de curado: Simulación en obra

Tabla 28. Resistencia a compresión de las probetas de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm².

Cod.	Fecha		Edad días	D. cm	Área cm ²	Carga Kgf	R. a Compresión		Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
P-01	31/05/2017	07/06/2017	7	15	177	24,326.8	137.6	65.5	141.7	67.5
P-02	31/05/2017	07/06/2017	7	15	177	25,747.7	145.7	69.4		
P-03	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	39,750.4	224.9	107.1	234.5	111.7
P-04	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	43,156.5	244.2	116.3		

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 3. Curva de resistencia a la compresión $f'c$ 210 Kg/cm².



Fuente: Elaboración propia

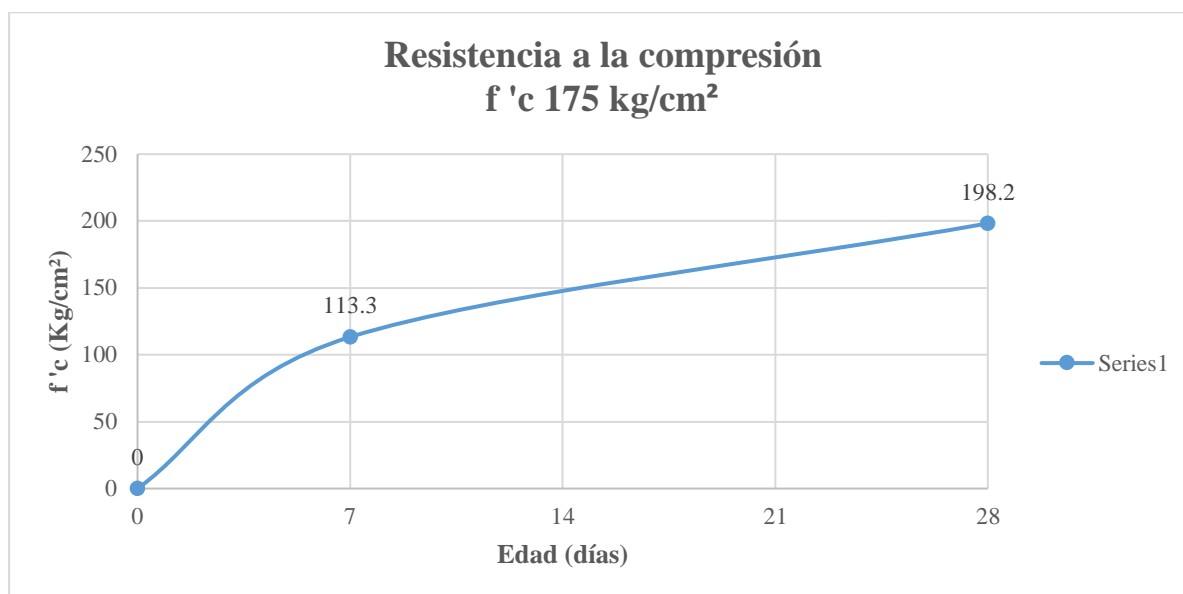
4.3.2. Para un concreto con $f'c$ 175 Kg/cm²

Tipo de curado: Simulación en obra

Tabla 29. Resistencia a compresión de las probetas de concreto con $f'c$ 175 Kg/cm².

Cod.	Fecha		Edad días	D. cm	Área cm ²	Carga Kgf	R. a Compresión		Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
P-01	31/05/2017	07/06/2017	7	15	177	19,972.0	113.0	64.6	113.3	64.7
P-02	31/05/2017	07/06/2017	7	15	177	20,068.5	113.5	64.9		
P-03	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	34,677.8	196.2	112.1	198.2	113.3
P-04	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	35,393.5	200.2	114.4		

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 4. Curva de resistencia a la compresión $f'c$ 175 Kg/cm².

Fuente: Elaboración propia

4.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECANICAS DE LA CAÑA BRAVA

4.4.1. Diámetro y contenido de humedad

Se ha tomado un lote de 50 cañas bravas para realizar las mediciones respectivas, dando como resultado la siguiente Tabla 30.

Los instrumentos que se ha utilizado son los siguientes:

Contenido de humedad: Higrómetro digital.

Diámetros: Vernier digital

Tabla 30. Diámetro y contenido de humedad de la caña brava.

Caña Brava	Diámetro Externo		Diámetro Interno		Humedad (%)
	(mm)	(cm)	(mm)	(cm)	
1	27.51	2.75	20.51	2.05	14.00
2	36.52	3.65	29.52	2.95	13.00
3	43.53	4.35	36.53	3.65	14.00
4	36.77	3.68	29.77	2.98	11.00
5	29.83	2.98	22.83	2.28	11.00
6	31.21	3.12	24.21	2.42	12.50
7	32.68	3.27	25.68	2.57	11.50
8	36.97	3.70	29.97	3.00	10.00
9	34.30	3.43	27.30	2.73	15.50
10	32.25	3.23	25.25	2.53	12.00

11	28.69	2.87	21.69	2.17	10.00
12	36.38	3.64	29.38	2.94	16.00
13	40.25	4.03	33.25	3.33	9.00
14	45.73	4.57	38.73	3.87	18.00
15	27.27	2.73	20.27	2.03	15.00
16	33.46	3.35	26.46	2.65	17.00
17	28.69	2.87	21.69	2.17	13.00
18	35.07	3.51	28.07	2.81	17.00
19	30.44	3.04	23.44	2.34	10.50
20	28.69	2.87	21.69	2.17	16.00
21	32.66	3.27	25.66	2.57	15.00
22	27.15	2.72	20.15	2.02	13.50
23	32.49	3.25	25.49	2.55	12.50
24	40.88	4.09	33.88	3.39	8.00
25	33.28	3.33	26.28	2.63	8.50
26	25.92	2.59	18.92	1.89	10.00
27	29.52	2.95	22.52	2.25	18.00
28	30.77	3.08	23.77	2.38	14.00
29	27.43	2.74	20.43	2.04	13.00
30	30.03	3.00	23.03	2.30	16.00
31	30.74	3.07	23.74	2.37	15.50
32	29.22	2.92	22.22	2.22	36.00
33	26.12	2.61	19.12	1.91	10.00
34	26.91	2.69	19.91	1.99	14.00
35	37.94	3.79	30.94	3.09	16.00
36	32.92	3.29	25.92	2.59	15.00
37	32.58	3.26	25.58	2.56	9.00
38	30.94	3.09	23.94	2.39	9.50
39	33.02	3.30	26.02	2.60	12.00
40	33.96	3.40	26.96	2.70	16.50
41	31.54	3.15	24.54	2.45	16.00
42	32.31	3.23	25.31	2.53	10.00
43	36.95	3.70	29.95	3.00	9.50
44	38.12	3.81	31.12	3.11	7.00
45	26.51	2.65	19.51	1.95	10.50
46	37.44	3.74	30.44	3.04	11.50

47	32.08	3.21	25.08	2.51	14.00
48	32.00	3.20	25.00	2.50	12.00
49	32.86	3.29	25.86	2.59	9.50
50	34.61	3.46	27.61	2.76	16.50

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó formulas estadísticas a la columna de los valores de diámetro externo (D.E.):

Desviación estándar: 0.44 y media muestral: 3.27

D.E. (mínimo) = $3.27 - 0.44 = 2.83$ cm

D.E. (máximo) = $3.27 + 0.44 = 3.71$ cm

Se saca el promedio de los valores contenidos en el rango de 2.83 a 3.71 cm, teniendo como resultado: 3.25 cm. Redondeando el valor numérico, se concluye el diámetro externo promedio de la caña brava es 3 cm y su espesor 7 mm.

4.4.2. Esfuerzo a tracción de la caña brava

Después de realizar el ensayo a tracción paralela a la fibra de la caña brava, nos dio como resultado la siguiente tabla:

Tabla 31. Resultados del ensayo a tracción de la caña brava.

Contenido de humedad (%)	RESULTADOS DEL ENSAYO A TRACCIÓN DE LA CAÑA BRAVA						
	Código	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Valor de carga (Kgf)	Esfuerzo a tracción (Kg/cm ²)
12.0	CB 1	252	16.50	6.05	99.825	834.372	835.835
13.0	CB 2	255	15.60	7.01	109.356	494.167	451.888
12.0	CB 3	255	16.85	6.29	105.987	1,531.647	1,445.134
12.5	CB 4	254	16.83	7.53	126.730	855.966	675.426
13.0	CB 5	260	16.30	5.37	87.531	935.885	1,069.204
13.0	CB 6	251	16.40	5.97	97.908	955.468	975.884
13.0	CB 7	254	16.10	6.07	97.727	1,220.426	1,248.811
13.0	CB 8	255	17.50	6.20	108.500	1,176.596	1,084.420
12.5	CB 9	250	16.47	6.20	102.114	921.827	902.743
12.0	CB 10	250	16.90	5.90	99.710	1,216.242	1,219.779
12.0	CB 11	255	16.70	6.73	112.391	1,088.001	968.050
12.0	CB 12	250	15.55	6.01	93.456	1,110.113	1,187.852
13.0	CB 13	254	17.55	6.19	108.635	1,436.601	1,322.417
13.0	CB 14	250	15.83	6.01	95.138	1,242.376	1,305.863
14.0	CB 15	254	16.10	5.77	92.897	1,250.616	1,346.239
12.0	CB 16	260	14.91	5.92	88.267	498.654	564.937
13.0	CB 17	250	15.66	5.43	85.034	564.023	663.292
13.0	CB 18	255	14.76	5.35	78.966	506.311	641.175

13.0	CB	19	250	15.06	5.50	82.830	441.283	532.758
12.0	CB	20	249	15.71	5.98	93.946	413.991	440.670

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó formulas estadísticas a la columna de los valores de esfuerzo a tracción (E.T.):

Desviación estándar: 326 y media muestral: 944

E.T. (mínimo) = $944 - 326 = 618 \text{ Kg/cm}^2$

E.T. (máximo) = $944 + 326 = 1,270 \text{ Kg/cm}^2$

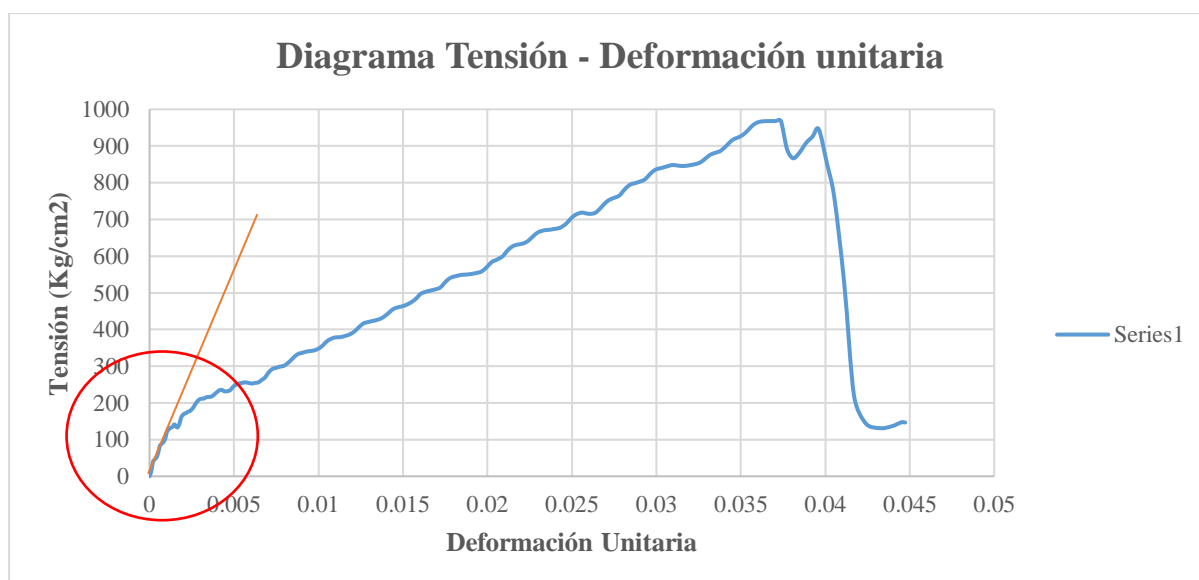
Se saca el promedio de los valores contenidos en el rango de 618 a 1,270 Kg/cm^2 , teniendo como resultado: 956 Kg/cm^2 .

Redondeando el valor numérico, se concluye que el esfuerzo a tracción de la caña brava es de 950 Kg/cm^2 .

4.4.3. Módulo de elasticidad de la caña brava

A continuación, se muestra el Diagrama Tensión – Deformación unitaria (11), resultados del ensayo a tracción paralela a la fibra de una caña brava N°11; el resto de diagramas se mostrarán en el ANEXO N° 05: ENSAYOS A LA CAÑA BRAVA.

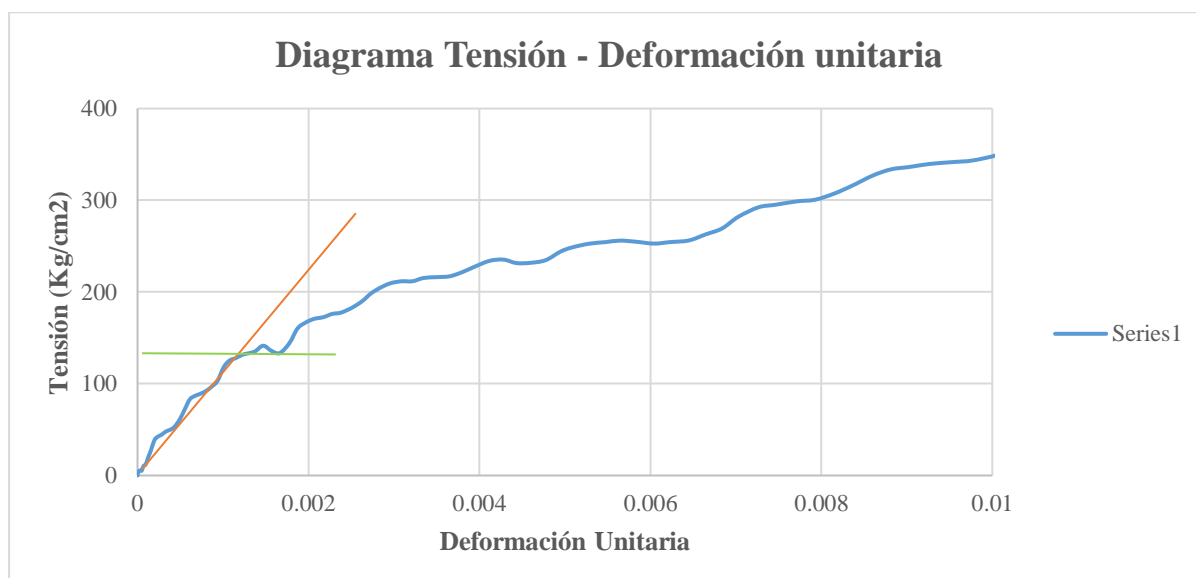
Gráfica 5. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (11)



Fuente: Elaboración propia

A este Diagrama Tensión – Deformación unitaria (11) se ha amplificado; lo que está enmarcado dentro del círculo de color rojo para un mejor detalle y visualización de la pendiente y así determinar el módulo de elasticidad de la caña brava.

Gráfica 6. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (11) Amplificada.



Fuente: Elaboración propia

Luego se mostrará un cuadro resumen de: Tensión, deformación unitaria y módulo de elasticidad de los resultados de los 20 ensayos a tracción paralela a la fibra de la caña brava.

Tabla 32. Resultados del módulo de elasticidad de la caña brava.

RESULTADOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA CAÑA BRAVA								Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)
Código	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Tensión (Kg/cm ²)	Deformación unitaria		
CB 1	252	16.50	6.05	99.825	134.329	0.0014	95,690	
CB 2	255	15.60	7.01	109.356	86.480	0.0009	93,590	
CB 3	255	16.85	6.29	105.987	83.029	0.0010	86,353	
CB 4	254	16.83	7.53	126.730	115.242	0.0010	111,909	
CB 5	260	16.30	5.37	87.531	319.887	0.0025	128,542	
CB 6	251	16.40	5.97	97.908	158.401	0.0016	101,617	
CB 7	254	16.10	6.07	97.727	232.153	0.0018	128,890	
CB 8	255	17.50	6.20	108.500	195.019	0.0018	110,040	
CB 9	250	16.47	6.20	102.114	254.682	0.0020	127,500	
CB 10	250	16.90	5.90	99.710	194.055	0.0015	129,889	
CB 11	255	16.70	6.73	112.391	133.241	0.0013	102,385	
CB 12	250	15.55	6.01	93.456	46.010	0.0005	101,984	
CB 13	254	17.55	6.19	108.635	140.855	0.0012	121,939	
CB 14	250	15.83	6.01	95.138	222.212	0.0019	114,520	
CB 15	254	16.10	5.77	92.897	179.390	0.0018	101,934	
CB 16	260	14.91	5.92	88.267	191.630	0.0019	102,865	
CB 17	250	15.66	5.43	85.034	114.696	0.0011	101,460	
CB 18	255	14.76	5.35	78.966	208.259	0.0020	102,681	
CB 19	250	15.06	5.50	82.830	58.494	0.0006	92,273	

CB	20	249	15.71	5.98	93.946	142.634	0.0014	103,919
-----------	-----------	-----	-------	------	--------	---------	--------	---------

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó fórmulas estadísticas a la columna de los valores de módulo de elasticidad (M.E.):
Desviación estándar: 13,196 y media muestral: 107,999

M.E. (mínimo) = $107,999 - 13,196 = 94,803 \text{ Kg/cm}^2$

M.E. (máximo) = $107,999 + 13,196 = 121,195 \text{ Kg/cm}^2$

Se saca el promedio de los valores contenidos en el rango de 94,803 a 121,195 Kg/cm^2 , teniendo como resultado: 105,611 Kg/cm^2 .

Redondeando el valor promedio a 105,000 Kg/cm^2 , pero hemos tomado el valor mínimo de 95,000 Kg/cm^2 por normativa de diseño.

4.4.4. Propuesta de ensayo de arrancamiento: caña brava – concreto

A continuación, se muestra un cuadro, conteniendo los valores numéricos de carga máxima que se requiere para que la adherencia sea nula entre la caña brava y diferentes calidades de $f'c$ de concreto mediante un ensayo de tracción.

Tabla 33. Propuesta de ensayo de arrancamiento. Caña brava – concreto.

RESULTADOS DE LA PROPUESTA DE ENSAYO DE ARRANCAMIENTO DE LA CAÑA BRAVA				
$f'c$ (Kg/cm²)	Código		Carga Máxima	
			(KN)	(Kgf)
210	P	1	8.28	827.87
	P	2	9.28	927.74
	P	3	9.17	917.48
175	P	4	6.59	659.00
	P	5	6.62	661.81
	P	6	6.97	697.28

Fuente: Elaboración propia

De la tabla se puede apreciar que la caña brava embebida en especímenes de concreto de $f'c$ 210 Kg/cm^2 requiere más carga axial. Se concluye que para la propuesta de diseño en losas de techo con concreto se tomara como $f'c$ 210 Kg/cm^2 por tener mayor adherencia.

4.5. PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE TECHO CON CONCRETO

La propuesta de aplicación se ha planteado en una losa maciza de techo simplemente apoyada sustituyendo al acero por la caña brava.

4.5.1. Propuesta de diseño por esfuerzos admisibles

Espesor de la losa maciza simplemente apoyada.

$$h = \frac{L}{20} = \frac{300}{20} = 15.00$$

Por lo tanto, se asume el espesor de losa en mención $h=17$ cm.

Tabla 34. Datos de los materiales para la propuesta de diseño.

Caña Brava			Concreto	
Ø:	3.00	cm	f'c:	210 kg/cm ²
e:	0.70	cm	E:	231,721 kg/cm ²
Ae:	7.07	cm ²	Losa Maciza	
Ai:	2.01	cm ²	b:	100.00 cm
At:	5.06	cm ²	h:	17.00 cm
fc_b:	950	kg/cm ²	rec:	2.50 cm
E_{min}:	95,000	kg/cm ²	d:	13.00 cm
E_{prom}:	105,000	kg/cm ²	L:	300 cm

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño por esfuerzos admisibles de una losa maciza se ha considerado los siguientes datos y fórmulas:

$$f: 0.5 f_{cb} \longrightarrow f: 475 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c: 0.45 f'_c \longrightarrow f_c: 94.5 \text{ kg/cm}^2$$

Según la E.010 y la E.100 del RNE se usa la "E_{min}" para diseño por esfuerzos admisibles y "E_{prom}" para el cálculo de las deflexiones.

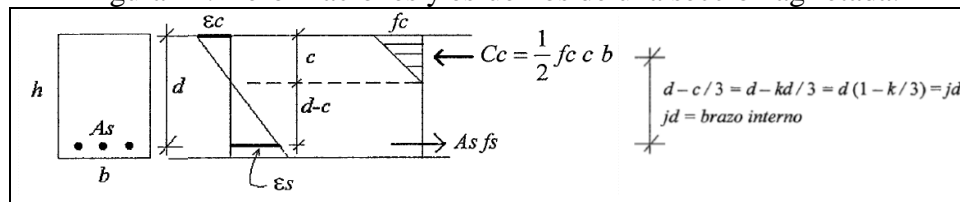
Para elementos no monolíticos con sus apoyos, por ejemplo losas macizas que se apoyan sobre muros de ladrillo, la luz de cálculo deberá considerarse igual a:

$$l_c = l_n + \text{peralte del elemento} \leq \text{luz a ejes}$$

$$l_c = 300 + 17 = 317 \text{ cm} \leq 320 \text{ cm (OK)}$$

Donde: l_c : luz de cálculo; l_n : luz libre entre apoyos del elemento

Figura 21. Deformaciones y esfuerzos de una sección agrietada.



Fuente: XYZ

Figura 22. Fórmulas de diseño por esfuerzos admisibles

$$n = \frac{E_{(min:cb)}}{E_{(c^{\circ})}} \quad n: \text{Relación modular} \quad n = 0.41$$

$$k = -n\rho + \sqrt{(n\rho)^2 + 2 * n\rho} \quad k * d: \text{Profundidad del eje neutro}$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \quad j * d: \text{Brazo del par interior resistente}$$

$$A_{cb} = \rho * b * d$$

$$M_{cb} = T * j * d = A_{cb} * f_{cb} * j * d \quad M_c = C * j * d = \frac{1}{2} f_c * k * j * b * d^2$$

$$M_{actuante} = M_{resistente} \quad M_{actuante} = \frac{w * L^2}{8}$$

Fuente: XYZ

$$n = \frac{E_{Cb}}{E_{c^{\circ}}} = \frac{95,000}{231,721} = 0.41$$

Anteriormente se determinó el valor de la relación modular, se ha designado un rango de cuantías de 0.008 a 0.040 para luego reemplazar en las fórmulas descritas anteriormente.

Tabla 35. Aplicación de las fórmulas de diseño por esfuerzos admisibles.

ρ	k	$k*d$	j	$j*d$	A(cm ²)	M1	M2	#	e(cm)
0.008	0.07778	0.01011	0.97407	0.12663	10.40	625.55	604.97	2.06	89.95
0.009	0.08229	0.01070	0.97257	0.12643	11.70	702.66	639.11	2.31	72.34
0.010	0.08654	0.01125	0.97115	0.12625	13.00	779.59	671.14	2.57	60.50
0.011	0.09057	0.01177	0.96981	0.12608	14.30	856.37	701.38	2.83	51.99
0.012	0.09440	0.01227	0.96853	0.12591	15.60	932.99	730.06	3.08	45.58
0.013	0.09805	0.01275	0.96732	0.12575	16.90	1,009.47	757.38	3.34	40.58
0.014	0.10156	0.01320	0.96615	0.12560	18.20	1,085.81	783.49	3.60	36.56
0.015	0.10492	0.01364	0.96503	0.12545	19.50	1,162.01	808.53	3.86	33.27
0.016	0.10817	0.01406	0.96394	0.12531	20.80	1,238.09	832.60	4.11	30.52
0.017	0.11130	0.01447	0.96290	0.12518	22.10	1,314.05	855.79	4.37	28.20
0.018	0.11433	0.01486	0.96189	0.12505	23.40	1,389.88	878.17	4.63	26.20
0.019	0.11727	0.01525	0.96091	0.12492	24.70	1,465.60	899.82	4.88	24.46
0.02	0.12012	0.01562	0.95996	0.12479	26.00	1,541.22	920.79	5.14	22.94
0.021	0.12289	0.01598	0.95904	0.12467	27.30	1,616.72	941.14	5.40	21.60
0.022	0.12559	0.01633	0.95814	0.12456	28.60	1,692.12	960.90	5.65	20.41
0.023	0.12822	0.01667	0.95726	0.12444	29.90	1,767.41	980.12	5.91	19.34
0.024	0.13079	0.01700	0.95640	0.12433	31.20	1,842.61	998.83	6.17	18.38
0.025	0.13329	0.01733	0.95557	0.12422	32.50	1,917.71	1,017.07	6.43	17.51
0.026	0.13574	0.01765	0.95475	0.12412	33.80	1,992.71	1,034.86	6.68	16.72
0.027	0.13813	0.01796	0.95396	0.12401	35.10	2,067.63	1,052.24	6.94	15.99
0.028	0.14048	0.01826	0.95317	0.12391	36.40	2,142.45	1,069.21	7.20	15.33
0.029	0.14277	0.01856	0.95241	0.12381	37.70	2,217.19	1,085.81	7.45	14.72

0.030	0.14502	0.01885	0.95166	0.12372	39.00	2,291.83	1,102.05	7.71	14.16
0.031	0.14723	0.01914	0.95092	0.12362	40.30	2,366.40	1,117.96	7.97	13.63
0.032	0.14939	0.01942	0.95020	0.12353	41.60	2,440.88	1,133.54	8.22	13.15
0.033	0.15152	0.01970	0.94949	0.12343	42.90	2,515.28	1,148.82	8.48	12.70
0.034	0.15361	0.01997	0.94880	0.12334	44.20	2,589.60	1,163.81	8.74	12.28
0.035	0.15566	0.02024	0.94811	0.12325	45.50	2,663.84	1,178.51	9.00	11.88
0.036	0.15768	0.02050	0.94744	0.12317	46.80	2,738.00	1,192.95	9.25	11.51
0.037	0.15967	0.02076	0.94678	0.12308	48.10	2,812.09	1,207.14	9.51	11.16
0.038	0.16162	0.02101	0.94613	0.12300	49.40	2,886.11	1,221.08	9.77	10.84
0.039	0.16355	0.02126	0.94548	0.12291	50.70	2,960.05	1,234.78	10.02	10.53
0.040	0.16544	0.02151	0.94485	0.12283	52.00	3,033.92	1,248.26	10.28	7.11

Fuente: Elaboración propia

Luego se realizó un metrado de cargas para poder determinar el momento actuante, la fórmula a aplicar es de una viga simplemente apoyada con carga uniformemente distribuida.

METRADO DE CARGAS

a.- Carga Muerta (WD) (Peso)

P. de cieloraso	=	50	kg/m ²	x	1.00	m	=	50	kg/m	
P. de tabiquería	=	120	kg/m ²	x	1.00	m	=	120	kg/m	
P. de piso terminado	=	100	kg/m ²	x	1.00	m	=	100	kg/m	
P. de la losa	=	2,400	kg/m ³	x	0.17	x	1.00	=	408	kg/m
									WD = 678	kg/m

b.- Carga Viva (WL)

Sobre Carga	=	200	kg/m ²	x	1.00	m	=	200	kg/m	
									WL = 200	kg/m

Wu = 678 + 200 = 878 kg/m

Tabla 36. Cálculo del momento actuante en losa simplemente apoyada.

$M_{\text{actuante}} = \frac{w * L^2}{8}$	w:	878	Kg/m
	L:	3.17	m
	M:	1,103	Kg-m

Fuente: Elaboración propia

Se verifica un momento mayor al momento actuante (se encuentra resaltado en la tabla 35), dando como resultado el uso de 08 cañas bravas.

4.5.2. Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura

Para el cálculo de caña brava de temperatura se parte de la fórmula de acero de temperatura en losas.

Tabla 37. Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura.

$A_{st} = 0.0018xbxh$	b: 100 cm (Ancho de losa); h: 17 cm (Espesor de losa) A_{st}: 3.06 cm² (Área de acero de temperatura)
$A_{cbt} = A_{st} \times \frac{0.5xf_y}{0.5xR_{cb}}$	f _y : 4,200 Kg/cm ² (Límite de fluencia del acero) R _{cb} : 950 Kg/cm ² (Esfuerzo a tracción de la caña brava) A_{cbt}: 13.528 cm² (Área de caña brava de temperatura)
$\# = \frac{A_{cbt}}{A_{cb}}$	A _{cb} : 5.06 cm ² (Área de sección de una caña brava) #: 2.67 cañas bravas ≈ 3 cañas bravas.
$cbt = \frac{A_{cb} \times 100}{A_{cbt}}$	cbt: 37.40 cm, se asume cbt= 35 cm Usar 1 caña brava @ 0.35 m

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Propuesta de cálculo de empalme por traslape de la caña brava.

Según el capítulo 12.14 (Empalme del Refuerzo – Generalidades) de la norma E.060 del RNE, donde en 12.14.2.1 afirma que para barras mayores de 1 3/8” no se deben utilizar empalme por traslape. El diámetro promedio de la caña brava es 3 cm y es menor a lo especificado, por lo tanto, cumple para el cálculo de la propuesta de empalme por traslape de la caña brava.

Para calcular la propuesta de empalme por traslape de la caña brava, se calcula la propuesta de longitud de desarrollo de la caña brava teniendo como referencia las fórmulas del acero.

Tabla 38. Propuesta de cálculo de la longitud de desarrollo de la caña brava

$l_d = \left(\frac{f_{cb} \psi_t \psi_e \lambda}{6.6 \sqrt{f'_c}} \right) db$	f _{cb} :950 Kg/cm ² ; ψ _t : 1 ; ψ _e : 1 ; λ: 1 f' _c :210 Kg/cm ² ; db: 3cm l_d: 29.80 cm ≈ 30 cm
--	---

Fuente: Elaboración propia

Luego se calcula la longitud de empalme por traslape de la caña brava, mediante la fórmula de empalme por traslape Clase B.

$$l_{Tcb} = 1.3xl_d = 1.3x30 = 39 \text{ cm} \cong 40 \text{ cm}$$

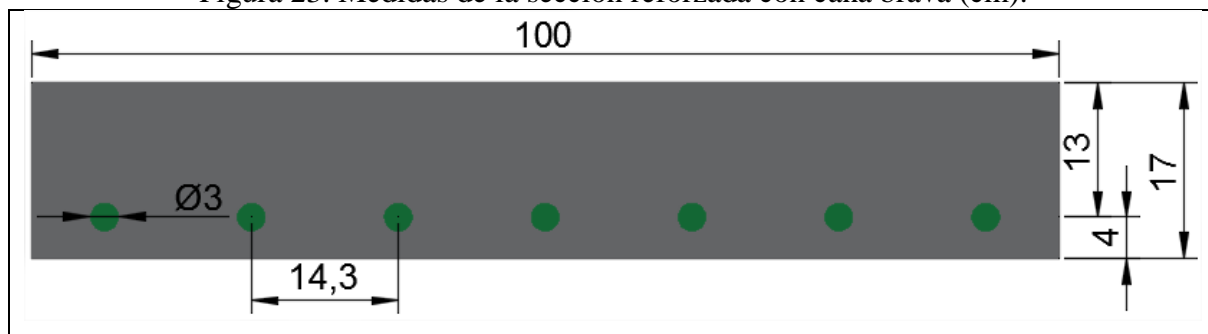
Se concluye que la longitud de la propuesta de empalme por traslape de la caña brava es de 40 cm, se debe empalmar a un extremo de la luz libre de la propuesta de losa.

4.5.4. Deflexiones en elementos de concreto reforzado sometidos a flexión

4.5.4.1. Sección reforzada con caña brava en tracción

Supongamos que una losa maciza se refuerza con 7 cañas bravas de 3.00 cm de diámetro y 5.06 cm² de área. Además, que la distancia entre el fondo de la losa maciza y el centroide de la caña brava es de 4.00 cm, lo que equivale a aceptar un recubrimiento libre de aproximadamente 2.50 cm; en consecuencia, el peralte efectivo "d" será de 13.00 cm.

Figura 23. Medidas de la sección reforzada con caña brava (cm).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Calculo de la cuantía de la caña brava.

$\rho = \frac{\#xA}{bxd}$	#: 7 cañas bravas; A: 5.06 cm ² b: 100 cm; d: 13 cm (peralte efectivo) ρ: 0.0272 % (cuantía)
---------------------------	--

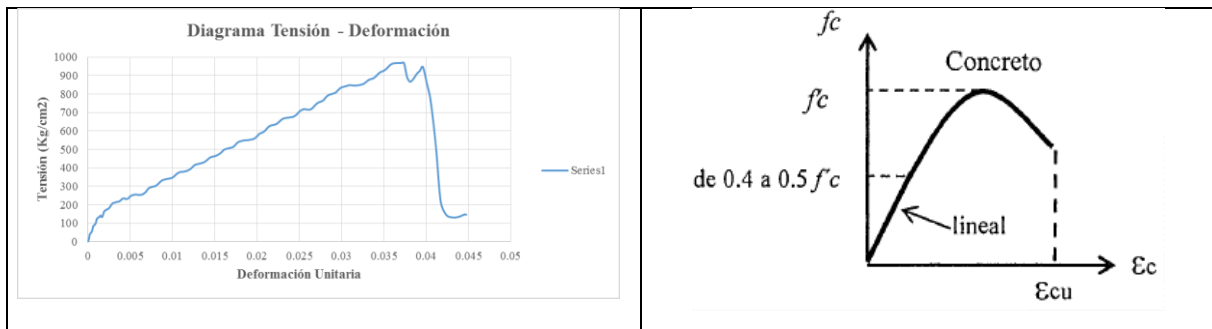
Fuente: Elaboración propia

Las hipótesis que haremos son:

- Las secciones planas permanecen planas.
- El comportamiento del concreto, bajo cargas de servicio, en tracción y compresión es lineal elástico. Sabemos que esta suposición es razonable para esfuerzos de compresión hasta 0.4 a 0.5 de $f'c$.
- No hay posibilidad de una falla prematura por cortante, ni por pandeo lateral.
- La resistencia (módulo de rotura) en tracción por flexión del concreto (f_r) se puede estimar en 29 kg/cm².
- Existe una perfecta adherencia entre concreto y caña brava.

La grafica 7 muestra las relaciones esfuerzo - deformación que utilizaremos para la caña brava y el concreto.

Gráfica 7. Diagrama de esfuerzo – deformación de la caña brava y concreto.

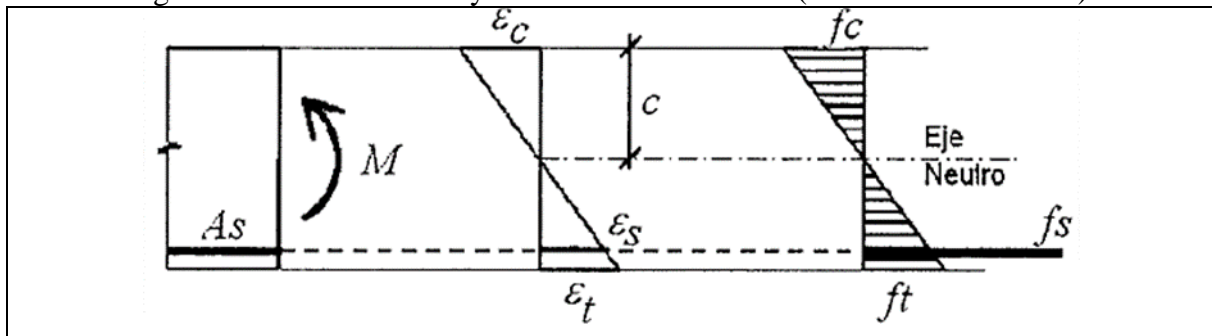


Fuente: Elaboración propia

4.5.4.2. Sección transformada no fisurada

Analicemos el comportamiento de la sección antes de que se produzca la fisuración del concreto por efecto de la tracción por flexión, la resistencia máxima del concreto en tracción por flexión será f_r . La figura 24 muestra el estado de esfuerzos y deformaciones en un instante antes que se produzca la fisuración de la sección.

Figura 24. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración).



Fuente: Elaboración propia

Utilizaremos la sección transformada no fisurada, incluyendo el aporte de la caña brava para calcular los esfuerzos en el concreto y en ésta.

Tabla 40. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada.

$n = \frac{E_{(\min;cb)}}{E_{(c^\circ)}}$	$E_{c^\circ}: 231,721 \text{ Kg/cm}^2; E_{(\min; cb)}: 95,000 \text{ Kg/cm}^2$ n: 0.41
$A_{cbT} = \#xA_{cb}$	$\#: 7 \text{ cañas bravas}; A_{cb}: 5.06 \text{ cm}^2$ $A_{cbT}: 35.42 \text{ cm}^2$
$A_{Tr} = b \times h \times (n - 1) \times A_{cbT}$	$b: 100 \text{ cm}; h: 17 \text{ cm}$ $A_{Tr}: 1,721 \text{ cm}^2$ (Área transformada)

$C = \frac{(bxh \times \frac{h}{2}) + ((n-1) \times A_{cbT} \times d)}{(bxh + (n-1) \times A_{cbT})}$	d: 13 cm (peralte efectivo) C: 8.55 cm (eje neutro)
---	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada.

$v = h - c$	v: 8.45 cm I_{TR}: 41,360 cm⁴
$I_g = \frac{b * c^3}{3} + \frac{b * v^3}{3} + (n - 1) * A_{cb} * (d - c)^2$	Momento de inercia de la sección transformada No F.
$I_C = \frac{bxh^3}{12}$	I_{TR}: 40,942 cm⁴ Momento de inercia de la sección bruta

Fuente: Elaboración propia

El valor de I_{tr} calculado representa un 1.02 % de incremento respecto al momento de inercia de la sección bruta sin caña brava de refuerzo.

Tabla 42. Cálculo del momento de agrietamiento.

$f_r = 2\sqrt{f'_c}$	v = h - c	f'c: 210 Kg/cm ²
$M_{Cr} = \frac{f_r \times I_{TR}}{v}$		h: 17 cm; c: 8.55 cm
		M_{Cr}: 141,937 Kg-cm ≈ 1,419.37 Kg-m

Fuente: Elaboración propia

El momento de agrietamiento de la sección es de 1,372 Kg-m, por encima de este valor se espera que el concreto en tracción se agriete o se fisure.

Los esfuerzos en el concreto y en la caña brava, un instante antes de alcanzar el momento de agrietamiento M_{cr}, serán:

Tabla 43. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava.

$f_c = \frac{M_{Cr} \times C}{I_{Tr}}$	M _{Cr} : 141,937 Kg-cm; c: 8.55 cm; I _{TR} : 41,360 cm ⁴ f_c: 29,36 Kg/cm² (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{M_{Cr} \times (d - C)}{I_{Tr}} \times n$	M _{Cr} : 141,937 Kg-cm; d: 13 cm; c: 8.55 cm; I _{TR} : 41,360 cm ⁴ ; n: 0.41 f_{cb}: 6.25 Kg/cm² (Esfuerzo en la caña brava)

Fuente: Elaboración propia

Comparando el momento de agrietamiento con el de la sección no reforzada se observa que hay un 1.67 % de incremento (1,419 vs 1,396 Kg-m)

Obviamente el concreto armado no se desarrolló para mejorar la resistencia de una sección en flexión, como en este caso es tan solo en un 1.67 %.

Para cuantificar el incremento de resistencia que produce la presencia de la caña brava de refuerzo, tendremos que analizar que sucede con la sección luego de que el concreto en tracción se haya agrietado. A partir del agrietamiento del concreto se puede decir que la caña brava empieza a trabajar realmente. Cuando el momento flector en la sección alcance el valor de agrietamiento por flexión, no se producirá una falla frágil de la sección ni el colapso de la losa. La presencia de la caña brava de refuerzo, el cual tomará las tracciones que el concreto no es capaz de soportar, permitirá seguir incrementando la carga externa, de manera segura sin el colapso de la losa.

4.5.4.3. Sección transformada fisurada

Analicemos los esfuerzos en la sección un instante después de ocurrido el agrietamiento del concreto. Para ello apliquemos un momento flector ligeramente superior (un 10% mayor) al que origina el agrietamiento (M_{cr}), digamos un 1,561 Kg-m.

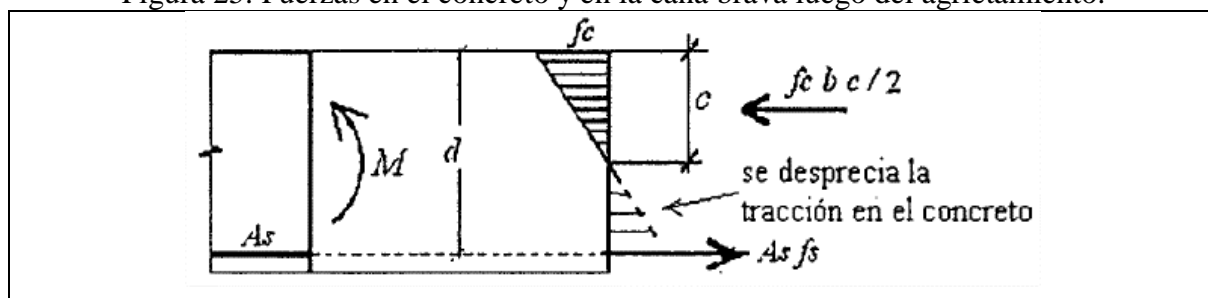
Las hipótesis para el análisis serán las mismas, con la diferencia que introduciremos una adicional: el aporte del concreto en tracción se desprecia.

Esto significa que todo el concreto que está en tracción, por debajo del eje neutro no será considerado en los cálculos de resistencia.

Esta hipótesis permite simplificar los cálculos, sin embargo, para momentos flectores de poca intensidad en condiciones de servicio, no es del todo realista, pero si conservadora.

El diagrama de esfuerzos y de las fuerzas resultantes en el concreto y la caña brava será el indicado en la figura 25.

Figura 25. Fuerzas en el concreto y en la caña brava luego del agrietamiento.



Fuente: Libro de Ottazi

Utilizaremos la sección transformada fisurada (figura N°X) para calcular los esfuerzos en el concreto y en la caña brava.

Tabla 44. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada.

nxA_{cbT}	$n: 0.41; A_{cbT}: 35.41 \text{ cm}^2$ $nxA_{cbT}: 14.52 \text{ cm}^2$
$bxCx\frac{C}{2} = (nxA_{cbT})x(d - C)$	$b: 100 \text{ cm}; nxA_{cbT}: 14.52 \text{ cm}^2; d: 13 \text{ cm}$ $C: 1.80 \text{ cm}$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada.

$I_{Cr} = \frac{bxC^3}{3} + (nxA_{cbT})x(d - C)^2$	$b: 100 \text{ cm}; C: 1.82 \text{ cm}; nxA_{cbT}: 14.52 \text{ cm}^2; d: 13 \text{ cm}$ $I_{Cr}: 2,015 \text{ cm}^4$
--	--

Fuente: Elaboración propia

La inercia se ha reducido, al agrietarse la sección de 41,360 a 2,015 cm⁴.

En este caso, la inercia fisurada o completamente agrietada de la sección es aproximadamente el 05 % de la inercia bruta.

Calculemos los esfuerzos máximos en el concreto y la caña brava en la sección fisurada:

Tabla 46. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava.

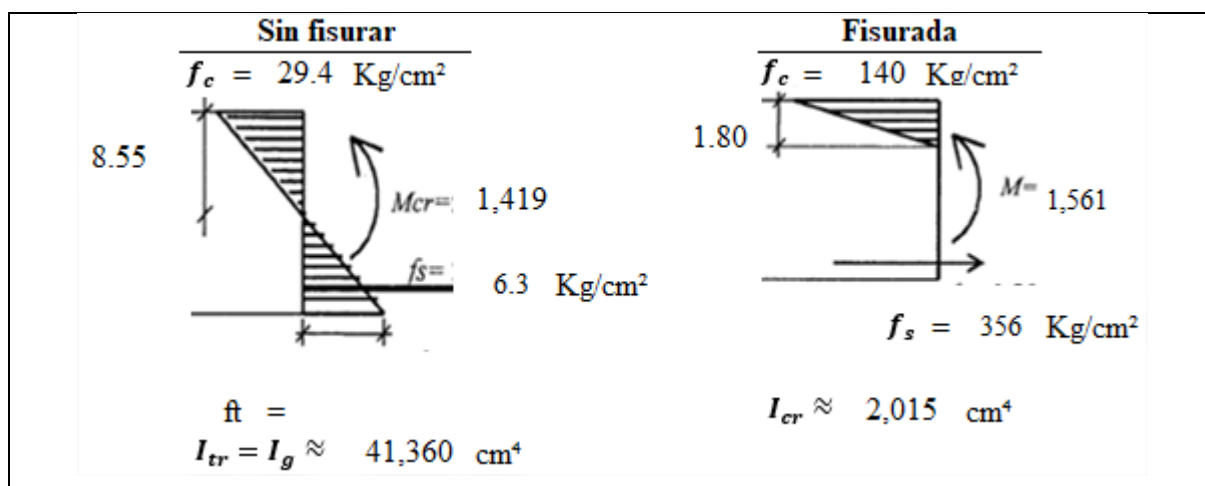
$f_c = \frac{MxC}{I_{Cr}}$	$M: 156,131 \text{ Kg-cm}; C: 1.81 \text{ cm}; I_{Cr}: 2,015 \text{ cm}^4$ $f_c: 140 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{Mx(d - C)}{I_{Cr}} \times n$	$M: 156,131 \text{ Kg-cm}; d: 13 \text{ cm}; C: 1.81 \text{ cm}; I_{Cr}: 2,015 \text{ cm}^4; n: 0.41$ $f_{cb}: 356 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en la caña brava)

Fuente: Elaboración propia

La figura 26 permite comparar los esfuerzos en el concreto y en la caña brava antes y después del agrietamiento. Es importante notar el fuerte incremento en el esfuerzo de la caña brava en tracción al agrietarse la sección.

Para un momento externo un 10% mayor que el produce el agrietamiento de la sección, el esfuerzo de compresión en el concreto ha aumentado de 29 a 140 Kg/cm² (4.8 veces) y el esfuerzo en la caña brava de 6.3 a 356 Kg/cm² (56.9 veces).

Figura 26. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada



Fuente: Elaboración propia

4.5.4.4. Capacidad máxima de la sección por esfuerzos admisibles.

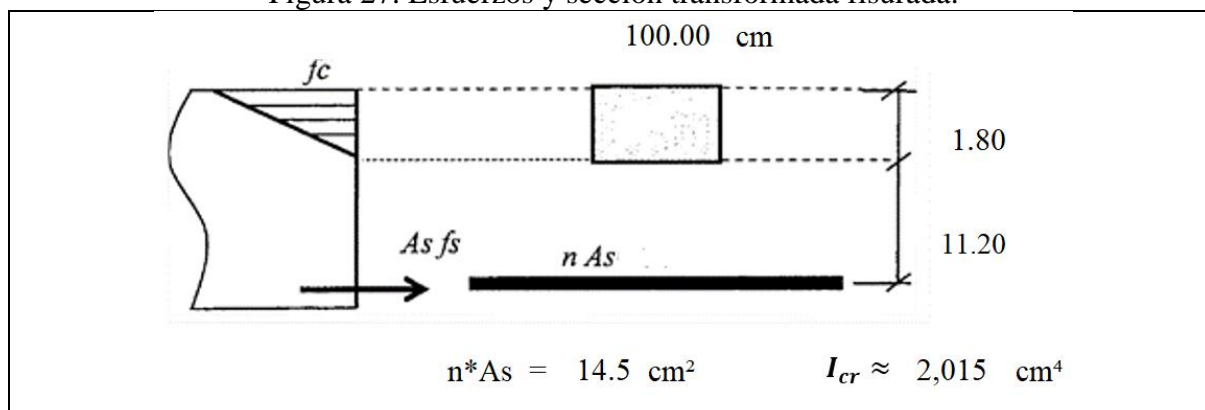
Calculemos la capacidad de la sección utilizando el Diseño por Esfuerzos Admisibles. Las Normas fijaban, para el diseño en flexión, los siguientes esfuerzos admisibles para la compresión en el concreto y la tracción en la caña brava:

Concreto: f_c admisible = $0.45f'_c$ = 94.5 Kg/cm²

Caña Brava: f_s admisible = $0.50f_{cb}$ = 475 Kg/cm²

Cuando la caña brava alcance su esfuerzo admisible, la sección ya se encontrará fisurada por flexión, en consecuencia, los cálculos se harán utilizando las propiedades de la sección transformada fisurada. Para que esto sea válido, tendremos que suponer que el concreto se comporta linealmente hasta alcanzar su esfuerzo admisible.

Figura 27. Esfuerzos y sección transformada fisurada.



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos en el concreto y en la caña brava así como el momento máximo (M_{ad}) que será posible aplicar, sin sobrepasar los esfuerzos admisibles son:

Tabla 47. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y caña brava.

$f_c = \frac{MxC}{I_{Cr}}$	$f_c: 94.5 \text{ Kg/cm}^2; I_{Cr}: 2,015 \text{ cm}^4; C: 1.80 \text{ cm}$ $M_{ad}: 105,626 \text{ Kg-cm} \approx 1,056 \text{ Kg-m}$
$f_{cb} = \frac{Mxv}{I_{Cr}} \times n$	$f_{cb}: 475 \text{ Kg/cm}^2; I_{Cr}: 2,015 \text{ cm}^4; v: 11.2 \text{ cm}; n: 0.41$ $M_{ad}: 208,523 \text{ Kg-cm} \approx 2,085 \text{ Kg-m}$

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de la sección está controlada por el esfuerzo admisible en la caña brava, por lo tanto el momento flector admisible es 2,085 Kg-m.

4.5.4.5. Control de deflexiones

Para el control de deflexiones, hemos simulado una carga distribuida mediante la sobre carga con arena y luego se ha medido las deflexiones que genera la carga muerta y la sobre carga en mención.

METRADO DE CARGAS

a.- Carga Muerta (WD)

$$\text{Peso de la losa} = 2,400 \text{ kg/m}^3 \times 0.17 \times 1.00 = 408 \text{ kg/m}$$

b.- Carga Viva (WL)

$$\text{Sobre Carga (Arena)} = 1,600 \text{ kg/m}^3 \times 0.80 \times 1.00 = 1,280 \text{ kg/m}$$

$W_u = 408 + 1,280 = 1,688 \text{ kg/m}$
--

Tabla 48. Cálculo del momento actuante.

$M_{actuante} = \frac{w * L^2}{8}$	$w: 878 \text{ Kg/m}$ $L: 3.00 \text{ m}$ $M: 1,899 \text{ Kg-m}$
------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el momento actuante 1,899 Kg-m es menor que el momento admisible en la caña brava 2,085 Kg-m; es por eso que la losa maciza propuesta no ha fallado ni presenta fisuraciones.

Para el cálculo de las deflexiones se ha aplicado la siguiente formula:

$$\Delta_i = \frac{5 * w * L^4}{384 * E * I}$$

De la anterior fórmula despejaremos el módulo de elasticidad de la sección compuesta para poder calcularla.

Tabla 49. Cálculo del módulo de elasticidad de la sección compuesta.

$E_{sc} = \frac{5 * w * L^4}{384 * I * \Delta_{medida}}$	w: 408 Kg/m; L: 3.17 m I: 41,360 cm ⁴ ; Δ_{medida} : 0.001 m E_{sc}: 129,706 Kg/cm²
--	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Control de deflexiones con simulación de carga distribuida (agua).

Metrado de cargas	0.50	0.75	1.00
Carga permanente	408	408	408
Peso propio de losa	408	408	408
Carga	400	600	800
Agua (h:50;75;100)	400	600	800
CM+CV (Kg/m)	808	1,008	1,208
Deflexión medida (m)	0.0020	0.0020	0.0020
Deflexión calculada (m)	0.0020	0.0025	0.0030

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Control de deflexiones con simulación de carga distribuida (arena).

Metrado de cargas	0.50	0.75	1.00
Carga permanente	408	408	408
Peso propio de losa	408	408	408
Carga	640	960	1,280
(arena) (h:50;75;100)	640	960	1,280
CM+CV (Kg/m)	1,048	1,368	1,688
Deflexión medida (m)	0.0020	0.0030	0.0040
Deflexión calculada (m)	0.0026	0.0034	0.0041

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se observa que las deflexiones medidas son menores a las calculadas.

4.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE LOSA

4.6.1. Análisis de precios unitarios de la propuesta de losa

Tabla 52. Análisis de costos unitarios de encofrado y desencofrado de la propuesta de losa maciza.

Actividad:	Encofrado y desencofrado de losa maciza				Unidad:	m²
Especificación:	Madera Tornillo en bruto, no incluye friso					
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Encofrado:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Desencofrado:	0 Capataz +	0 Operarios +	1 Oficiales +	2 Peones	
Rendimiento:	Habilitación:	60 m ² /día				
	Encofrado:	15 m ² /día				
	Desencofrado:	45 m ² /día				
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial		
I. MATERIALES:						
Madera Tornillo	p ²	5.93	4.50	26.69		
Clavos de 2 1/2"	Kg	0.14	4.50	0.63		
Alambre negro N°16	Kg	0.10	3.50	0.35		
			Costo de Material:	27.67		
II. MANO DE OBRA:						
Capataz	hh	0.07	25.49	1.70		
Operario	hh	0.67	23.17	15.45		
Oficial	hh	0.84	18.31	15.46		
Peón	hh	0.36	16.56	5.89		
			Costo de Mano de Obra:	38.50		
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						
Herramientas	%M.O.	0.03	38.50	1.15		
			Costo de Equipo y Herramientas:	1.15		
			TOTAL:	67.32		

Fuente: Adaptado de [21, p. 124]

Tabla 53. Análisis de costos unitarios de concreto de la propuesta de losa maciza.

Actividad:	Concreto Losa Maciza de f'c 210 Kg/cm²			Unidad:	m³
Especificación:	Preparado con mezcladora de 9p3, vibrador de concreto de 1.5"				
Cuadrilla:	Preparado y vaciado:	0.3 Capataz +	3 Operarios +	2 Oficiales +	11 Peones
	Curado:	0.1 Capataz +	0 Operarios +	0 Oficiales +	1 Peones
Rendimiento:	Preparado y vaciado:	25 m ³ /día			
	Curado:	50 m ³ /día			
	Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
I. MATERIALES:					
	Cemento Portland Tipo I	bls	10.22	19.50	199.29
	Arena gruesa	m ³	0.53	45.00	23.85
	Piedra chancada de 1/2"	m ³	0.52	65.00	33.80
	Agua	m ³	0.19	3.39	0.63
				Costo de Material:	257.57
II. MANO DE OBRA:					
	Capataz	hh	0.10	25.49	2.45
	Operario	hh	0.96	23.17	22.24
	Oficial	hh	0.64	18.31	11.72
	Peón	hh	3.68	16.56	60.94
				Costo de Mano de Obra:	97.35
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:					
	Mezcladora de 9p ³	1 hm	0.32	10.59	3.39
	Vibrador de concreto de 1.5"	1 hm	0.32	6.36	2.04
	Herramientas	% M.O.	0.03	97.35	2.92
				Costo de Equipo y Herramientas:	8.34
				TOTAL:	363.26

Fuente: Adaptado de [21, p. 147]

Tabla 54. Análisis de costos unitarios de caña brava de la propuesta de losa maciza.

Actividad:	Caña Brava				Unidad:	Kg
Especificación:	Caña Brava Φ 3cm (Promedio) por 6 m. cortado con amoladora					
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Colocación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
Rendimiento:	Habilitación:	280 Kg/día				
	Colocación:	280 Kg/día				
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial		
I. MATERIALES:						
Caña Brava	Kg	1.03	0.08	0.08		
Alambre negro N°16	Kg	0.05	3.50	0.18		
				Costo de Material:	0.25	
II. MANO DE OBRA:						
Capataz	hh	0.006	25.49	0.15		
Operario	hh	0.057	23.17	1.32		
Oficial	hh	0.057	18.31	1.05		
				Costo de Mano de Obra:	2.52	
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						
Herramientas	% M.O.	0.0300	2.52	0.08		
				Costo de Equipo y Herramientas:	0.08	
				TOTAL:	2.85	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Presupuesto de la propuesta de losa maciza.

Presupuesto de una losa maciza de L:3m, b:1m, h:0.17m; reforzada con caña brava					
Descripcion	Und	Metrado	Precio	Parcial	
Encofrado y desencofrado de losa maciza	m ²	3.00	67.32	201.95	
Caña Brava	Kg	15.58	2.85	44.35	
Concreto en losa maciza f'c = 210 Kg/cm ²	m ³	0.51	363.26	185.26	
				TOTAL:	431.56

Fuente: Adaptado de [21, p. 158]

4.7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Posteriormente de haber elaborado la matriz de Leopold, que se ubica dentro del Anexo N°09: Evaluación de impacto ambiental, se visualiza el siguiente resultado de 181 positivo, indicándonos que la propuesta de tesis impacta de manera positiva al ecosistema.

Para realizar el mencionado estudio, los impactos ambientales se distribuyeron en dos etapas principales de la propuesta de tesis:

- Abastecimiento de la caña brava: en esta etapa se encuentra el sembrado, cosecha, traslado al mercado para poder comercializarla y finalmente adquirirla y almacenarla en la obra.
- Uso de la caña brava en la propuesta de losa maciza: en esta esta se encuentra la acción de sustituirla por el acero para luego habilitarla y finalmente realizar el llenado de la losa que se está proponiendo.

V. DISCUSIÓN

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

El ensayo de granulometría al agregado grueso muestra que cumple con los tamaños máximos, máximos nominales y distribuciones porcentuales como se muestra en la gráfica 2 donde vemos que las distribuciones entre los tamices cumplen con lo establecido en la NTP 400.012. Esto nos muestra que este es un material bien clasificado que puede usarse para mezclar concreto. Para la granulometría de agregado fino que se utilizó, también se obtuvo una buena distribución porcentual entre sus tamices. El módulo de fineza que depende del rendimiento acumulado retenido fue 2,98. Este debe estar entre 2.3 y 3.1, de acuerdo a esto podemos decir que el agregado fino cumple con la norma.

Con respecto a los ensayos de contenido de humedad, peso unitario suelto, compactado, peso específico y absorción, realizadas sobre aditivos finos y espesos, se ha podido determinar que los aditivos cumplen con la norma, como referencia se tiene a la NTP: 339.185; 400.012; 400.017; 400.021; 400.022.

5.2. DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezcla de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm², se utilizó el método del comité 211 del ACI, por ser el más usado a nivel local, económico y de fácil elaboración.

5.3. CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO

5.3.1. Caracterización del agua

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable.

5.3.2. Ensayo de asentamiento

El asentamiento obtenido de la mezcla de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm², preparada con agua potable, dio como resultado 3'' con el fin de que el concreto tenga una consistencia plástica y buena trabajabilidad.

5.3.3. Resistencia a la compresión

De los ensayos de resistencia a la compresión del concreto, dio como resultado que la mezcla de concreto alcanzo un 111.7% de la resistencia requerida a la edad de 28 días.

5.4. CARACTERIZACIÓN DE LA CAÑA BRAVA

5.4.1. Diámetro

Para proponer un diámetro promedio, se tomó un lote de 50 cañas bravas para realizar las mediciones respectivas con un vernier digital y mediante fórmulas estadísticas se calculó el diámetro promedio de 3cm.

El diámetro promedio en mención se usará para la propuesta de diseño de losa maciza de techo con concreto (en una dirección)

5.4.2. Contenido de humedad

Tomando como referencia la norma E.100 (Bambú) del RNE, donde nos dice que el contenido de humedad del bambú estructural debe corresponderse con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Utilizando un higrómetro digital se ha medido el contenido de humedad de la caña brava dando como resultado de que está por debajo del contenido de humedad de la ciudad de Chiclayo (14%)

5.4.3. Esfuerzo a tracción

Se optó por cortar la caña brava en su sección longitudinal para poder realizar el ensayo a tracción paralela a la fibra y así determinar su esfuerzo a tracción del material mencionado.

5.4.4. Módulo de elasticidad

Para determinar el módulo de elasticidad de la caña brava, se debe eliminar los valores de tracción producto de la calibración que ejerce cuando se realiza cada ensayo a tracción a la caña brava, estos datos se ven esbozados en el “Diagrama de Tensión – Deformación Unitaria”, dando como resultado la pendiente que se encuentra en la zona elástica lineal.

Tomando como referencia la norma E.010 (madera) del RNE, según el artículo 4.6.2 que nos habla sobre el uso del módulo de elasticidad promedio de la madera en caso de que exista una acción de conjunto garantizada, pero hemos optado por el uso del módulo de elasticidad mínimo de la caña brava para estar del lado de la seguridad.

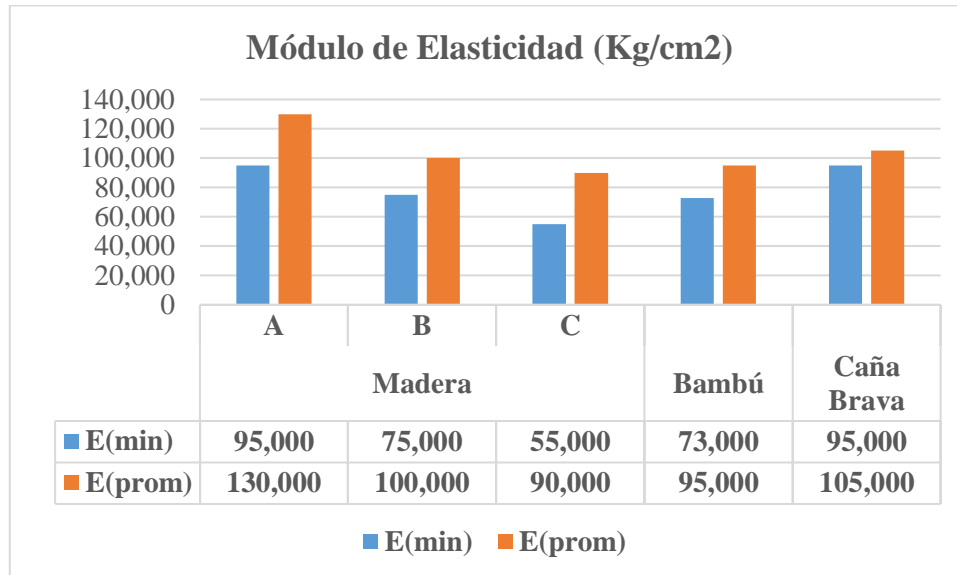
Tomando como referencia los módulos de elasticidad de la madera y del bambú, se adjunta un cuadro comparativo de los módulos de elasticidad adicionando el de la caña brava.

Tabla 56. Módulo de Elasticidad de la madera, bambú y caña brava.

Módulo de Elasticidad de la madera, bambú y caña brava					
Módulo de Elasticidad	Materiales				
	Madera			Bambú	Caña Brava
	A	B	C		
E(mínimo)	95,000	75,000	55,000	73,000	95,000
E(promedio)	130,000	100,000	90,000	95,000	105,000

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 8. Módulo de Elasticidad de la madera, bambú y caña brava.



Fuente: Elaboración propia

5.4.5. Propuesta de ensayo de arrancamiento: caña brava – concreto

Esta propuesta de ensayo tiene como finalidad, comparar la adherencia de la caña brava en especímenes de concretos de diferentes $f'c$; con $f'c$ 175 Kg/cm² y $f'c$ 210 Kg/cm² mediante el ensayo a tracción. El ensayo consiste en aplicar unas cargas axiales a tracción a una velocidad de carga prescrita hasta que el nivel de adherencia de la caña brava en los especímenes de concreto sea nulo. Dando como resultado de que la caña embebida en especímenes de concreto con $f'c$ de 210 kg/cm² tiene más adherencia.

5.5. PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE TECHO CON CONCRETO

5.5.1. Propuesta de diseño por esfuerzos admisibles

Dicha propuesta de diseño se optó porque tanto el concreto y el elemento de refuerzo como es el caso de la caña brava está en el rango elástico.

5.5.2. Propuesta de cálculo de caña brava de retracción y temperatura

Ya que no se cuenta con un reglamento o norma de diseño para caña brava, se hizo dicha propuesta de cálculo. En la cual se describe, que se parte de la fórmula del cálculo del acero de temperatura en losas, luego mediante la relación de sus resistencias admisibles tanto de la caña brava como del acero se da dicha conversión.

5.5.3. Propuesta de cálculo de empalme por traslape de la caña brava

Ya que no se cuenta con un reglamento o norma de diseño para caña brava, se hizo dicha propuesta de cálculo. En la cual se describe, que se parte de la fórmula del cálculo de longitud de desarrollo del acero de barras de 7/8" y mayores, porque en dicha fórmula contiene el dato de esfuerzo a fluencia del material y la resistencia a compresión del concreto. Luego se aplica la fórmula de empalme por traslape Clase B ya que tiene un coeficiente mayor al de Clase A.

5.5.4. Deflexiones en elementos de concreto reforzado sometidos a flexión

5.5.4.1. Sección Transformada

También se aplicó la sección transformada en la losa maciza y en la losa aligerada, ambas reforzadas con acero para realizar un cuadro comparativo de los momentos admisibles que se dan en las losas mencionadas y en la losa propuesta que se muestra a continuación:

Tabla 57. Cuadro comparativo de los momentos admisibles en diferentes tipos de losa.

Tipos de losas	Losa propuesta	Losa maciza	Losa aligerada
Sección (m)	0.17x1.00	0.17x1.00	0.20x0.40
Refuerzo	7 cañas bravas	7 varillas N°4	1 varilla N°4
M. Adm. (Kg-m)	2,085	2,433	438

Fuente: Elaboración propia

La aplicación de la sección transformada en la losa maciza y en la losa aligerada, ambas reforzadas con acero, se encuentra en ANEXO N° 07: Sección transformada de losas tradicionales

5.5.4.2. Control de deflexiones

Para el control de deflexiones se empleó una estación total, con el fin de medir las deflexiones en la losa propuesta simplemente apoyada, con dichos valores se calculó el módulo de elasticidad de la sección compuesta.

5.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE LOSA

Se realiza con el fin de evaluar si la propuesta de losa es más económica que las losas convencionales (losa aligerada y losa maciza)

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de costos entre la sección de losa propuesta con las losas tradicionales.

Tabla 58. Cuadro comparativo de costos en diferentes tipos de secciones de losa.

Tipos de losas	Longitudes			Costo
	Luz libre	Ancho	Espesor	
Losa propuesta	3.00	1.00	0.17	431.56
Losa maciza	3.00	1.00	0.17	559.21
Losa aligerada	3.00	1.00	0.20	363.74

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la losa que se está proponiendo es más económica que la losa maciza reforzada con acero, pero es más costoso que la losa aligerada tradicional.

5.7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realiza con el fin de evaluar si la propuesta de losa genera impactos positivos y/o negativos al ambiente, en el caso de que genere impactos negativos se detalla un plan de mitigación, que se encuentra en Anexo 9.

VI. CONCLUSIONES

Después de realizar el ensayo propuesto, como es el ensayo a tracción paralela a la fibra de la caña brava, en el cual se basó principalmente la presente investigación, podemos concluir lo siguiente:

- ✓ El esfuerzo a tracción de la caña brava es de 950 Kg/cm².
- ✓ El módulo de elasticidad mínimo y promedio del elemento en mención es de 95,000 Kg/cm² y 105,000 Kg/cm² respectivamente.
- ✓ Según el capítulo 9.6 (Control de deflexiones) de la norma E.060 del R.N.E y las deflexiones medidas a la propuesta de losa de techo sometida a flexión; las deflexiones obtenidas cumplen con los parámetros indicados.
- ✓ La propuesta de cálculo de caña brava de temperatura es 1 caña @ 35cm.
- ✓ La longitud de la propuesta de empalme por traslape de la caña brava es de 40 cm.
- ✓ El proceso constructivo de la propuesta de losa maciza, puede ser ejecutado por cualquier maestro de obra ya que su proceso no difiere a la de reforzada con acero, lo que permite no buscar mano de obra especializada en el uso de la caña brava y por consecuencia le da un valor agregado ya que no es necesario incrementar el precio de la mano de obra.
- ✓ De acuerdo a los costos unitarios realizados, se concluye que:
La losa maciza reforzada con caña brava es 23% más económica que la losa maciza reforzada con acero, pero es 15% más costosa que la losa aligerada reforzada con acero.
- ✓ La propuesta de losa no solo es económica en costos de construcción, sino que contribuye al medio ambiente, ya que la producción del acero es un contaminante muy agresivo y la producción de caña brava es totalmente ecológica. Ya que para la producción de 1 tonelada de acero produce 50 m³ de CO₂. Este proyecto contribuirá de forma eficiente a la disminución de estas emisiones (del acero) nocivas en la construcción.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Las cañas bravas no deben presentar perforaciones causadas por ataques de insectos, ni presentar niveles de putrefacción.
- ✓ Para proteger la caña brava antes de habilitarlo a la propuesta de losa maciza, se debe hacer un curado similar al del bambú, que consiste en sumergir en piscinas con ácido bórico y bórax y luego secarlos al aire hasta alcanzar el 14% de contenido de humedad.
- ✓ El contenido de humedad óptimo al momento de instalar la caña brava en una losa maciza debe ser 14% (contenido humedad ambiente)
- ✓ El diámetro es de 3cm (+-2mm) y el contenido de humedad es de 14% (o menor) de la caña brava para realizar el diseño de esta propuesta de losa, fuera de estas medidas corresponde hacer nuevos ensayos para su diseño correspondiente.
- ✓ La longitud de empalme por traslape de la caña brava se debe realizar a un extremo de la luz libre de la propuesta de losa.
- ✓ Verificar la perfecta horizontalidad del encofrado, este debe estar apoyado sobre un terreno nivelado y compactado.
- ✓ Colocar una capa de mortero en ambos extremos de la caña brava a fin de evitar que ingrese la mezcla de concreto o cualquier material orgánico.
- ✓ Realizar dados de concreto con $f'c$ 210 Kg/cm² con un área de 5x5cm con espesor de 2.5 cm, con el fin de darle el recubrimiento a la caña brava.
- ✓ Utilizar concreto de $f'c$ 210 Kg/cm², para su preparación se debe usar una mezcladora tipo trompo y para garantizar una buena compactación se debe usar un vibrador mecánico teniendo en cuenta que no se debe vibrar en exceso.
- ✓ Las tuberías de instalaciones eléctricas deben ir debajo de las cañas de temperatura y las cajas octogonales se colocan en la zona de espaciamiento de la caña brava a tracción.
- ✓ En el caso de que las dimensiones de las tuberías de instalaciones sanitarias sean mayores a la tercera parte del espesor de la propuesta de losa, es mejor adosarlas en la parte inferior del techo lo que permite usar un falso cielo raso para mejorar la estética.
- ✓ Para garantizar una buena horizontalidad se debe usar una regla de aluminio sobre la superficie, el acabado debe ser rugoso lo que permite una adherencia al contrapiso.
- ✓ El curado del concreto es del tipo arrocera que consiste en bordear con arena determinadas áreas para luego llenar con agua, se debe iniciar después de unas horas del vaciado del concreto y debe prolongarse por 7 días.

- ✓ Los encofrados deben retirarse de tal manera que no afecte de forma negativa la seguridad o condiciones de servicio de la estructura.
- ✓ Reforestación de las zonas de extracción de la caña brava.
- ✓ Evitar incinerar los desperdicios de la caña brava.

VIII. LISTAS DE REFERENCIAS

- [1] R. Barrionuevo, “Investigación tecnológica aplicada: Domocaña,” *Inf. la Construcción*, vol. 63, no. 523, p. 54, 2011, [Online]. Available: <http://docplayer.es/32800468-Investigacion-tecnologica-aplicada-domocana.html>.
- [2] O. Miranda Hospinal, “Estudio e investigación del aporte estructural de la caña brava, en edificaciones con quinchá,” 1987.
- [3] E. Rivva López, *Diseño de mezclas*, Tercera. 2015.
- [4] G. Ottazzi Pasino, *Apuntes del curso Concreto Armado I*, Decimoquin. 2015.
- [5] “Norma E.020 Cargas,” in *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 2006.
- [6] “Norma E.060 Concreto Armado,” in *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 2009.
- [7] INDECOPI, “NTP 400.012, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global,” no. Lima 41, p. 18, 2001, [Online]. Available: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivov/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf.
- [8] “NTP 400.017. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados.” in *Norma Técnica Peruana*, 2011.
- [9] “NTP 400.021. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.” in *Norma Técnica Peruana*, 2002.
- [10] “NTP 400.022. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.” in *Norma Técnica Peruana*, 2013.
- [11] “NTP 339.185. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.” in *Norma Técnica Peruana*, 2013.
- [12] “NTP 339.033. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.” in *Norma Técnica Peruana*, 2009.
- [13] “NTP 339.035. CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.” in *Norma Técnica Peruana*, 2009.
- [14] “NTP 339.034. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.” in *Norma Técnica Peruana*, 2008.
- [15] Universidad de Antioquia, “Caña Brava - *Gynerium sagittatum* (Aubl.) P. Beauv.”

27/08, 2008. .

- [16] “NTP 341.002. ACERO. Ensayo a tracción para acero.,” in *Norma Técnica Peruana*, 1970.
- [17] Ó. González Cuevas and F. Robles Fernández-Villegas, *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. 2005.
- [18] “Ley N°28611: Ley General del Ambiente.” 2005.
- [19] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, “Ensayo a los agregados - Tecnología de los Materiales.” 2010.
- [20] Civilgeeks.com, “8 pasos para el Ensayo del asentamiento de cono de Abrams,” 2015. <https://civilgeeks.com/2015/09/08/8-pasos-para-el-ensayo-del-asentamiento-de-cono-de-abrams/>.
- [21] Cámara Peruana de Construcción (CAPECO), “Costos y Presupuestos de Edificación,” *Capeco*, p. 375, 2003.
- [22] P. I. Flores León, “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la Clínica USAT, 2018-2019.,” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [23] C. D. Díaz Ramírez and V. E. Puyen Lamas, “La determinación del área de influencia del proyecto consiste en determinar los diferentes aspectos e impactos que afectan, de manera positiva o negativa, al proyecto. Para la determinación del ámbito espacial tendremos en cuenta los aspectos físicos, bió,” Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2019.
- [24] “Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Ley N° 27446.” 2011.
- [25] “Ley de Recursos Hídricos. Ley N°29338.” 2009.
- [26] “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Ley N° 1278.” 2018.
- [27] “Norma para Agricultura Sostenible.” 2018.
- [28] Municipalidad distrital de Cayalti, “ESTUDIO DE PROYECTO DE PREINVERSION A NIVEL DE PERFIL CREACION DE VEREDAS Y PAVIMENTACION ASFALTICA EN CALIENTE DEL SECTOR 2 – SANTA MARIA 1 Y PROLONGACION SANTA MARIA DE LA LOCALIDAD DE CAYALTI - DISTRITO CAYALTI – CHICLAYO -LAMBAYEQUE.” 2015.
- [29] “Norma G.010,” in *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 2010.

IX. ANEXOS

ANEXO N° 01: DOCUMENTOS

Figura 28. Declaración jurada.



Chiclayo, 13 de Junio de 2016

DECLARACIÓN JURADA

Yo, **HENRY DAVID FLORES PÉREZ**, identificado con DNI N° 45925418, con domicilio en la Calle España N° 1077 del distrito de José Leonardo Ortiz, alumno egresado de la Universidad Católica "Santo Toribio de Mogrovejo" de la ciudad de Chiclayo, declaro bajo juramento tener conocimiento que el proyecto: **ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA CAÑA BRAVA Y PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LOSAS DE TECHO CON CONCRETO**, no ha sido ni viene siendo realizado por persona alguna o Institución de la ciudad mencionada.

Para mayor constancia legalizo la presente Declaración ante el notario que suscribe.




.....

HENRY DAVID FLORES PÉREZ
DNI N° 45925418



SOLO SE LEGALIZA LAS FIRMAS SIN ASUMIR RESPONSABILIDAD SOBRE EL CONTENIDO DEL DOCUMENTO (ARTICULO 186 DECRETO LEGISLATIVO N° 1448)

CERTIFICO: QUE LA FIRMA QUE ANTECEDE CORRESPONDE A: Henry David Flores Pérez

IDENTIFICADO CON: DNI N° 45925418

CHICLAYO, 13 DE Junio DEL 2016.



CÉSAR ENRIQUE DELGADO PÉREZ
ABOGADO - NOTARIO DE CHICLAYO

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO N° 02: ENSAYOS DE LOS AGREGADOS



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez Henry David

TESES : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

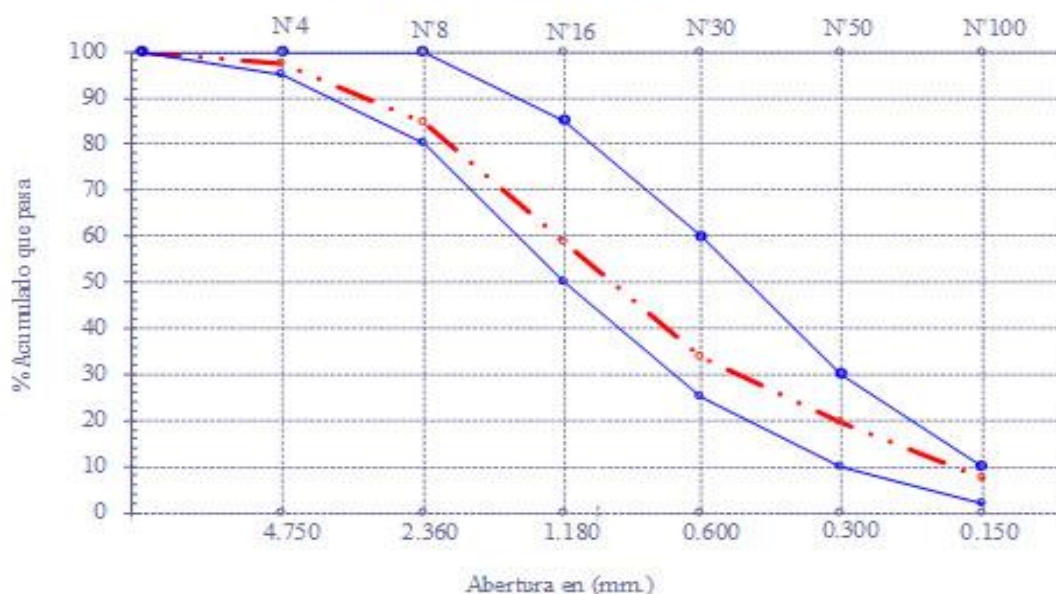
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : La Victoria, Patapo

P. Inicial S. 486.0

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum Ret.)	(% Acum Que Pasa)	Especificaciones:	
Código	(mm)						
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 04	4.750	12	2.5	2.5	97.5	95	100
N° 08	2.360	62	12.8	15.2	84.8	80	100
N° 16	1.180	126	25.9	41.2	58.8	50	85
N° 30	0.600	122	25.1	66.3	33.7	25	60
N° 50	0.300	68	14.0	80.2	19.8	10	30
N° 100	0.150	60	12.3	92.6	7.4	2	10
Fondo		36	7.4	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.979			
Abertura de malla de referencia				4.750			

CURVA GRANULOMETRICA





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San José María Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESTISTA : Flores Pérez, Henry David

TESES : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

Peso Seco: 5,000

Malla		Peso Ret.	(% Ret.)	(% Acum. Ret.)	(% Acum. Que Pasa)	Especificaciones	
Código	(mm.)						
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0	-	-
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	490.0	9.8	9.8	90.2	90.0	100.0
1/2"	12.70	2,330.0	46.6	56.4	43.6	-	-
3/8"	9.52	1,085.0	21.7	78.1	21.9	20.0	55.0
Nº 04	4.75	1,065.0	21.3	99.4	0.6	0.0	10.0
Nº 08	2.36	15.0	0.3	99.7	0.3	0.0	5.0
Nº 16	1.19	0.0	0.0	99.7	0.3	-	-
Fondo		15.0	0.3	100.0	0.0		
Tamaño Máximo		1"					
Tamaño Máximo Nominal		3/4"					





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Ensayo : Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : La Victoria, Patapo

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9,308	9,340
2.- Peso del recipiente	(gr.)	6,098	6,098
3.- Peso del material		3,210	3,242
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00216	0.00216
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1,493	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m ³)	1,487	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	9,648	9,628
2.- Peso del recipiente	(gr.)	6,098	6,098
3.- Peso del material		3,550	3,530
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00216	0.00216
5.- Peso unitario compactado húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1,639	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m ³)	1,632	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

1.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	13,456	13,460
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8,972	8,972
3.- Peso del material		4,484	4,488
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00313	0.00313
5.- Peso unitario suelto húmedo (Promedio)	(kg/m ³)	1,434	
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m³)	1,430	

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14,052	14,046
2.- Peso del recipiente	(gr.)	8,972	8,972
3.- Peso del material		5,080	5,074
4.- Constante ó Volumen	(m ³)	0.00313	0.00313
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1,623	
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m³)	1,619	



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : La Victoria, Patapo

I. - Datos.

1.- Peso de la muestra Sat Sup Seca	(g)	500.0	500.0
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	980.9	980.9
3.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	675.2	675.2
4.- Peso del Agua	(g)	305.7	305.7
5.- Peso del Frasco	(g)	175.2	175.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	674	673.7
7.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	499	499
8.- Volumen del frasco	(g)	500	500

II. - Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.566
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.586
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.586
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.30

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

I. - Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	1,781	1,780
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	1,804	1,804
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	2,032	2,031
4.- Peso de la canastilla	(g)	897	897
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1,135	1,134

II. - Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm ³)	2.659
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm ³)	2.695
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm ³)	2.757
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.33



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : La Victoria, Patapo

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	498	498
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.40	0.40
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.40	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

I.- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	5,000	5,000
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	4,986	4,986
C.- Peso de recipiente	(gr.)	0.0	0
D.- Contenido de humedad	(%)	0.28	0.28
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	0.28	

ANEXO N° 03: DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL

TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL**f'c = 210 Kg/cm²****CEMENTO**

1.- Tipo de cemento : Tipo I Pacasmayo

2.- Peso específico 3.15 g/cm³

AGREGADOS

Agregado Fino:

Cantera : La Victoria, Pátapo

1.- Peso específico de masa 2.57 g/cm³

2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.59 g/cm³

3.- Peso unitario suelto 1,487 Kg/m³

4.- Peso unitario compactado 1,632 Kg/m³

5.- % de absorción 0.30 %

6.- Contenido de humedad 0.40 %

7.- Módulo de fineza 2.979

Agregado Grueso:

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

1.- Peso específico de masa 2.66 g/cm³

2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.70 g/cm³

3.- Peso unitario suelto 1,430 Kg/m³

4.- Peso unitario compactado 1,619 Kg/m³

5.- % de absorción 1.33 %

6.- Contenido de humedad 0.28 %

7.- Tamaño máximo 1 "

8.- Tamaño máximo nominal 3/4 "

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

Factor cemento por m³ de concreto 8.64 bolsas/m³

Relación agua/cemento de diseño 0.56

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento 367 Kg/m³ : Tipo I Pacasmayo

Agua 214 L/m³ : Potable

Agregado fino 752 Kg/m³ : Cantera La Victoria, Pátapo

Agregado grueso 978 Kg/m³ : Cantera Tres Tomas, Ferreñafe

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso	1.00	2.05	2.66	24.83	Lts/bolsa
Proporción en volumen	1.00	2.04	2.76	24.83	Lts/bolsa



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I Pacasmayo
- 2.- Peso específico 3.15 g/cm³

AGREGADOS

Agregado Fino:

Cantera : La Victoria, Pátapo

- 1.- Peso específico de masa 2.57 g/cm³
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.59 g/cm³
- 3.- Peso unitario suelto 1,487 Kg/m³
- 4.- Peso unitario compactado 1,632 Kg/m³
- 5.- % de absorción 0.30 %
- 6.- Contenido de humedad 0.40 %
- 7.- Módulo de fineza 2.979

Agregado Grueso:

Cantera : Tres Tomas, Ferreñafe

- 1.- Peso específico de masa 2.66 g/cm³
- 2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.70 g/cm³
- 3.- Peso unitario suelto 1,430 Kg/m³
- 4.- Peso unitario compactado 1,619 Kg/m³
- 5.- % de absorción 1.33 %
- 6.- Contenido de humedad 0.28 %
- 7.- Tamaño máximo 1 "
- 8.- Tamaño máximo nominal 3/4 "

RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLA

Factor cemento por m ³ de concreto	7.68 bolsas/m ³
Relación agua/cemento de diseño	0.63

Cantidad de materiales por metro cúbico:

Cemento	326 Kg/m ³	: Tipo I Pacasmayo
Agua	214 L/m ³	: Potable
Agregado fino	785 Kg/m ³	: Cantera La Victoria, Pátapo
Agregado grueso	978 Kg/m ³	: Cantera Tres Tomas, Ferreñafe

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
Proporción en peso	1.00	2.41	2.99	27.92	Lts/bolsa
Proporción en volumen	1.00	2.40	3.11	27.92	Lts/bolsa

ANEXO N° 04: ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

f'c 210 Kg/cm²

Tipo de curado : Simulación en obra

Cod.	Fecha		Edad días	D. cm	Área cm ²	Carga Kgf	R. a Compresión		Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
P-01	31/05/2017	7/06/2017	7	15	177	24,326.8	137.6	65.5	141.7	67.5
P-02	31/05/2017	7/06/2017	7	15	177	25,747.7	145.7	69.4		
P-03	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	39,750.4	224.9	107.1	234.5	111.7
P-04	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	43,156.5	244.2	116.3		



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 Laboratorio de ensayo de materiales, suelos y pavimentos
 Av. San Josemaría Escrivá N°855. Chiclayo - Perú

ESCUELA : ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
TESISTA : Flores Pérez, Henry David

TESIS : Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto

UBICACIÓN : Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

f'c 175 Kg/cm²

Tipo de curado : Simulación en obra

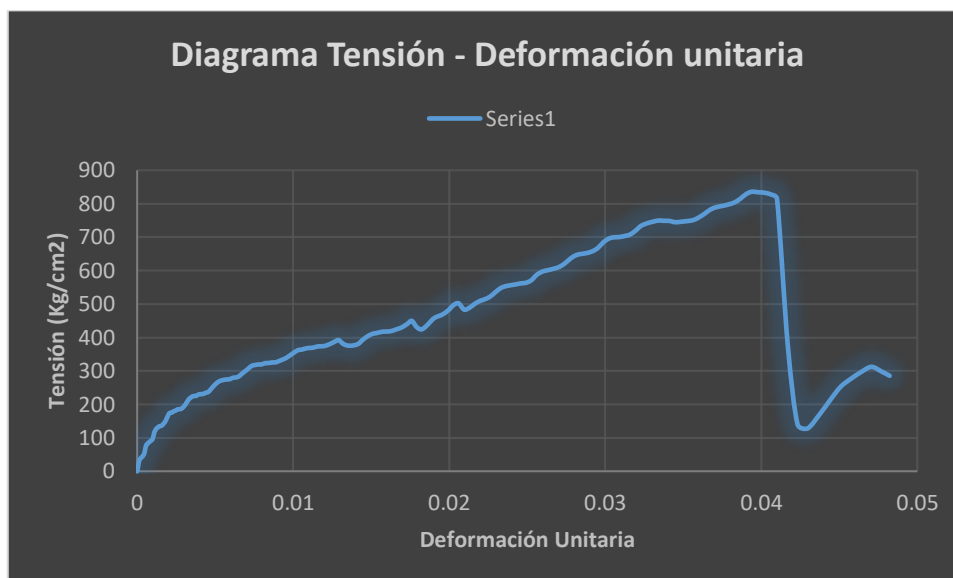
Cod.	Fecha		Edad días	D. cm	Área cm ²	Carga Kgf	R. a Compresión		Promedio	
	Vaciado	Rotura					Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
P-01	31/05/2017	7/06/2017	7	15	177	19,972.0	113.0	64.6	113.3	64.7
P-02	31/05/2017	7/06/2017	7	15	177	20,068.5	113.5	64.9		
P-03	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	34,677.8	196.2	112.1	198.2	113.3
P-04	31/05/2017	28/06/2017	28	15	177	35,393.5	200.2	114.4		

ANEXO N° 05: ENSAYOS A LA CAÑA BRAVA

- **Ensayo a tracción a la caña brava**

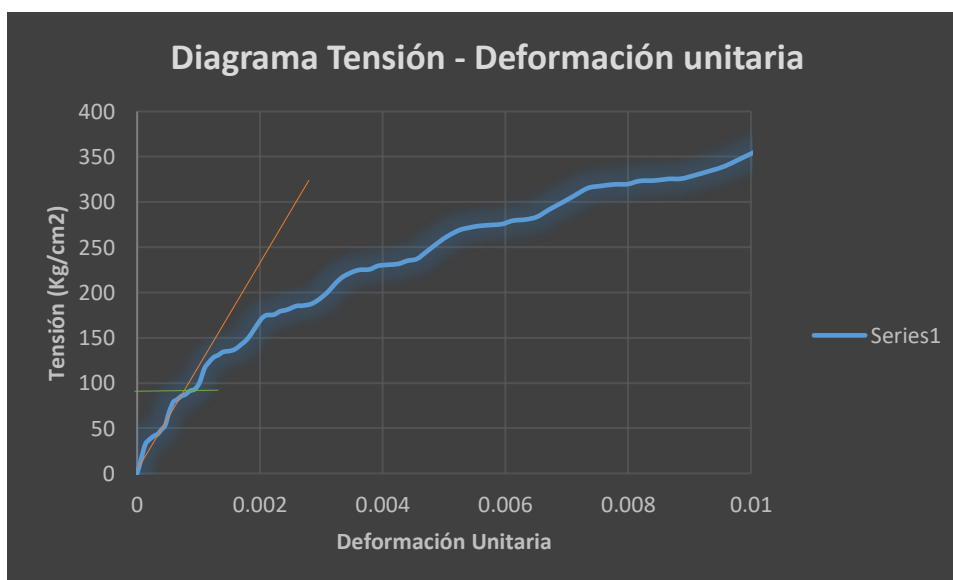
A continuación, se muestra los diagramas Tensión – Deformación Unitaria cada ensayo mencionado anteriormente.

Gráfica 9. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (1)



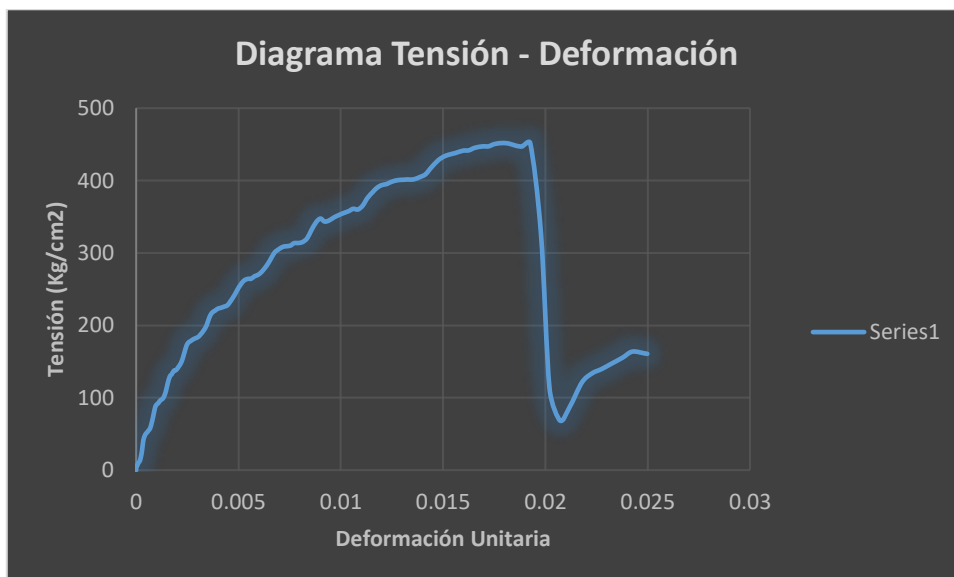
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 10. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (1) Amplificada.



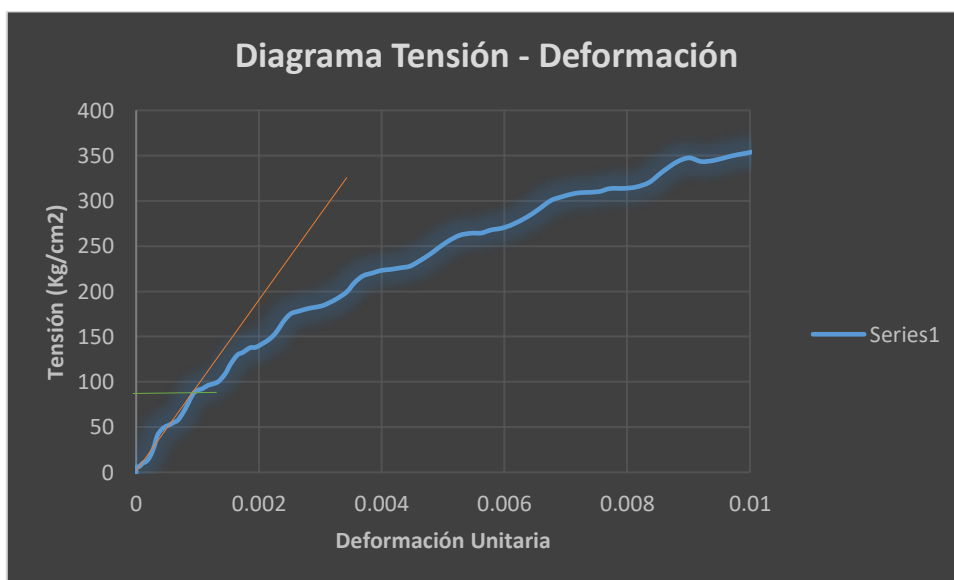
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 11. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (2)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 12. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (2) Amplificada.



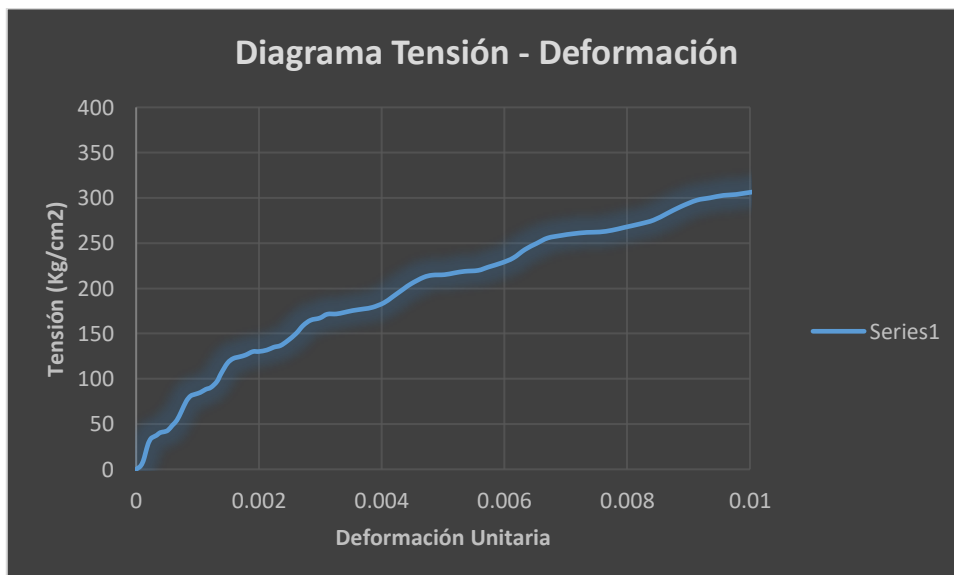
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 13. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (3)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (3) Amplificada.



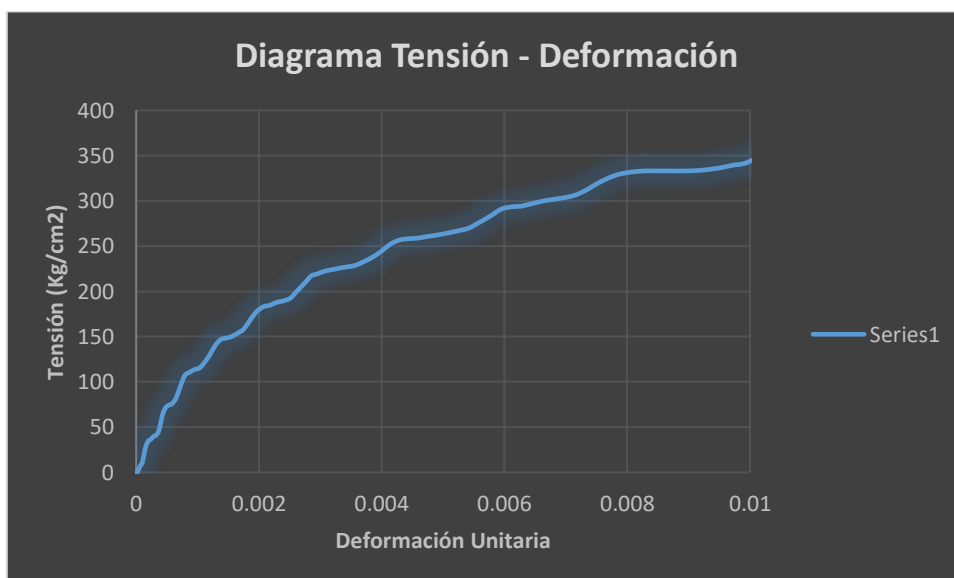
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 15. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (4)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 16. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (4) Amplificada.



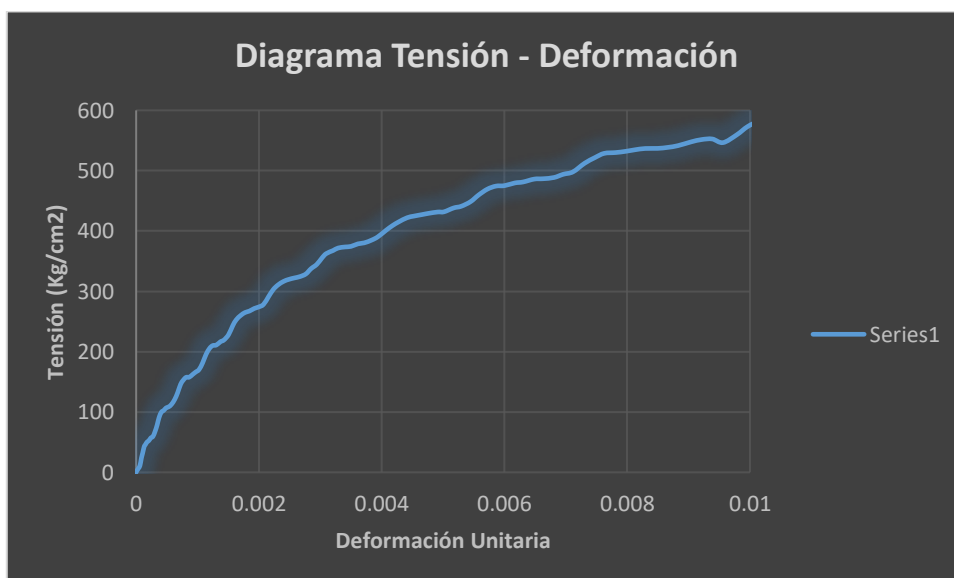
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 17. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (5)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 18. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (5) Amplificada.



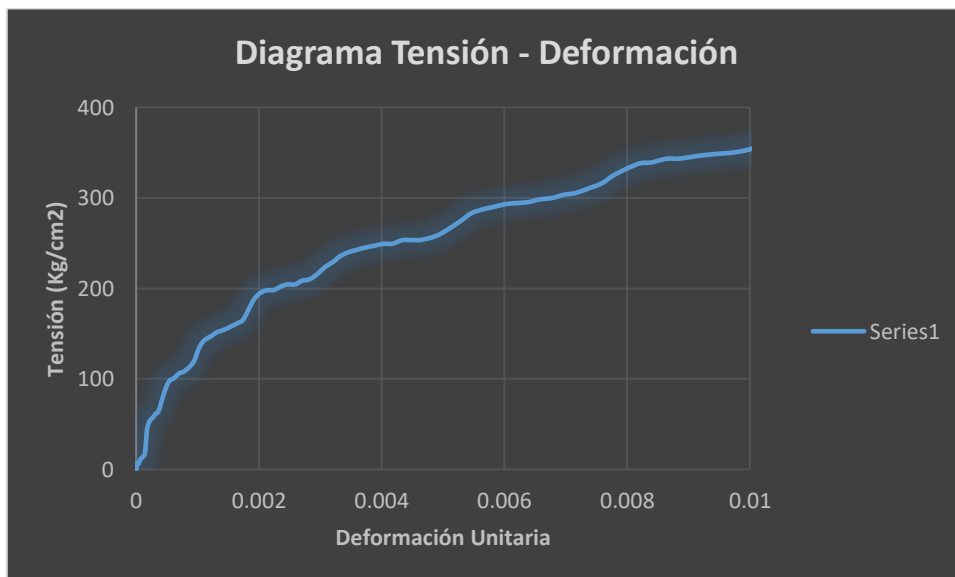
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 19. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (6)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 20. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (6) Amplificada.



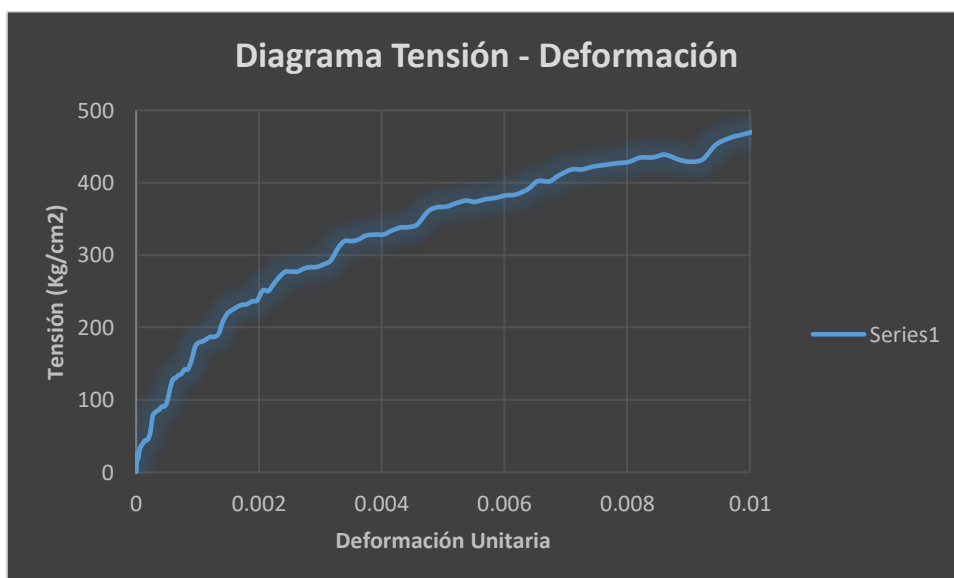
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 21. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (7)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 22. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (7) Amplificada.



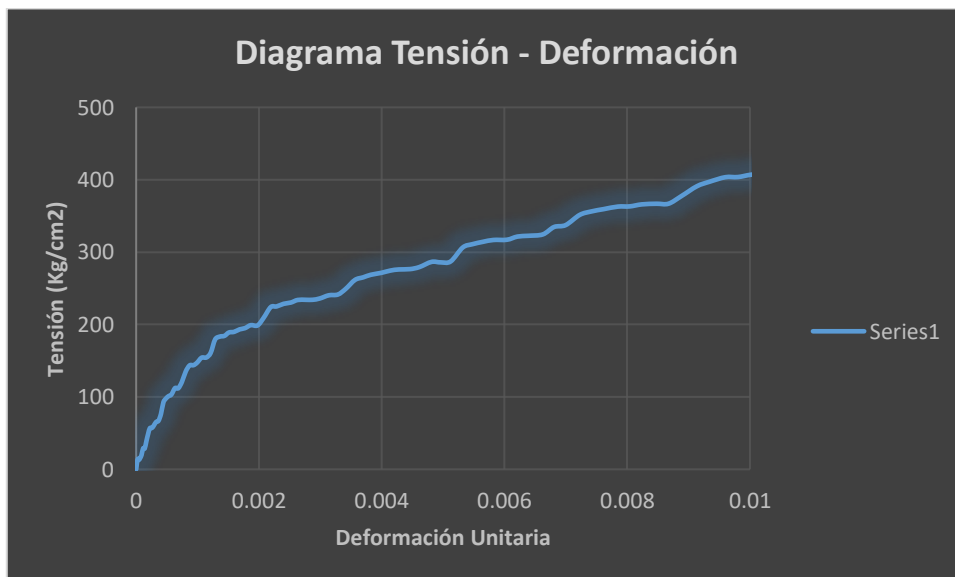
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 23. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (8)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 24. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (8) Amplificada.



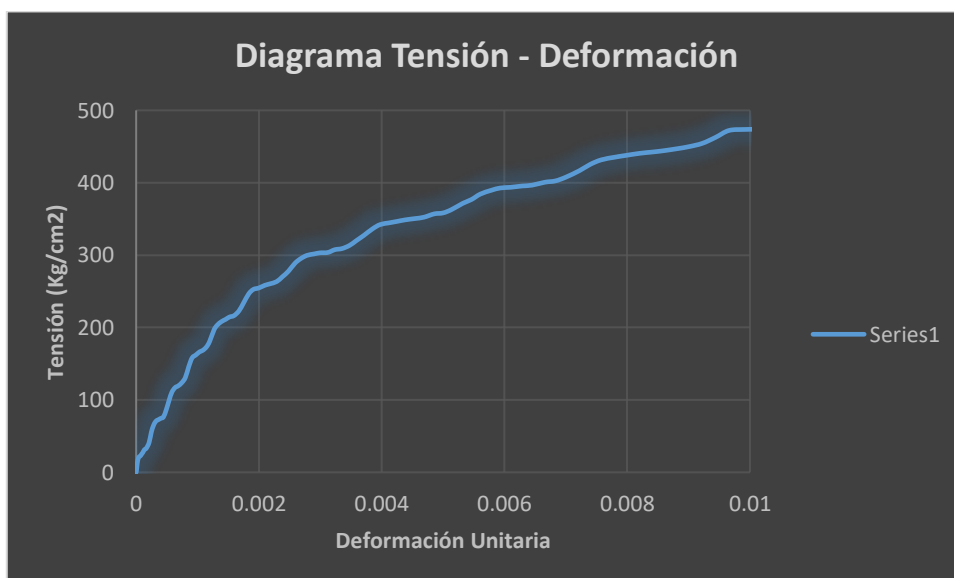
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 25. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (9)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 26. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (9) Amplificada.



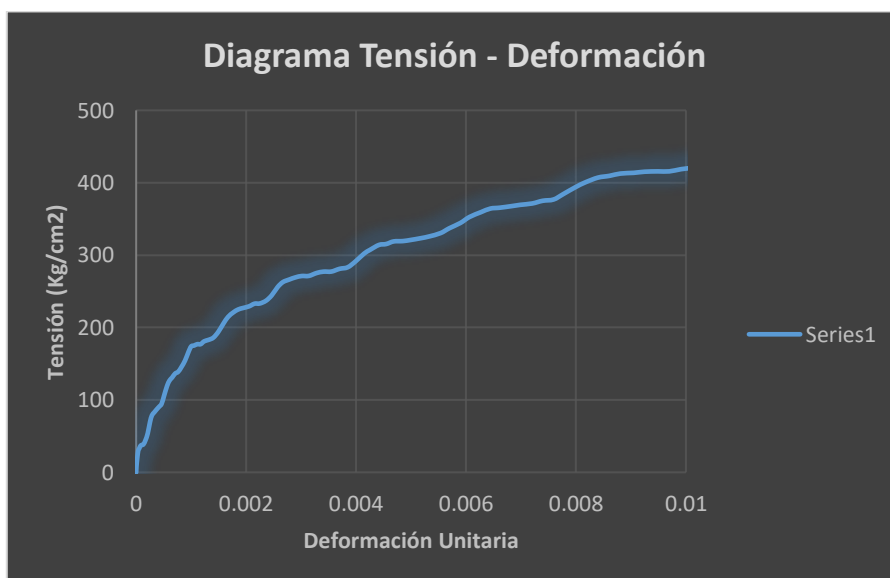
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 27. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (10)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 28. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (10) Amplificada.



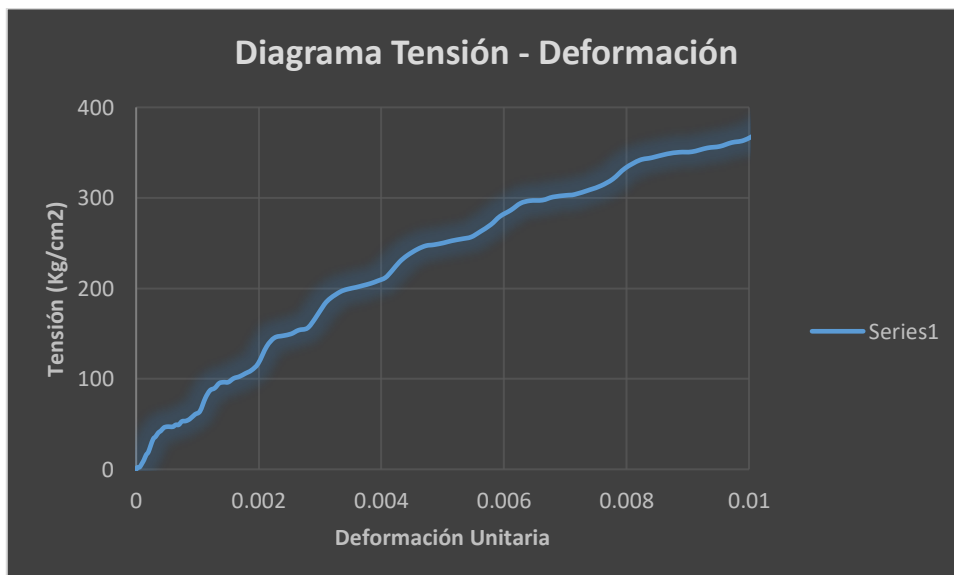
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 29. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (12)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 30. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (12) Amplificada.



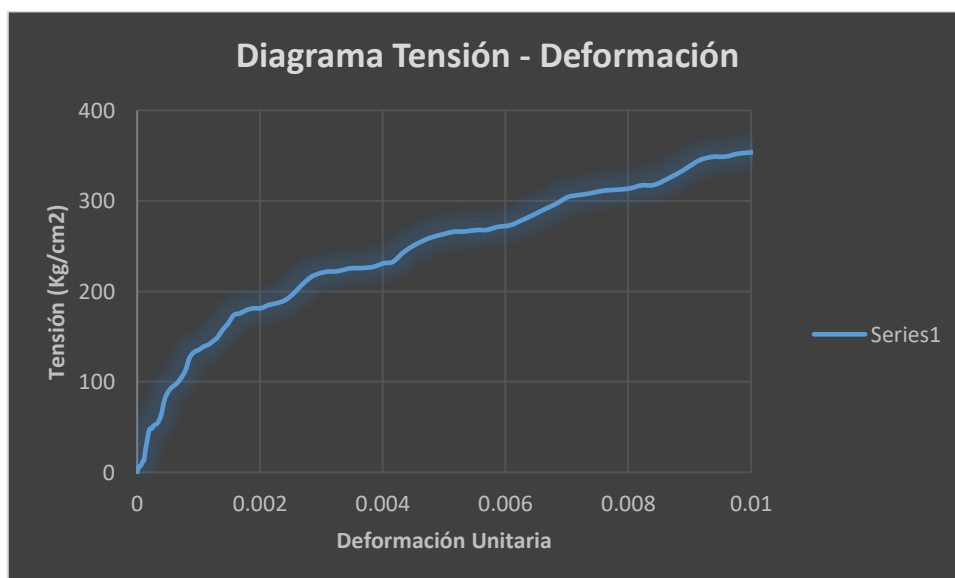
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 31. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (13)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 32. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (13) Amplificada.



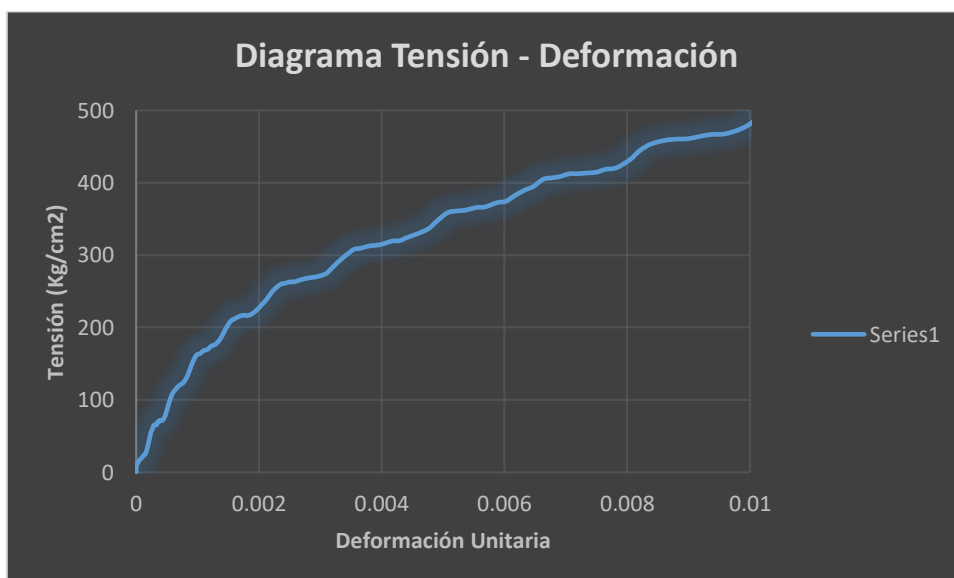
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 33. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (14)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 34. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (14) Amplificada.



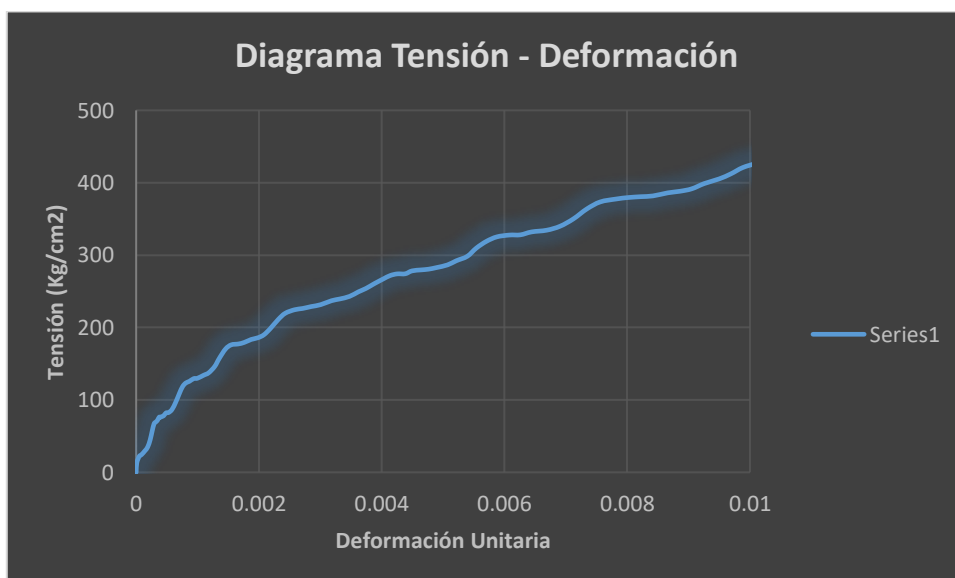
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 35. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (15)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 36. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (15) Amplificada.



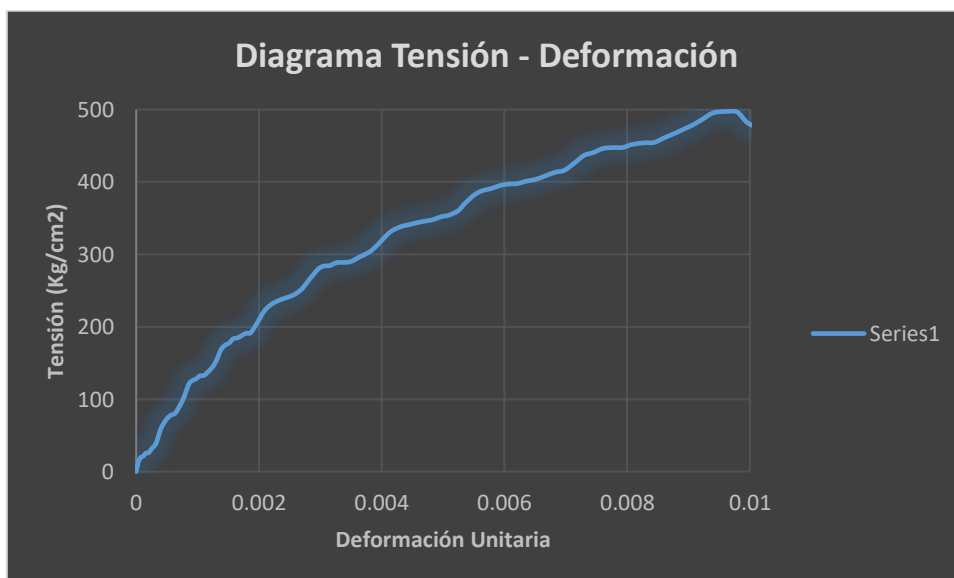
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 37. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (16)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 38. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (16) Amplificada.



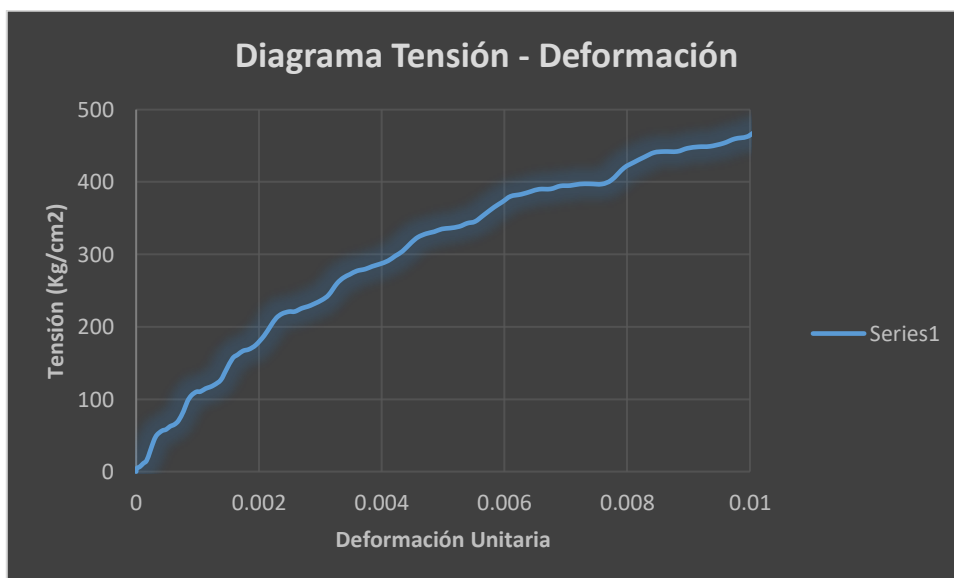
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 39. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (17)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 40. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (17) Amplificada.



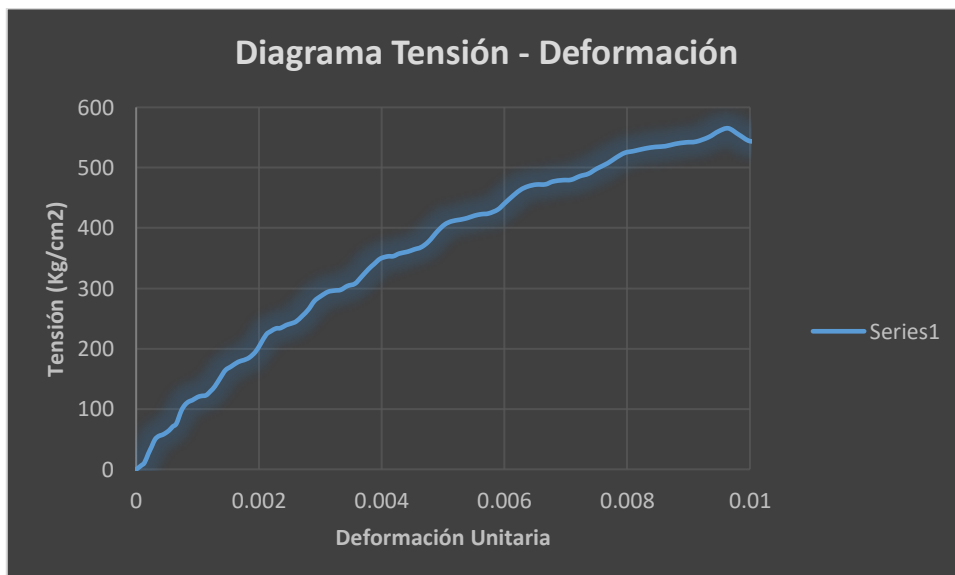
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 41. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (18)



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 42. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (18) Amplificada.



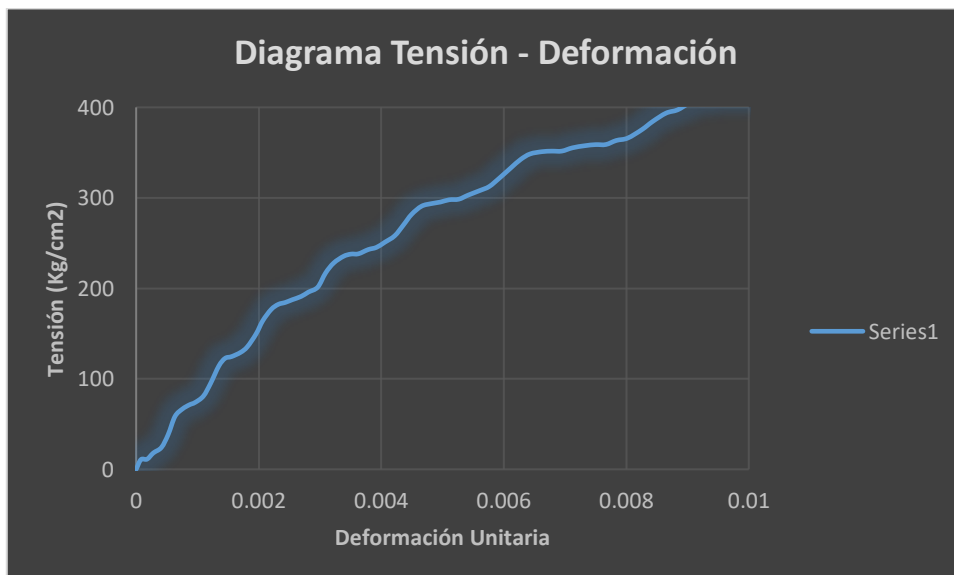
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 43. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (19)



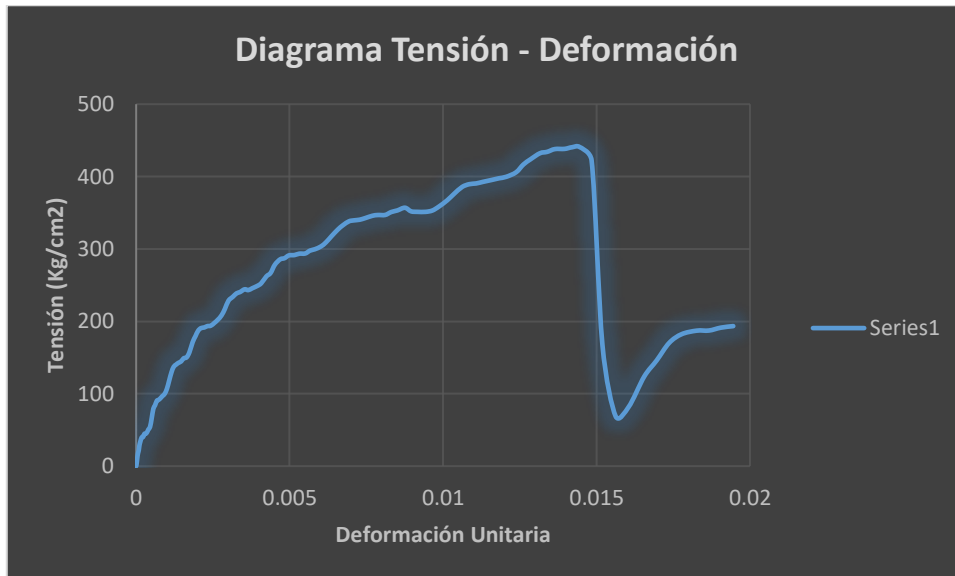
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 44. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (19) Amplificada.



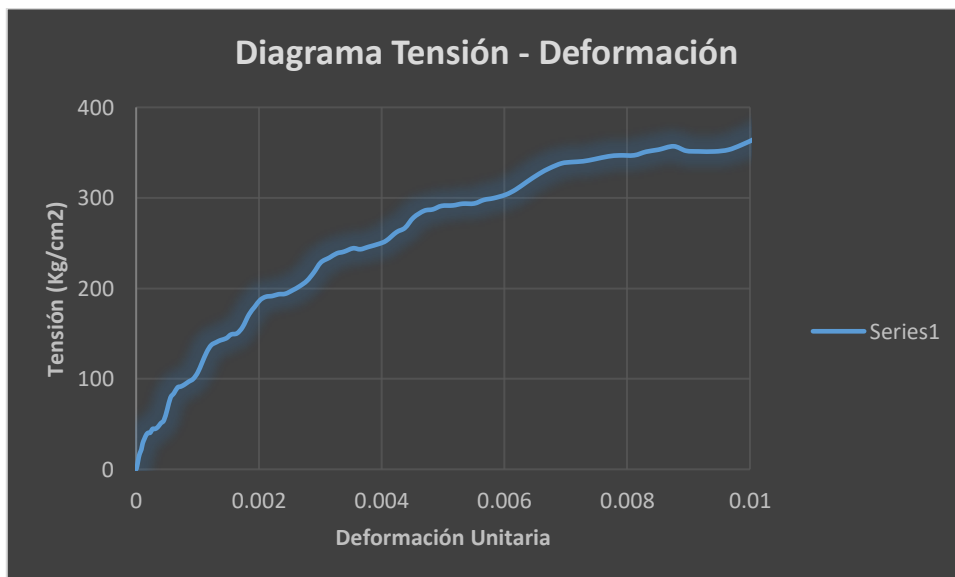
Fuente: Elaboración propia

Gráfica 45. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (20)



Fuente: Elaboración propia

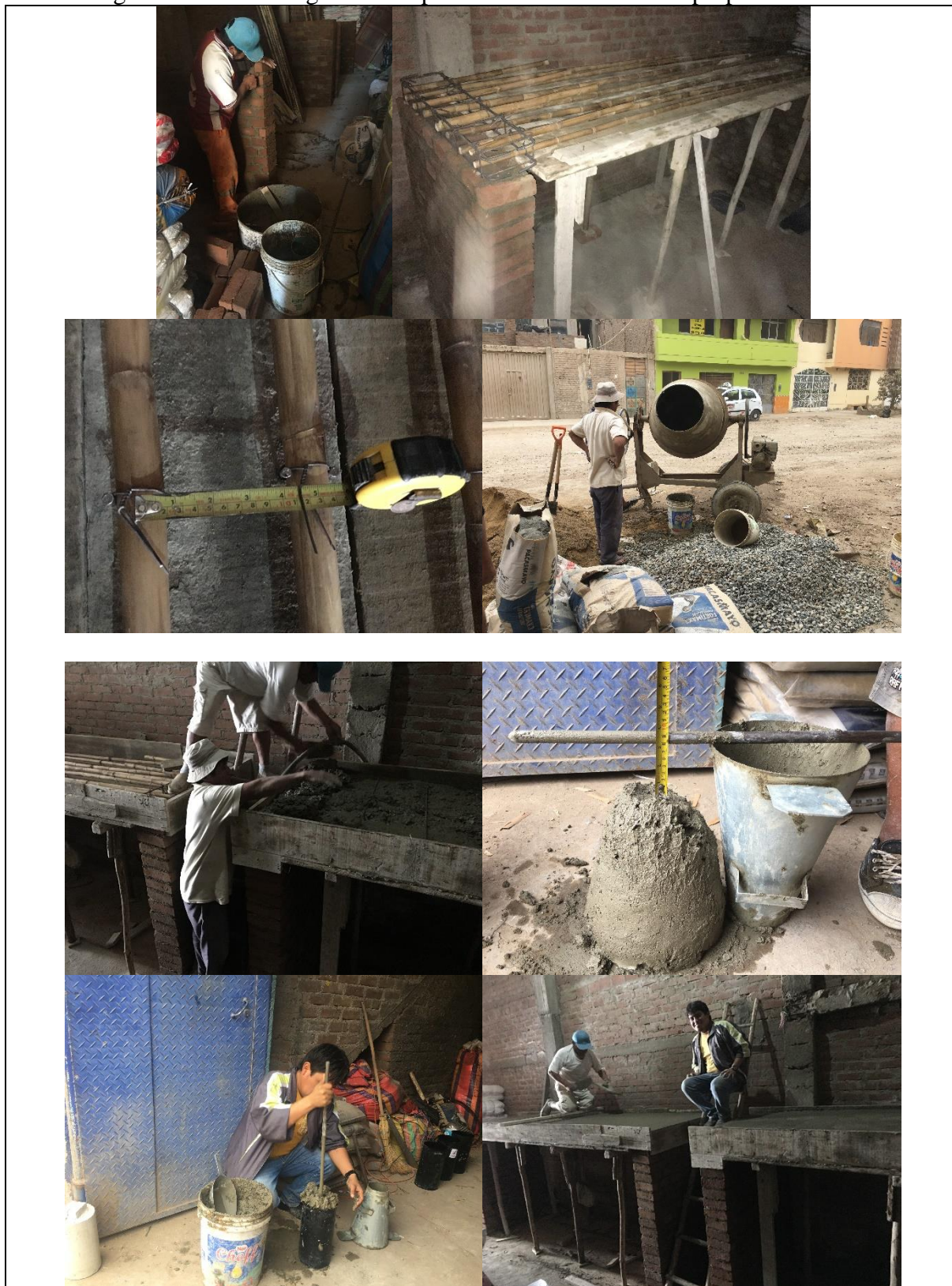
Gráfica 46. Diagrama Tensión – Deformación Unitaria (20) Amplificada.



Fuente: Elaboración propia

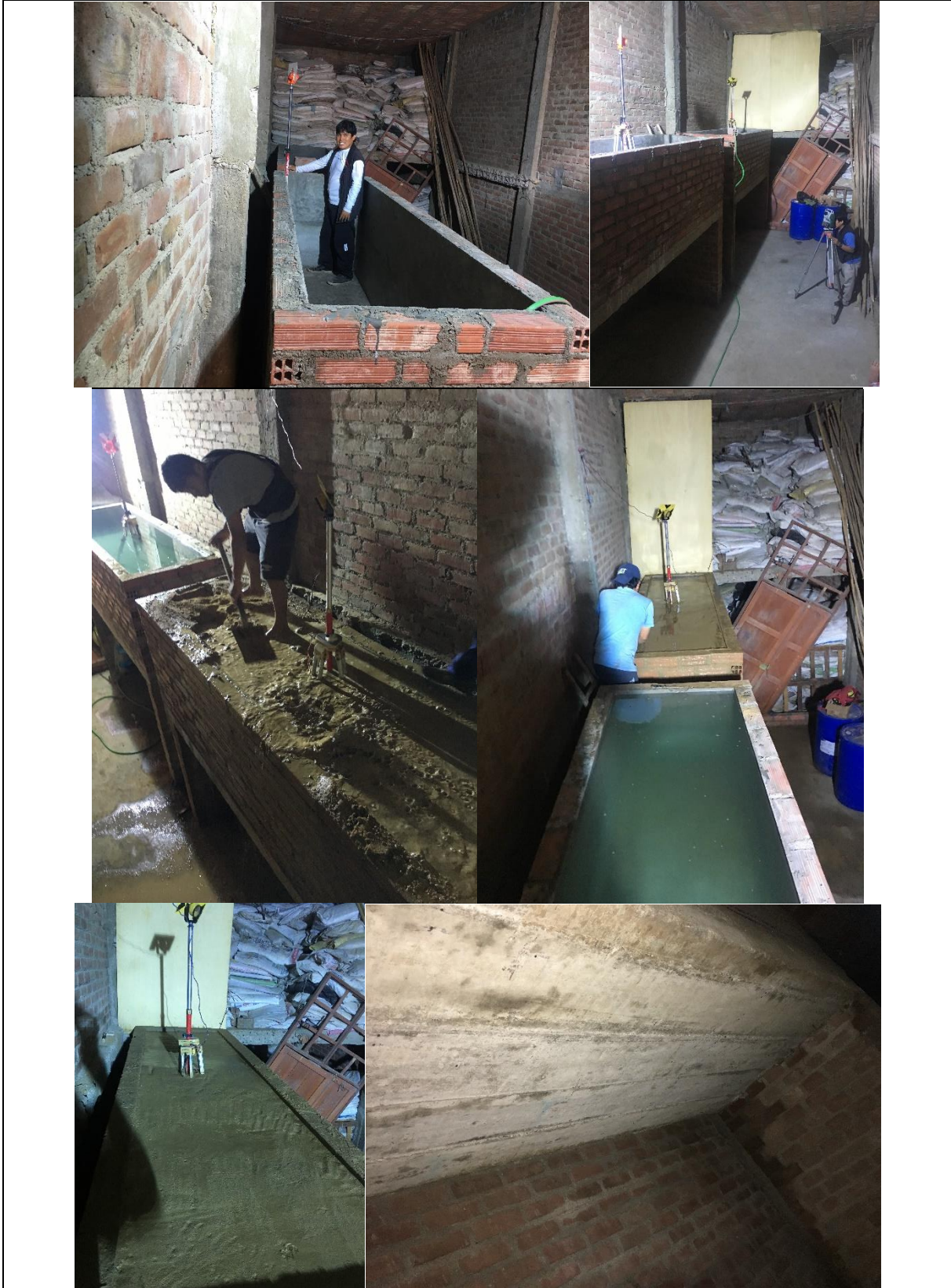
ANEXO N° 06: PROCESO CONSTRUCTIVO DE LA PROPUESTA DE LOSA

Figura 29. Panel fotográfico del proceso constructivo de la propuesta de losa.



Fuente: Elaboración propia

Figura 30. Panel fotográfico de mediciones de las deflexiones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 31. Panel fotográfico de la demolición de la propuesta de losa.



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 07: SECCIÓN TRANSFORMADA DE LOSAS TRADICIONALES

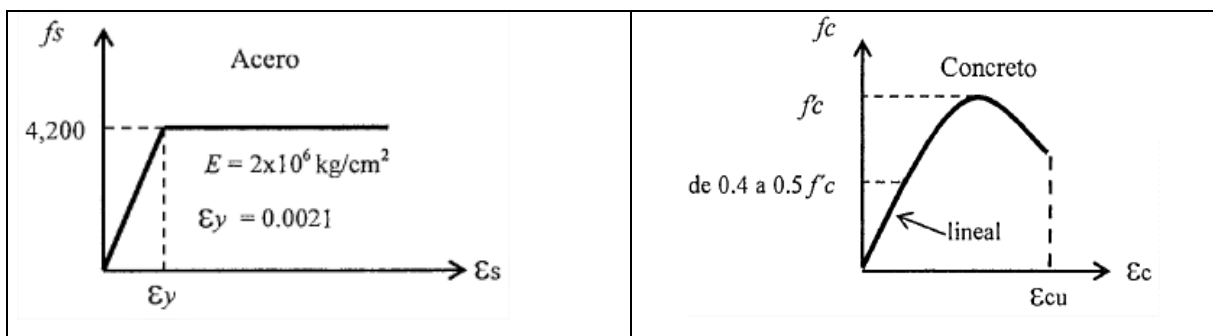
• Losa maciza reforzada con acero (L.M.R.A)

Tabla 59. Calculo de la cuantía del acero (L.M.R.A)

$\rho = \frac{\#xA}{bxd}$	#: 7 varillas de acero N°4; A: 1.27 cm ² b: 100 cm; d: 14.37 cm (peralte efectivo) ρ: 0.0062 % (cuantía)
---------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

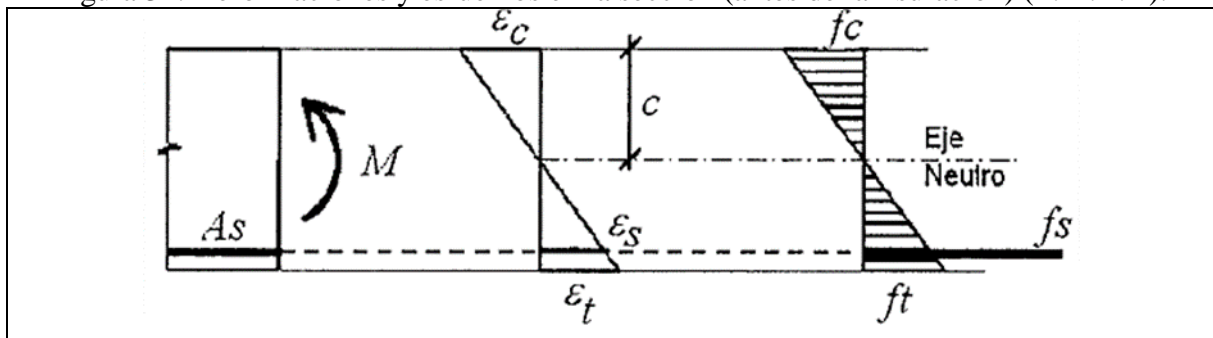
Gráfica 47. Diagrama de esfuerzo – deformación del acero y concreto (L.M.R.A)



Fuente: Elaboración propia

Sección transformada no fisurada

Figura 32. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración) (L.M.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Utilizaremos la sección transformada no fisurada, incluyendo el aporte del acero para calcular los esfuerzos en el concreto y en el acero.

Tabla 60. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada (L.M.R.A)

$n = \frac{E_{(\min;cb)}}{E_{(C^{\circ})}}$	$E_{C^{\circ}}: 231,721 \text{ Kg/cm}^2; E_{(\min; cb)}: 2,000,000 \text{ Kg/cm}^2$ n: 8.63
$A_{cbT} = \#xA_{cb}$	$\#: 7 \text{ varillas de acero N}^{\circ}4; A_{cb}: 1.27 \text{ cm}^2$ $A_{cbT}: 8.89 \text{ cm}^2$
$A_{Tr} = bxhx(n - 1)xA_{cbT}$	$b: 100 \text{ cm}; h: 17 \text{ cm}$ $A_{Tr}: 1,768 \text{ cm}^2$ (Área transformada)
$C = \frac{(bxhx\frac{h}{2}) + ((n - 1)xA_{cbT}xd)}{(bxh + (n - 1)xA_{cbT})}$	$d: 14.37 \text{ cm}$ (peralte efectivo) C: 8.73 cm (eje neutro)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada (L.M.R.A)

$v = h - c$	$v: 8.27 \text{ cm}$ $I_{Tr}: 43,186 \text{ cm}^4$
$I_g = \frac{b * c^3}{3} + \frac{b * v^3}{3} + (n - 1) * A_{cb} * (d - c)^2$	Momento de inercia de la sección transformada No F.
$I_c = \frac{bxh^3}{12}$	$I_{Tr}: 40,942 \text{ cm}^4$ Momento de inercia de la sección bruta

Fuente: Elaboración propia

El valor de I_{tr} calculado representa un 5.48 % de incremento respecto al momento de inercia de la sección bruta sin acero de refuerzo.

Tabla 62. Cálculo del momento de agrietamiento (L.M.R.A)

$f_r = 2\sqrt{f'_c}$ $v = h - c$	$f'_c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ $h: 17 \text{ cm}; c: 8.73 \text{ cm}$
$M_{cr} = \frac{f_r x I_{tr}}{v}$	$M_{Cr}: 151,257 \text{ Kg-cm} \approx 1,512.57 \text{ Kg-m}$

Fuente: Elaboración propia

El momento de agrietamiento de la sección es de 1,512.57 Kg-m, por encima de este valor se espera que el concreto en tracción se agriete o se fisure.

Los esfuerzos en el concreto y en el acero, un instante antes de alcanzar el momento de agrietamiento M_{cr} , serán:

Tabla 63. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y en el acero (L.M.R.A)

$f_c = \frac{M_{cr} \times C}{I_{tr}}$	$M_{cr}: 151,257 \text{ Kg-cm}; c: 8.55 \text{ cm}; I_{Tr}: 41,360 \text{ cm}^4$ $f_c: 29,36 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{M_{cr} \times (d - C)}{I_{tr}} \times n$	$M_{cr}: 141,937 \text{ Kg-cm}; d: 13 \text{ cm}; c: 8.55 \text{ cm}; I_{Tr}: 41,360 \text{ cm}^4; n: 0.41$ $f_{cb}: 6.25 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en el acero)

Fuente: Elaboración propia

Comparando el momento de agrietamiento con el de la sección no reforzada se observa que hay un 8.35 % de incremento (1,513 vs 1,396 Kg-m)

Obviamente el concreto armado no se desarrolló para mejorar la resistencia de una sección en flexión, como en este caso es tan solo en un 8.35 %.

Para cuantificar el incremento de resistencia que produce la presencia del acero de refuerzo, tendremos que analizar que sucede con la sección luego de que el concreto en tracción se haya agrietado. A partir del agrietamiento del concreto se puede decir que el acero empieza a trabajar realmente. Cuando el momento flector en la sección alcance el valor de agrietamiento por flexión, no se producirá una falla frágil de la sección ni el colapso de la losa. La presencia del acero de refuerzo, el cual tomará las tracciones que el concreto no es capaz de soportar, permitirá seguir incrementando la carga externa, de manera segura sin el colapso de la losa.

Sección transformada fisurada

Analicemos los esfuerzos en la sección un instante después de ocurrido el agrietamiento del concreto. Para ello apliquemos un momento flector ligeramente superior (un 10% mayor) al que origina el agrietamiento (M_{cr}), digamos un 1,664 Kg-m.

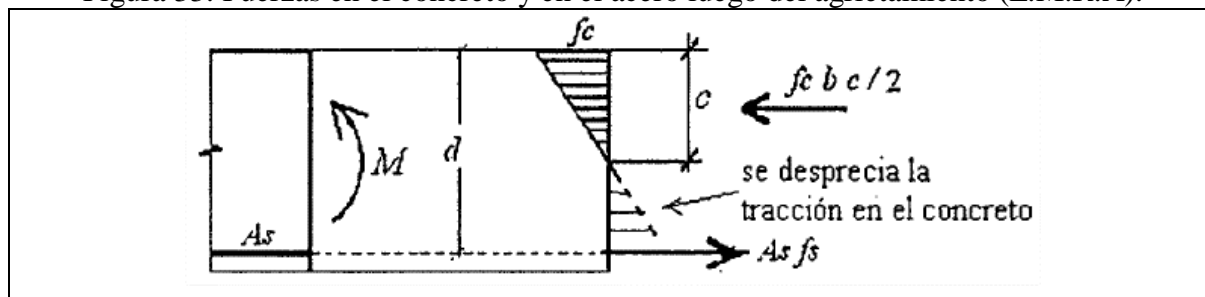
Las hipótesis para el análisis serán las mismas, con la diferencia que introduciremos una adicional: el aporte del concreto en tracción se desprecia.

Esto significa que todo el concreto que está en tracción, por debajo del eje neutro no será considerado en los cálculos de resistencia.

Esta hipótesis permite simplificar los cálculos, sin embargo, para momentos flectores de poca intensidad en condiciones de servicio, no es del todo realista, pero si conservadora.

El diagrama de esfuerzos y de las fuerzas resultantes en el concreto y en el acero será el indicado en la figura 32.

Figura 33. Fuerzas en el concreto y en el acero luego del agrietamiento (L.M.R.A).



Fuente: Libro de Ottazzi

Utilizaremos la sección transformada fisurada (figura 32) para calcular los esfuerzos en el concreto y en el acero.

Tabla 64. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada (L.M.R.A)

$n \times A_{cbT}$	n: 8.63; A_{cbT} : 8.89 cm ² $n \times A_{cbT}$: 76.73 cm²
$b \times C \times \frac{C}{2} = (n \times A_{cbT}) \times (d - C)$	b: 100 cm; $n \times A_{cbT}$: 76.73 cm ² ; d: 14.37 cm C: 3.99 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada (L.M.R.A)

$I_{Cr} = \frac{b \times C^3}{3} + (n \times A_{cbT}) \times (d - C)^2$	b: 100 cm; C: 3.99 cm; $n \times A_{cbT}$: 76.73 cm ² ; d: 14.37 cm I_{Cr}: 10,377 cm⁴
---	---

Fuente: Elaboración propia

La inercia se ha reducido, al agrietarse la sección de 43,186 a 10,377 cm⁴.

En este caso, la inercia fisurada o completamente agrietada de la sección es aproximadamente el 25 % de la inercia bruta.

Calculemos los esfuerzos máximos en el concreto y en el acero de la sección fisurada:

Tabla 66. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava (L.M.R.A)

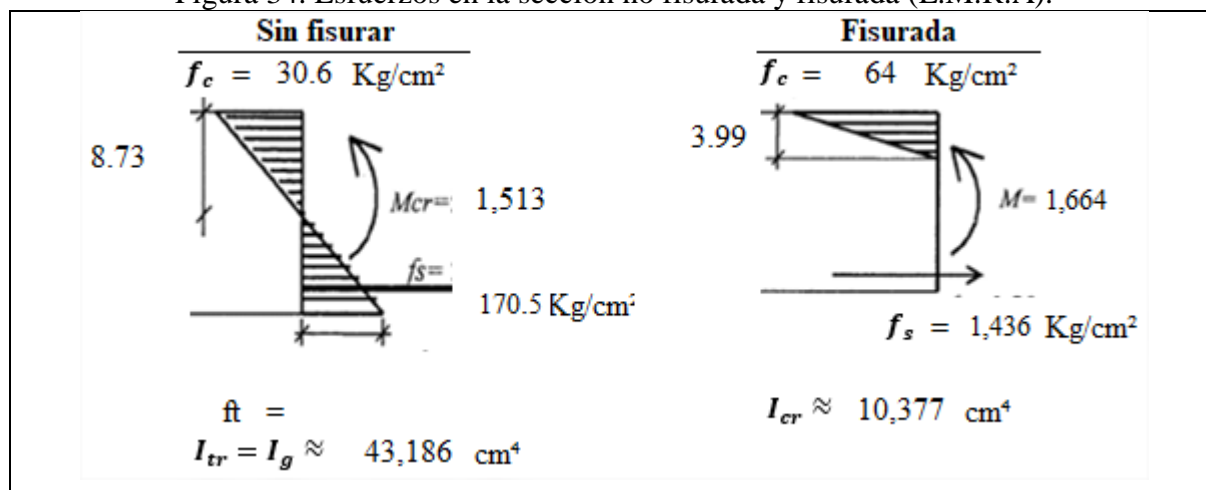
$f_c = \frac{M \times C}{I_{Cr}}$	M: 166,383 Kg-cm; C: 3.99 cm; I_{Cr} : 10,377 cm ⁴ f_c: 64 Kg/cm² (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{M \times (d - C)}{I_{Cr}} \times n$	M: 166,383 Kg-cm; d: 14.37 cm; C: 3.99 cm; I_{Cr} : 10,377 cm ⁴ ; n: 8.63 f_{cb}: 1,436 Kg/cm² (Esfuerzo en el acero)

Fuente: Elaboración propia

La figura 33 permite comparar los esfuerzos en el concreto y en el acero antes y después del agrietamiento. Es importante notar el fuerte incremento en el esfuerzo del acero en tracción al agrietarse la sección.

Para un momento externo un 10% mayor que el produce el agrietamiento de la sección, el esfuerzo de compresión en el concreto ha aumentado de 31 a 64 Kg/cm² (2.06 veces) y el esfuerzo en el acero de 170.5 a 1,436 Kg/cm² (8.42 veces)

Figura 34. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada (L.M.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Capacidad máxima de la sección por esfuerzos admisibles.

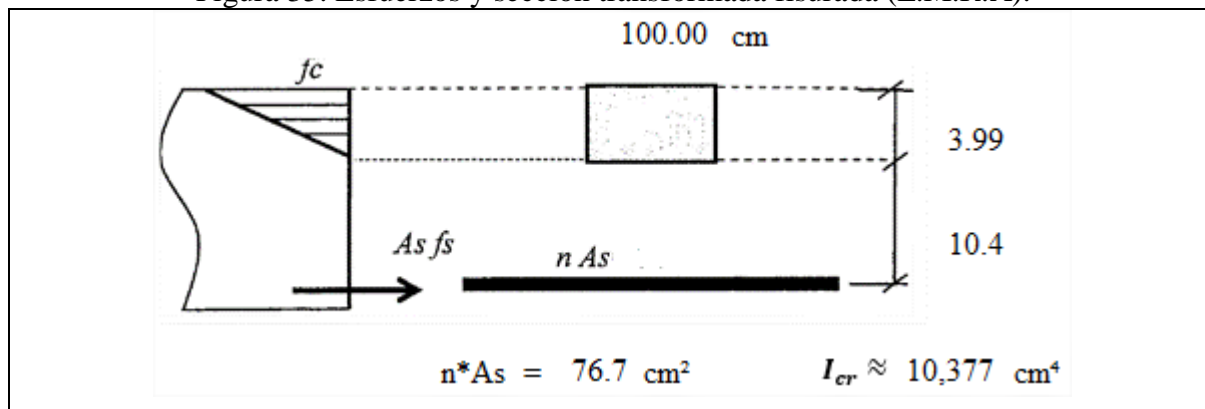
Calculemos la capacidad de la sección utilizando el Diseño por Esfuerzos Admisibles. Las Normas fijaban, para el diseño en flexión, los siguientes esfuerzos admisibles para la compresión en el concreto y la tracción en el acero:

Concreto: $f_c \text{ admisible} = 0.45f'_c = 94.5 \text{ Kg/cm}^2$

Caña Brava: $f_s \text{ admisible} = 0.50f_{cb} = 2,100 \text{ Kg/cm}^2$

Cuando el acero alcance su esfuerzo admisible, la sección ya se encontrará fisurada por flexión, en consecuencia, los cálculos se harán utilizando las propiedades de la sección transformada fisurada. Para que esto sea válido, tendremos que suponer que el concreto se comporta linealmente hasta alcanzar su esfuerzo admisible.

Figura 35. Esfuerzos y sección transformada fisurada (L.M.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos en el concreto y en el acero así como el momento máximo (M_{ad}) que será posible aplicar, sin sobrepasar los esfuerzos admisibles son:

Tabla 67. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y acero (L.M.R.A)

$f_c = \frac{M \cdot C}{I_{Cr}}$	$f_c: 94.5 \text{ Kg/cm}^2$; $I_{Cr}: 10,377 \text{ cm}^4$; $C: 3.99 \text{ cm}$ $M_{ad}: 245,754 \text{ Kg-cm} \approx 2,458 \text{ Kg-m}$
$f_{cb} = \frac{M \cdot v}{I_{Cr}} \cdot n$	$f_{cb}: 2,100 \text{ Kg/cm}^2$; $I_{Cr}: 10,377 \text{ cm}^4$; $v: 10.4 \text{ cm}$; $n: 8.63$ $M_{ad}: 243,349 \text{ Kg-cm} \approx 2,433 \text{ Kg-m}$

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de la sección está controlada por el esfuerzo admisible en el acero, por lo tanto el momento flector admisible es 2,433 Kg-m.

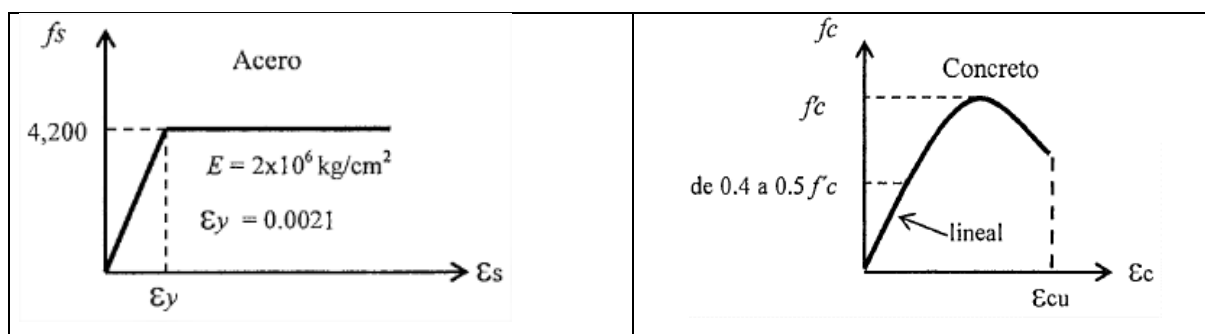
- **Losa aligerada reforzada con acero h:20cm (L.A.R.A)**

Tabla 68. Calculo de la cuantía de la caña brava (L.A.R.A)

$\rho = \frac{\# \cdot A}{b \cdot x \cdot d}$	$\#:$ 1 varillas de acero N°4; $A: 1.27 \text{ cm}^2$ $b_1: 40 \text{ cm}$; $d: 14.37 \text{ cm}$ (peralte efectivo) $\rho: 0.0018 \%$ (cuantía)
---	---

Fuente: Elaboración propia

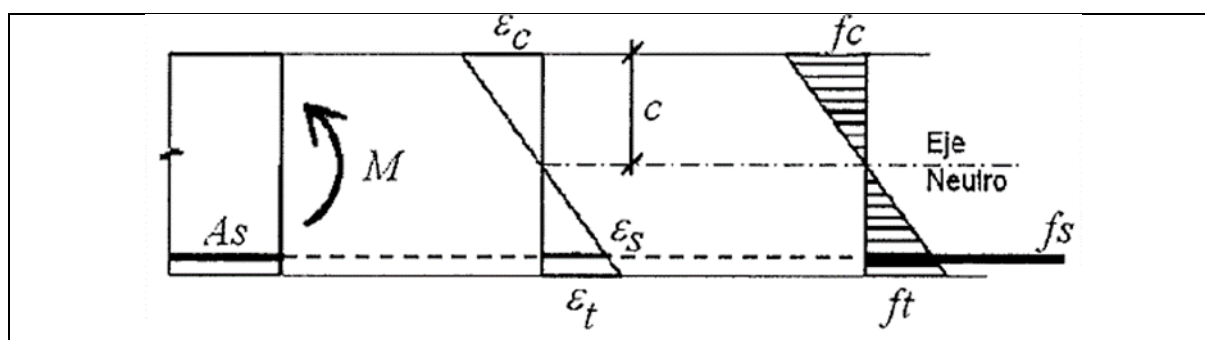
Gráfica: Diagrama de esfuerzo – deformación del acero y concreto (L.A.R.A)



Fuente: Elaboración propia

Sección transformada no fisurada

Figura 36. Deformaciones y esfuerzos en la sección (antes de la fisuración) (L.A.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Utilizaremos la sección transformada no fisurada, incluyendo el aporte del acero para calcular los esfuerzos en el concreto y en el acero

Tabla 69. Cálculo del eje neutro de la sección transformada no fisurada (L.A.R.A)

$n = \frac{E_{(\min;cb)}}{E_{(c)}}$	$E_{c^{\circ}}: 231,721 \text{ Kg/cm}^2; E_{(\min; cb)}: 2,000,000 \text{ Kg/cm}^2$ n: 8.63
$A_{cbT} = \# \times A_{cb}$	#: 1 varilla de acero N°4; $A_{cb}: 1.27 \text{ cm}^2$ $A_{cbT}: 1.27 \text{ cm}^2$
$A_{Tr} = b \times h \times (n - 1) \times A_{cbT}$	b: 40 cm; h: 20 cm $A_{Tr}: 360 \text{ cm}^2$ (Área transformada)
$C = \frac{(b \times h \times \frac{h}{2}) + ((n - 1) \times A_{cbT} \times d)}{(b \times h + (n - 1) \times A_{cbT})}$	d: 17.37 cm (peralte efectivo) C: 7.1 cm (eje neutro)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada no fisurada (L.A.R.A)

$v = h - c$	$v: 8.27 \text{ cm}$ $I_{Tr}: 12,856 \text{ cm}^4$
$I_g = \frac{b * c^3}{3} + \frac{b * v^3}{3} + (n - 1) * A_{cb} * (d - c)^2$	Momento de inercia de la sección transformada No F.
$I_c = \frac{bxh^3}{12}$	$I_{Tr}: 3,229 \text{ cm}^4$ Momento de inercia de la sección bruta

Fuente: Elaboración propia

El valor de I_{tr} calculado representa un 298 % de incremento respecto al momento de inercia de la sección bruta sin acero de refuerzo.

Tabla 71. Cálculo del momento de agrietamiento (L.A.R.A)

$f_r = 2\sqrt{f'_c}$	$v = h - c$	$f'_c: 210 \text{ Kg/cm}^2$
$M_{cr} = \frac{f_r * I_{tr}}{v}$		$h: 20 \text{ cm}; c: 7.07 \text{ cm}$ $M_{Cr}: 127,202 \text{ Kg-cm} \approx 1,272 \text{ Kg-m}$

Fuente: Elaboración propia

El momento de agrietamiento de la sección es de 1,272 Kg-m, por encima de este valor se espera que el concreto en tracción se agriete o se fisure.

Los esfuerzos en el concreto y en el acero, un instante antes de alcanzar el momento de agrietamiento M_{cr} , serán:

Tabla 72. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y en el acero (L.A.R.A)

$f_c = \frac{M_{cr} * c}{I_{tr}}$	$M_{Cr}: 127,202 \text{ Kg-cm}; c: 7.07 \text{ cm}; I_{Tr}: 12,586 \text{ cm}^4$ $f_c: 69.96 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{M_{cr} * (d - C)}{I_{tr}} * n$	$M_{Cr}: 127,202 \text{ Kg-cm}; d: 17.37 \text{ cm};$ $c: 7.07 \text{ cm}; I_{Tr}: 12,856 \text{ cm}^4; n: 8.63$ $f_{cb}: 879.11 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo en el acero)

Fuente: Elaboración propia

Comparando el momento de agrietamiento con el de la sección no reforzada se observa que hay un 64.6 % de incremento (1,272 vs 773 Kg-m)

Obviamente el concreto armado no se desarrolló para mejorar la resistencia de una sección en flexión, como en este caso es tan solo en un 64.6 %.

Para cuantificar el incremento de resistencia que produce la presencia del acero de refuerzo, tendremos que analizar que sucede con la sección luego de que el concreto en tracción se haya agrietado. A partir del agrietamiento del concreto se puede decir que el acero empieza a trabajar realmente. Cuando el momento flector en la sección alcance el valor de agrietamiento por flexión, no se producirá una falla frágil de la sección ni el colapso de la losa. La presencia del acero de refuerzo, el cual tomará las tracciones que el concreto no es capaz de soportar, permitirá seguir incrementando la carga externa, de manera segura sin el colapso de la losa.

Sección transformada fisurada

Analicemos los esfuerzos en la sección un instante después de ocurrido el agrietamiento del concreto. Para ello apliquemos un momento flector ligeramente superior (un 10% mayor) al que origina el agrietamiento (M_{cr}), digamos un 1,664 Kg-m.

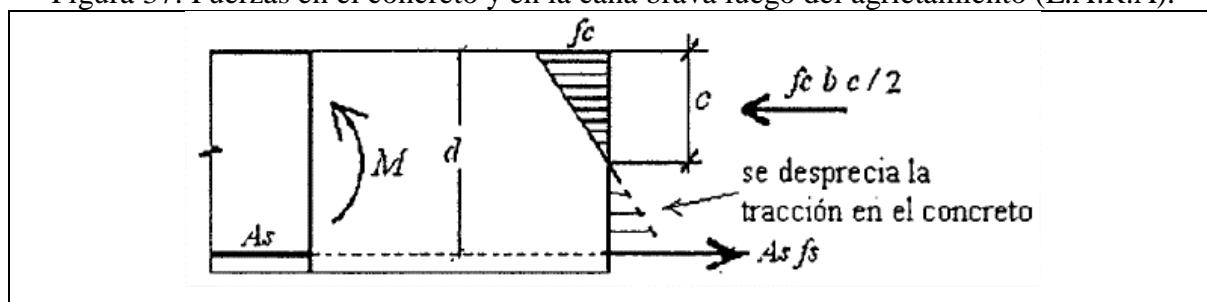
Las hipótesis para el análisis serán las mismas, con la diferencia que introduciremos una adicional: el aporte del concreto en tracción se desprecia.

Esto significa que todo el concreto que está en tracción, por debajo del eje neutro no será considerado en los cálculos de resistencia.

Esta hipótesis permite simplificar los cálculos, sin embargo, para momentos flectores de poca intensidad en condiciones de servicio, no es del todo realista, pero si conservadora.

El diagrama de esfuerzos y de las fuerzas resultantes en el concreto y en el acero será el indicado en la figura 36.

Figura 37. Fuerzas en el concreto y en la caña brava luego del agrietamiento (L.A.R.A).



Fuente: Libro de Ottazzi

Utilizaremos la sección transformada fisurada (figura 36) para calcular los esfuerzos en el concreto y en la caña brava.

Tabla 73. Cálculo del eje neutro de la sección transformada fisurada (L.A.R.A)

$n \times A_{cbT}$	n: 8.63; A_{cbT} : 1.27 cm ² $n \times A_{cbT}$: 10.96 cm²
$b \times C \times \frac{C}{2} = (n \times A_{cbT}) \times (d - C)$	b: 40 cm; $n \times A_{cbT}$: 10.96 cm ² ; d: 17.37 cm C: 2.82 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Cálculo del momento de inercia de la sección transformada fisurada (L.A.R.A)

$I_{Cr} = \frac{b \times C^3}{3} + (n \times A_{cbT}) \times (d - C)^2$	b: 40 cm; C: 2.82 cm; $n \times A_{cbT}$: 10.96 cm ² ; d: 17.37 cm I_{Cr}: 2,618 cm⁴
---	---

Fuente: Elaboración propia

La inercia se ha reducido, al agrietarse la sección de 12,856 a 2,618 cm⁴.

En este caso, la inercia fisurada o completamente agrietada de la sección es aproximadamente el 81 % de la inercia bruta.

Calculemos los esfuerzos máximos en el concreto y en el acero de la sección fisurada:

Tabla 75. Cálculo de los esfuerzos en el concreto y la caña brava (L.A.R.A)

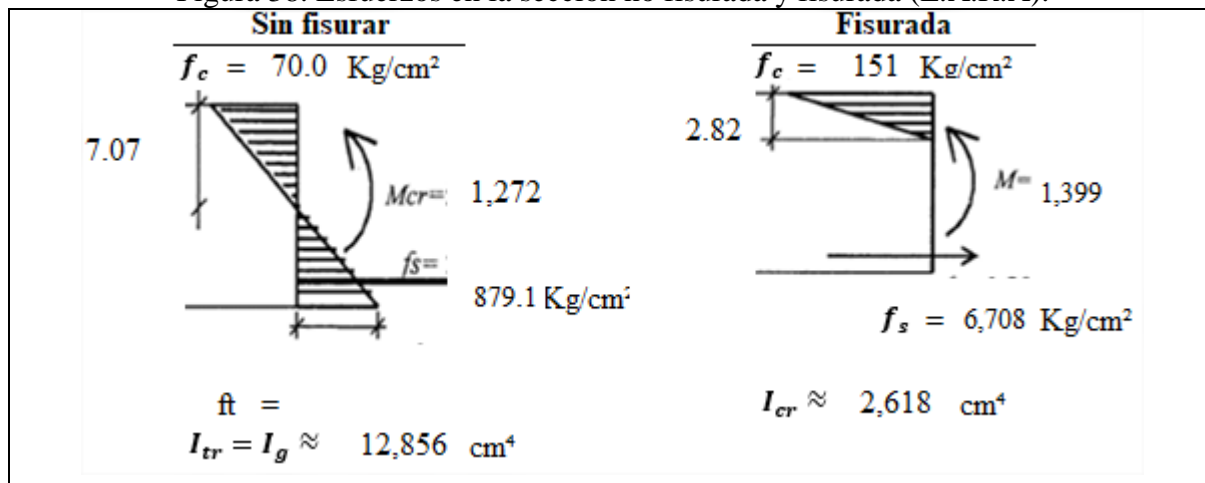
$f_c = \frac{M \times C}{I_{Cr}}$	M: 139,922 Kg-cm; C: 2.82 cm; I_{Cr} : 2,618 cm ⁴ f_c: 151 Kg/cm² (Esfuerzo en el concreto)
$f_{cb} = \frac{M \times (d - C)}{I_{Cr}} \times n$	M: 139,922 Kg-cm; d: 17.37 cm; C: 2.82 cm; I_{Cr} : 2,618 cm ⁴ ; n: 8.63 f_{cb}: 6,708 Kg/cm² (Esfuerzo en el acero)

Fuente: Elaboración propia

La figura 37 permite comparar los esfuerzos en el concreto y en el acero antes y después del agrietamiento. Es importante notar el fuerte incremento en el esfuerzo del acero en tracción al agrietarse la sección.

Para un momento externo un 10% mayor que el produce el agrietamiento de la sección, el esfuerzo de compresión en el concreto ha aumentado de 70 a 151 Kg/cm² (2.16 veces) y el esfuerzo en el acero de 879.1 a 6,708 Kg/cm² (7.63 veces)

Figura 38. Esfuerzos en la sección no fisurada y fisurada (L.A.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Capacidad máxima de la sección por esfuerzos admisibles.

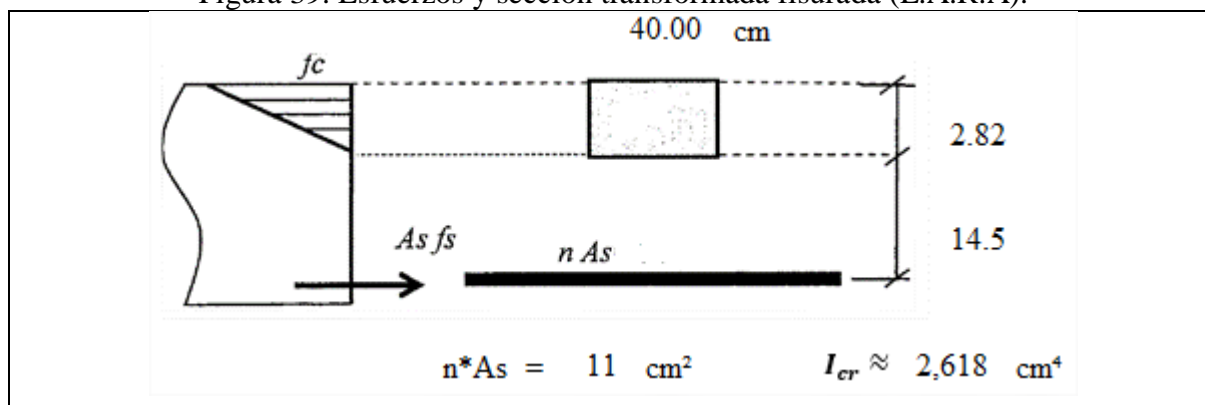
Calculemos la capacidad de la sección utilizando el Diseño por Esfuerzos Admisibles. Las Normas fijaban, para el diseño en flexión, los siguientes esfuerzos admisibles para la compresión en el concreto y la tracción en el acero:

Concreto: f_c admisible = $0.45f'_c$ = 94.5 Kg/cm²

Caña Brava: f_s admisible = $0.50f_{cb}$ = 2,100 Kg/cm²

Cuando el acero alcance su esfuerzo admisible, la sección ya se encontrará fisurada por flexión, en consecuencia, los cálculos se harán utilizando las propiedades de la sección transformada fisurada. Para que esto sea válido, tendremos que suponer que el concreto se comporta linealmente hasta alcanzar su esfuerzo admisible.

Figura 39. Esfuerzos y sección transformada fisurada (L.A.R.A).



Fuente: Elaboración propia

Los esfuerzos en el concreto y en el acero así como el momento máximo (M_{ad}) que será posible aplicar, sin sobrepasar los esfuerzos admisibles son:

Tabla 76. Cálculo de los momentos admisibles del concreto y acero (L.A.R.A)

$f_c = \frac{Mx C}{I_{Cr}}$	$f_c: 94.5 \text{ Kg/cm}^2; I_{Cr}: 2,618 \text{ cm}^4; C: 2.82 \text{ cm}$ $M_{ad}: 87,633 \text{ Kg-cm} \approx 876 \text{ Kg-m}$
$f_{cb} = \frac{Mxv}{I_{Cr}} \times n$	$f_{cb}: 2,100 \text{ Kg/cm}^2; I_{Cr}: 2,618 \text{ cm}^4; v: 14.5 \text{ cm}; n: 8.63$ $M_{ad}: 43,803 \text{ Kg-cm} \approx 438 \text{ Kg-m}$

Fuente: Elaboración propia

La capacidad de la sección está controlada por el esfuerzo admisible en el acero, por lo tanto, el momento flector admisible es 438 Kg-m.

ANEXO N° 08: EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOSAS TRADICIONALES

- Análisis de precios unitarios de losa maciza (L.M.R.A)

Tabla 77. Análisis de costos unitarios de encofrado y desencofrado de losa maciza (L.M.R.A)

Actividad:	Encofrado y desencofrado de losa maciza				Unidad:	m²
Especificación:	Madera Tornillo en bruto, no incluye friso					
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Encofrado:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Desencofrado:	0 Capataz +	0 Operarios +	1 Oficiales +	2 Peones	
Rendimiento:	Habilitación:	60 m ² /día				
	Encofrado:	15 m ² /día				
	Desencofrado:	45 m ² /día				
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial		
I. MATERIALES:						
Madera Tornillo	p ²	5.93	4.50	26.69		
Clavos de 2 1/2"	Kg	0.14	4.50	0.63		
Alambre negro N°16	Kg	0.10	3.50	0.35		
Costo de Material:					27.67	
II. MANO DE OBRA:						
Capataz	hh	0.07	25.49	1.70		
Operario	hh	0.67	23.17	15.45		
Oficial	hh	0.84	18.31	15.46		
Peón	hh	0.36	16.56	5.89		
Costo de Mano de Obra:					38.50	
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						
Herramientas	%M.O.	0.03	38.50	1.15		
Costo de Equipo y Herramientas:					1.15	
TOTAL:					67.32	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Costos unitarios de concreto de losa maciza (L.M.R.A)

Actividad:	Concreto Losa Maciza de f'c 210 Kg/cm²			Unidad:	m³
Especificación:	Preparado con mezcladora de 9p ³ , vibrador de concreto de 1.5"				
Cuadrilla:	Preparado y vaciado:	0.3 Capataz +	3 Operarios +	2 Oficiales +	11 Peones
	Curado:	0.1 Capataz +	0 Operarios +	0 Oficiales +	1 Peones
Rendimiento:	Preparado y vaciado:	25 m ³ /día			
	Curado:	50 m ³ /día			
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	
I. MATERIALES:					
Cemento Portland Tipo I	bls	10.22	19.50	199.29	
Arena gruesa	m ³	0.53	45.00	23.85	
Piedra chancada de 1/2"	m ³	0.52	65.00	33.80	
Agua	m ³	0.19	3.39	0.63	
				Costo de Material:	257.57
II. MANO DE OBRA:					
Capataz	hh	0.10	25.49	2.45	
Operario	hh	0.96	23.17	22.24	
Oficial	hh	0.64	18.31	11.72	
Peón	hh	3.68	16.56	60.94	
				Costo de Mano de Obra:	97.35
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:					
Mezcladora de 9p ³	1 hm	0.32	10.59	3.39	
Vibrador de concreto de 1.5"	1 hm	0.32	6.36	2.04	
Herramientas	%M.O.	0.03	97.35	2.92	
				Costo de Equipo y Herramientas:	8.34
				TOTAL:	363.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Costos unitarios del acero de losa maciza (L.M.R.A)

Actividad:	Acero grado 60				Unidad:	Kg
Especificación:	Fierro de Φ 5/8" (Promedio) por 9 m. cortado con cizalla					
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Colocación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
Rendimiento:	Habilitación:	280 Kg/día				
	Colocación:	280 Kg/día				
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial		
I. MATERIALES:						
Acero $f_y=4,200$ Kg/cm ²	Kg	1.03	2.64	2.72		
Alambre negro N°16	Kg	0.05	3.50	0.18		
				Costo de Material:	2.89	
II. MANO DE OBRA:						
Capataz	hh	0.006	25.49	0.15		
Operario	hh	0.057	23.17	1.32		
Oficial	hh	0.057	18.31	1.05		
				Costo de Mano de Obra:	2.52	
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						
Cizalla FE manual hasta 1"	hm	0.0143	1.55	0.02		
Herramientas	%M.O.	0.0300	2.52	0.08		
				Costo de Equipo y Herramientas:	0.10	
				TOTAL:	5.51	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Presupuesto de losa maciza (L.M.R.A)

Presupuesto de una losa maciza de L:3m, b:1m, h:0.17m; reforzada con acero					
Descripcion	Und	Metrado	Precio	Parcial	
Encofrado y desencofrado de losa maciza	m ²	3.00	67.32	201.95	
Acero corrugado $f_y = 4,200$ Kg/cm ²	Kg	31.23	5.51	172.00	
Concreto en losa maciza $f_c = 210$ Kg/cm ²	m ³	0.51	363.26	185.26	
				TOTAL:	559.21

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de precios unitarios de losa aligerada (L.A.R.A)**

Tabla 81. Costos unitarios de encofrado y desencofrado de losa aligerada (L.A.R.A)

Actividad:	Encofrado y desencofrado de losa aligerada				Unidad:	m²
Especificación:	Madera Tornillo en bruto, no incluye friso					
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Encofrado:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones	
	Desencofrado:	0 Capataz +	0 Operarios +	1 Oficiales +	2 Peones	
Rendimiento:	Habilitación:	75 m ² /día				
	Encofrado:	12 m ² /día				
	Desencofrado:	36 m ² /día				
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial		
I. MATERIALES:						
Madera Tornillo	p ²	5.15	4.50	23.18		
Clavos de 2 1/2"	Kg	0.11	4.50	0.50		
Alambre negro N°16	Kg	0.10	3.50	0.35		
				Costo de Material:	24.02	
II. MANO DE OBRA:						
Capataz	hh	0.08	25.49	1.97		
Operario	hh	0.77	23.17	17.92		
Oficial	hh	1.00	18.31	18.23		
Peón	hh	0.44	16.56	7.36		
				Costo de Mano de Obra:	45.48	
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:						
Herramientas	%M.O.	0.03	45.48	1.36		
				Costo de Equipo y Herramientas:	1.36	
				TOTAL:	70.86	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Análisis de ladrillo hueco de arcilla de 15x30x30 cm (L.A.R.A)

Actividad:	Ladrillos huecos de arcilla de 15x30x30 cm.	Unidad:	Und	
Especificación:	Subida y colocación			
Cuadrilla:	Subida y colocación: 0.1 Capataz + 1 Operarios + 1 Oficiales + 9 Peones			
Rendimiento:	Subida y colocación: 1,600 und/día			
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
I. MATERIALES:				
Ladrillo de arcilla hueco de 15x30x30 cm	und	1.05	1.65	1.73
Costo de Material:				1.73
II. MANO DE OBRA:				
Capataz	hh	0.0005	25.49	0.01
Operario	hh	0.0050	23.17	0.12
Oficial	hh	0.0050	18.31	0.09
Peón	hh	0.0450	16.56	0.75
Costo de Mano de Obra:				0.97
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:				
Herramientas	%M.O.	0.03	0.97	0.03
Costo de Equipo y Herramientas:				0.03
TOTAL:				2.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Análisis de costos unitarios de concreto de losa aligerada (L.A.R.A)

Actividad: Concreto Losa Aligerada de f'c 210 Kg/cm ²		Unidad:		m³
Especificación: Preparado con mezcladora de 9p ³ , vibrador de concreto de 1.5"				
Cuadrilla:	Preparado y vaciado:	0.3 Capataz +	3 Operarios +	2 Oficiales + 11 Peones
	Curado:	0.1 Capataz +	0 Operarios +	0 Oficiales + 1 Peones
Rendimiento:	Preparado y vaciado:	25 m ³ /día		
	Curado:	50 m ³ /día		
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial
I. MATERIALES:				
Cemento Portland Tipo I	bls	10.22	19.50	199.29
Arena gruesa	m ³	0.53	45.00	23.85
Piedra chancada de 1/2"	m ³	0.52	65.00	33.80
Agua	m ³	0.19	3.39	0.63
Costo de Material:				257.57
II. MANO DE OBRA:				
Capataz	hh	0.10	25.49	2.45
Operario	hh	0.96	23.17	22.24
Oficial	hh	0.64	18.31	11.72
Peón	hh	3.68	16.56	60.94
Costo de Mano de Obra:				97.35
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:				
Mezcladora de 9p ³	1 hm	0.32	10.59	3.39
Vibrador de concreto de 1.5"	1 hm	0.32	6.36	2.04
Herramientas	%M.O.	0.03	97.35	2.92
Costo de Equipo y Herramientas:				8.34
TOTAL:				363.26

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Análisis de costos unitarios del acero de losa aligerada (L.A.R.A)

Actividad:	Acero grado 60				Unidad: Kg
Especificación:	Fierro de Φ 5/8" (Promedio) por 9 m. cortado con cizalla				
Cuadrilla:	Habilitación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones
	Colocación:	0.1 Capataz +	1 Operarios +	1 Oficiales +	0 Peones
Rendimiento:	Habilitación:	280 Kg/día			
	Colocación:	280 Kg/día			
Descripción:	Unidad	Cantidad	Precio	Parcial	
I. MATERIALES:					
Acero $f_y=4,200$ Kg/cm ²	Kg	1.03	2.64	2.72	
Alambre negro N°16	Kg	0.05	3.50	0.18	
				Costo de Material:	2.89
II. MANO DE OBRA:					
Capataz	hh	0.006	25.49	0.15	
Operario	hh	0.057	23.17	1.32	
Oficial	hh	0.057	18.31	1.05	
				Costo de Mano de Obra:	2.52
III. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:					
Cizalla FE manual hasta 1"	hm	0.0143	1.55	0.02	
Herramientas	%M.O.	0.0300	2.52	0.08	
				Costo de Equipo y Herramientas:	0.10
				TOTAL:	5.51

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Presupuesto de losa aligerada (L.A.R.A)

Presupuesto de una losa aligerada L:3m, b:1m, h:0.20m; reforzada con acero					
Descripción	Und	Metrado	Precio	Parcial	
Encofrado y desencofrado de losa aligerada	m ²	3.00	70.86	212.59	
Ladrillo hueco de arcilla de 15x15x30cm	und	24.99	2.73	68.13	
Acero corrugado $f_y = 4,200$ Kg/cm ²	Kg	11.61	5.51	63.95	
Concreto en losa aligerada $f_c = 210$ Kg/cm ²	m ³	0.05	363.26	19.07	
				TOTAL:	363.74

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 09: EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (E.I.A.)

1. Resumen ejecutivo

La evaluación de impacto ambiental aplicada al proyecto de investigación tiene como área de influencia al distrito de Cayaltí e involucra su procedencia del material en mención.

Se plantea como objetivo general elaborar la evaluación de impacto ambiental del proyecto de investigación denominado "Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto" y como objetivos específicos tenemos: describir el proyecto para la evaluación de impacto ambiental, determinar los distintos impactos producidos por el presente proyecto de investigación, realizar la línea base ambiental para la E.I.A. del presente proyecto en estudio, describir una lista de recomendaciones con las medidas preventivas y de mitigación para los efectos negativos que puedan darse en su construcción, operación y mantenimiento, finalmente elaborar un programa de monitoreo y vigilancia para evaluar las medidas de mitigación y control de parámetros ambientales.

Se llegará a la conclusión si este proyecto es beneficioso como un aporte para la calidad ambiental en los proyectos de ingeniería.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Elaborar la evaluación de impacto ambiental del proyecto de investigación denominado "Estudio de las características físico-mecánicas de la caña brava y propuesta de aplicación en losas de techo con concreto"

2.2. Objetivos específicos

- Describir el proyecto para la evaluación de impacto ambiental (E.I.A.)
- Determinar los distintos impactos producidos por el presente proyecto de investigación.
- Realizar la línea base ambiental para la E.I.A. del presente proyecto en estudio.
- Describir una lista de recomendaciones con las medidas preventivas y de mitigación para los impactos negativos que puedan darse en su construcción, operación y mantenimiento.
- Elaborar un programa de monitoreo y vigilancia para evaluar las medidas de mitigación y control de parámetros ambientales.

2.3.Alcance

El desarrollo del proyecto de investigación permitirá que la caña brava cosechada en el distrito de Cayaltí pueda ser utilizada como sustituto del acero en la construcción de las macizas de techo con concreto.

Al proponer el uso de la caña brava como sustituto del acero en las macizas de techo, este material puede ser empleado en el distrito donde se ha cosechado, así mismo generar puestos de trabajo para los sembradores y transportistas de la caña brava, además habrá una disminución en la emisión de CO₂, el cual es producido por la fabricación del acero.

3. Marco legal

3.1.Constitución política del Perú

En nuestro ordenamiento nacional, la constitución, es considerada como la carta magna cuya trascendencia jurídica se encuentra constituida por los derechos de personas y sus libertades, con la finalidad es velar por el mejoramiento de la calidad y desarrollo de comunidad social. Asimismo, se encarga de la protección y conservación de los recursos ambientales y naturales, pues son considerados patrimonio nacional, por lo cual, están establecidos en el título preliminar del régimen económico de la misma. [22, p. 110].

3.2.Legislación ambiental peruana

La legislación ambiental sigue los mismos lineamientos establecidos en el marco constitucional, por lo tanto, implican una gama de normativas, pues regulan el uso de los recursos renovables y no renovables que se encuentra dentro del territorio peruano. En este sentido, para el uso y explotación de suelo, en efecto, debe contar con la autorización correspondiente del gobierno local, para el desarrollo de las actividades de las parcelas y las zonas industriales. Asimismo, el artículo 10 de la misma, evoca sobre el régimen de los cultivos de manera general, por el cual, forman mininas observaciones respecto los cultivos. [23, p. 217].

3.2.1. Ley general del ambiente. Ley N° 28611

La presente normativa estriba sobre la gestión ambiental en el Perú; Conjuntamente con la de sus principios básicos, para la protección efectiva de los derechos ambientales, ya que, se constituye como un elemento esencial, pues consiste en el mantener el equilibrio pleno en el desarrollo de la comunidad. [18, p. 3].

3.2.2. Ejes estratégicos de la gestión ambiental

El eje estratégico de la gestión ambiental es un instrumento constituido con fines de políticas ambientales aprobado por el ministerio materia de competencia, dicho documento aborda el informe de la comisión multisectorial creado por LA RESOLUCIÓN SUPREMA N° 189-2012-PCM. [22, p. 111].

3.2.3. Ley del sistema nacional de evaluación de impacto ambiental. Ley N°27446

El marco legal se establece con el fin de constituir un mecanismo que permitan evaluar el impacto de medio ambiente en el ámbito nacional por ello, se ha creado el sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA), como un régimen único de prevención encargado de supervisar y corregir de manera anticipatoria todo hecho que generen un impacto negativo en el medio ambiente. [24, p. 11].

3.2.4. Ley de recursos hídricos. Ley N°29338

Esta ley se encuadra en la regulación del uso y la gestión de los recursos hídricos; que ejercen y administran tanto el estado como el sector privado. [25, p. 1].

3.2.5. Ley de gestión integral de residuos sólidos. Ley N° 1278

La presente ley, tiene en primer lugar el propósito de gestionar la prevención de o minimización de los residuos sólidos. De a cara a otras alternativas posibles y en segundo lugar, implica la recuperación de los residuos generados, cuyos materiales contenga un valor material y energético, para el procedimiento del reciclaje y compostaje a fin de garantizar y velar por la salud y el medio ambiente.[26, p. 2].

3.3.Norma para agricultura sostenible

Los alcances normativos abordan la problemática de la sostenibilidad en la producción agrícola. La norma gira en torno a las categorías principales de cultivos. [27, p. 4].

3.4.Reglamento nacional de edificaciones

3.4.1. RNE. E-020: Cargas. 2006

En esta norma del RNE nos indica que:

Los edificios y todas sus partes deben poder soportar las cargas que se les imponen como resultado de su uso previsto. Funcionarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos o deformaciones más allá de lo establecido para cada material estructural en su estándar de diseño específico. En ningún caso las cargas utilizadas en el diseño serán inferiores a los valores mínimos establecidos en esta norma. Esta norma se complementa con el diseño Sísmico E-030 NTE y las normas de diseño de los diferentes materiales estructurales. [5, p. 320731].

3.4.2. RNE. E-060: Concreto Armado. 2009

En esta norma del RNE se fija que:

... requisitos mínimos y requisitos de análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y seguimiento de estructuras de concreto armadas, pre esforzada y sencillas. Los planos del proyecto estructural y las especificaciones técnicas deben cumplir con esta Norma. Lo establecido en esta Norma tiene prioridad si entra en conflicto con otras normas a las que se refiere. [6, p. 1].

3.5.Normas técnicas peruanas

3.5.1. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. NTP 400.012-2001

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. En esta norma técnica Peruana establece el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino, grueso y global por tamizado. Los resultados serán utilizados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos que exige la especificación técnica de la obra y proporcionar los datos necesarios para el control de la producción de agregados. Los datos también pueden ser utilizados para correlacionar el esponjamiento y el embalaje. [7, p. 1-2]

3.5.2. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados. NTP 400.017-2011

AGREGADOS. Método de ensayo normal para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y vacíos en los agregados. En esta norma técnica peruana establece la medición de la densidad de masa (peso unitario) de agregado en estado suelto y / o compactado, y determina los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mixtos ambos en base a la misma determinación. Este método de ensayo se aplica a los áridos que no superan el tamaño nominal máximo de 125 mm. Este método de prueba se usa a menudo para obtener valores de

densidad de masa que son necesarios para usos en varios métodos de selección proporcional para mezclas de concreto. [8, p. 1].

3.5.3. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. NTP 400.021-2002

AGREGADOS. Método de ensayo estandarizado para peso específico y absorción del agregado grueso. En esta estandarización técnica, el Perú establece un procedimiento para determinar el peso seco específico, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y, a las 24 horas, la absorción del agregado grueso. Los pesos específicos saturados con superficie seca y absorción se basan en agregados empapados en agua después de 24 horas. Para utilizar dichos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezcla como en el control de uniformidad de sus características físicas. Este método de prueba no es aplicable a agregados finos. [9, p .1].

3.5.4. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. NTP 400.022-2013

AGREGADOS. Método de ensayo estandarizado para densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción de agregado fino. Esta norma técnica peruana tiene como objetivo establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregados finos (excluyendo los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos. Este método de ensayo se utiliza para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un gran número de partículas de agregados y proporciona un valor promedio que es la muestra. Distingue entre la densidad de las partículas agregadas, según lo determinado por este método de prueba, y la densidad aparente de los agregados determinada por NTP 400.036 que incluye el volumen de vacíos entre las partículas de agregados. [10, p .1]

3.5.5. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. NTP 339.185-2013

AGREGADOS. Método de ensayo estandarizado para el contenido de humedad total evaporativa de agregados por secado. Esta norma técnica peruana establece el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporativa en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y los poros del agregado, pero no considera el agua que se combina químicamente con minerales de ciertos agregados y no es evaporativa, por lo que no se incluye en el porcentaje definido por este método. [11, p. 1].

3.5.6. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. NTP 339.033-2009

CONCRETO. Práctica estandarizada para la producción y curado de probetas de concreto en el campo. Esta norma proporciona los procedimientos para preparar y curar probetas cilíndricas y de vigas de muestras representativas de concreto fresco para un proyecto de construcción. El concreto utilizado para producir muestras moldeadas debe tomarse una muestra después de que se hayan realizado todos los ajustes de dosis in situ de la mezcla, incluida la incorporación de agua mezclada y aditivos. Esta práctica no satisface la preparación de probetas a partir de concreto que no tiene un asentamiento medible o que requiere otros tamaños o formas de probetas. [12, p. 1].

3.5.7. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. NTP 339.035-2009

CONCRETO. Método de prueba para medir el asentamiento del concreto Portland. En esta norma técnica Peruana establece el método de ensayo para determinar los asentamientos del concreto Portland, tanto en laboratorio como en campo. Este método se utiliza para concreto plástico con tamaño de agregado de hasta 37,5 mm. Si el agregado es mayor, el método se aplica cuando la porción de concreto pasa a través del tamiz 37.5 mm removiendo agregados más grandes como se describe en NTP 339.036. [13, p. 1]

3.5.8. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. NTP 339.034-2008

CONCRETO. Método de ensayo estandarizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Esta norma técnica establece la determinación de la resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos y extracciones de diamantina de concreto. [14, p. 1].

3.5.9. Ensayo a tracción para acero. NTP 341.002-1970

ACERO. Ensayo de tracción para acero. Prueba. Esta norma técnica peruana estipula las condiciones que deben cumplirse para las pruebas de tracción de todos los productos de acero excluyendo los productos planos de menos de 3 mm de espesor, mangueras, alambres y varillas de menos de 4 mm de diámetro que se prueben de acuerdo con las normas de ITINTEC. El ensayo consiste en someter una muestra de las características establecidas, incluido el esfuerzo de tracción (generalmente hasta la rotura) para determinar una o más características mecánicas a las que se refiere esta regla. A menos que se especifique lo contrario, la prueba debe realizarse a temperatura ambiente. [16, p. 1].

Observación: esta norma de acero ha sido adaptada para el ensayo a tracción de la caña brava.

4. Descripción y análisis del proyecto

4.1. Datos generales de la evaluación

4.1.1. Equipo multidisciplinario para la elaboración de la evaluación de impacto ambiental

Tabla 86. Equipo multidisciplinario.

Nombres y Apellidos	Colegiatura	Participación	Firma
Juan Ignacio, Luna Mera	C.I.P. N° 50361	Asesor	
Henry David, Flores Pérez	-	Proyectista	

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Entidad autorizada para la elaboración de la evaluación de impacto ambiental

Tabla 87. Entidad autorizada.

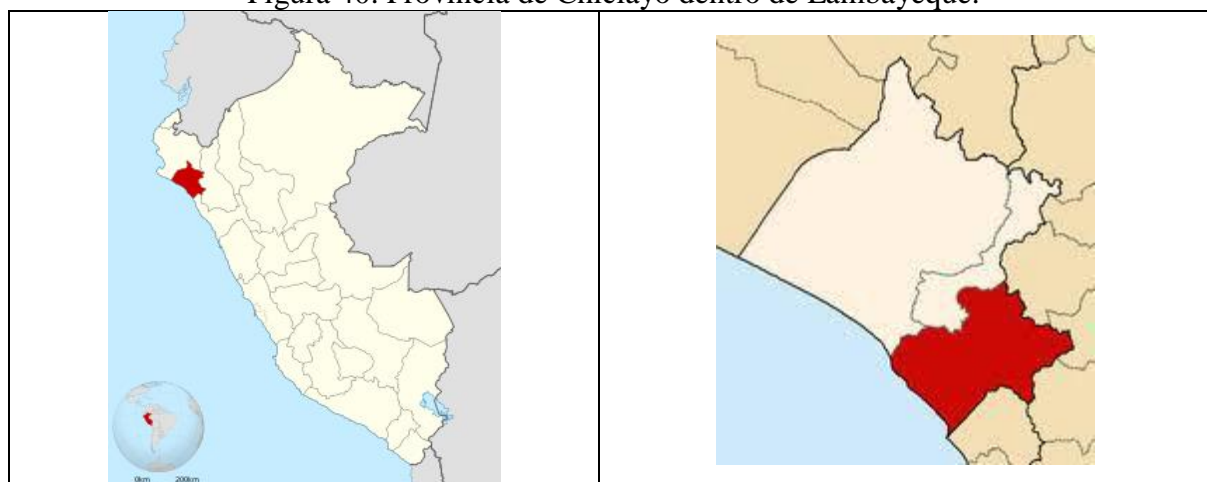
Razón social	Henry David, Flores Pérez
Representante legal	Henry David, Flores Pérez
Número de registro en MVCS	-
Domicilio	Calle España N°1077 (J.L.O – Chiclayo – Lambayeque)
Teléfono	978 043 207
Correo electrónico	henflope@gmail.com

Fuente: Elaboración propia

4.2. Ubicación del proyecto

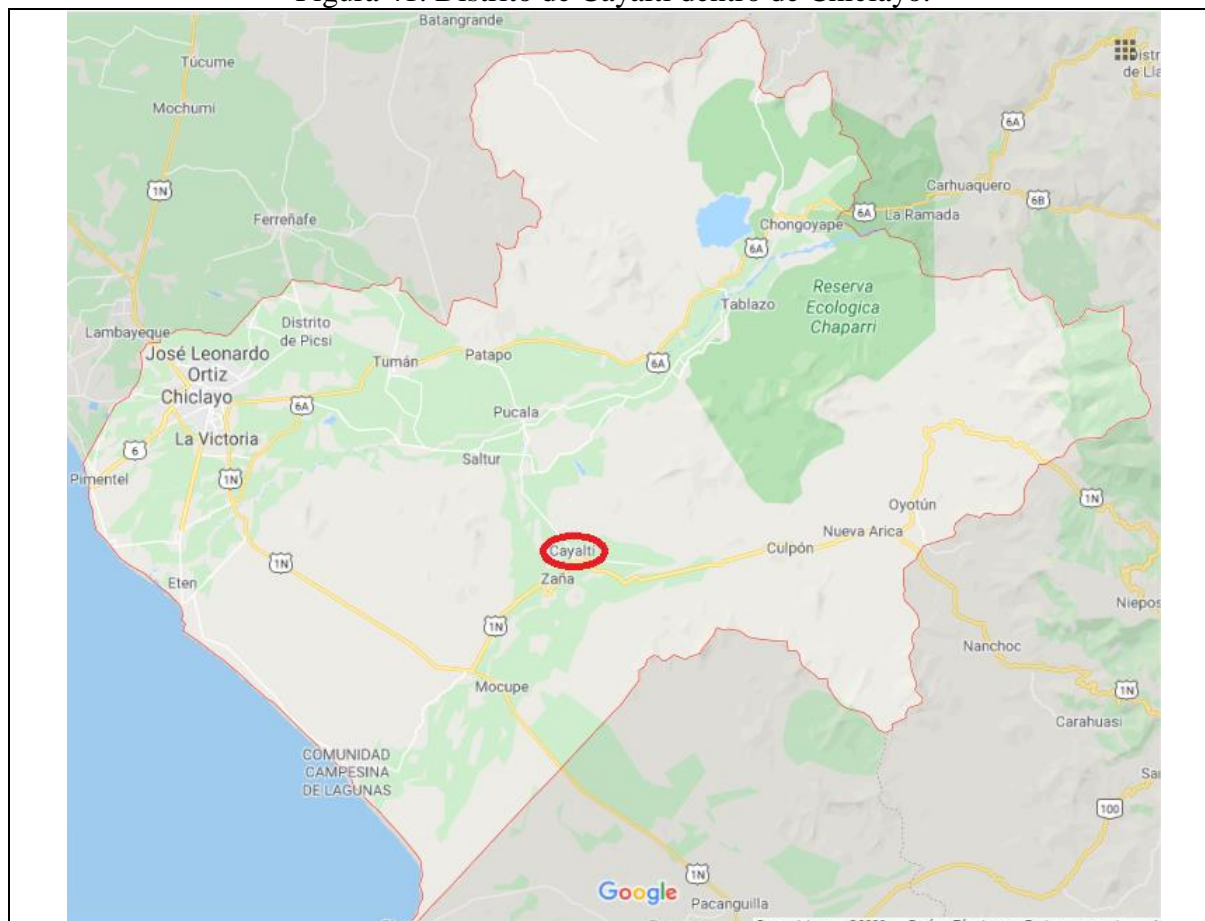
Se encuentra ubicado en el distrito de Cayaltí de la provincia de Chiclayo, además estará propuesto para cualquier zona rural del departamento de Lambayeque que lo requiera.

Figura 40. Provincia de Chiclayo dentro de Lambayeque.



Fuente: Google maps

Figura 41. Distrito de Cayaltí dentro de Chiclayo.



Fuente: Google maps

5. Área de influencia del proyecto

La determinación del área de influencia del proyecto implica determinar los diferentes aspectos e impactos que afectan al proyecto de manera positiva o negativa. Los aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos más importantes del entorno del proyecto se tendrán en cuenta para la definición del campo espacial.

El área de influencia puede ser directa o indirectamente. El área de influencia directa se compone de áreas en las que pueden ocurrir cambios en su entorno físico, biótico y socioeconómico.

El área de influencia indirecta, está compuesta por el área donde se experimentarían los impactos, pero por los efectos de la dinámica de los cambios que se realizaron directamente. [23, p. 225].

El área de influencia directa será el distrito de Cayaltí, donde se lleva a cabo la cosecha de las cañas bravas. El área de influencia indirecta será el departamento de Lambayeque. Además, este proyecto será válido para las cañas bravas con características físico-mecánicas similares a los presentados en la muestra.

6. Línea base ambiental

6.1. Línea base física

6.1.1. Ubicación

El proyecto de investigación hace uso de las cañas bravas cosechadas en el distrito de Cayaltí de la provincia de Chiclayo, además está propuesto para cualquier zona rural del departamento de Lambayeque que lo requiera.

Figura 42. Distrito de Cayaltí.

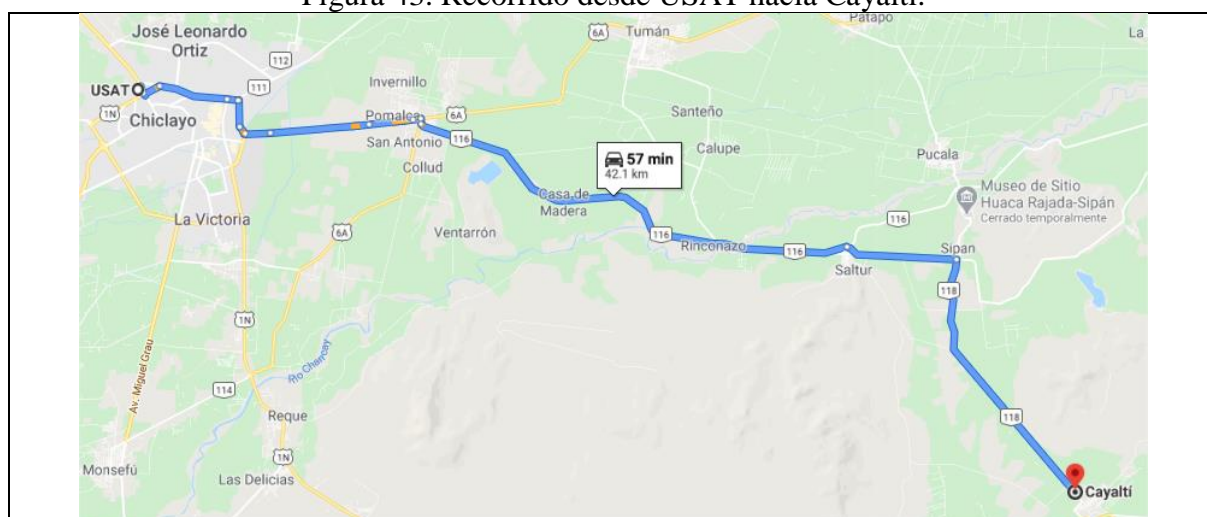


Fuente: Google maps

6.1.2. Accesibilidad

Como se puede observar en la figura

Figura 43. Recorrido desde USAT hacia Cayaltí.

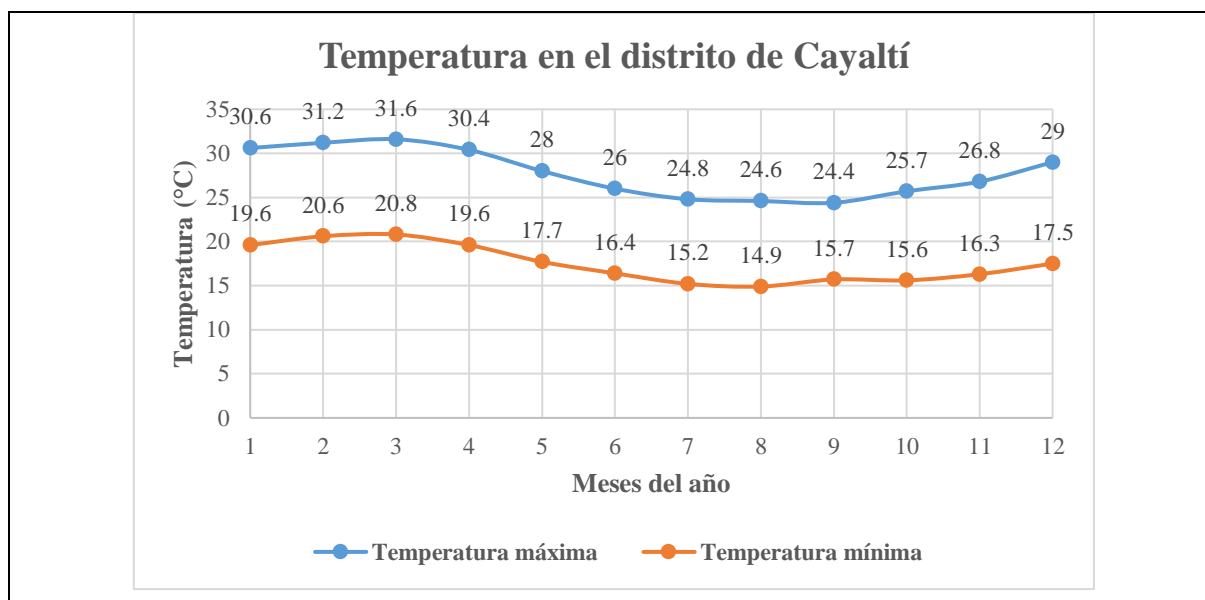


Fuente: Google maps

6.1.3. Climatología

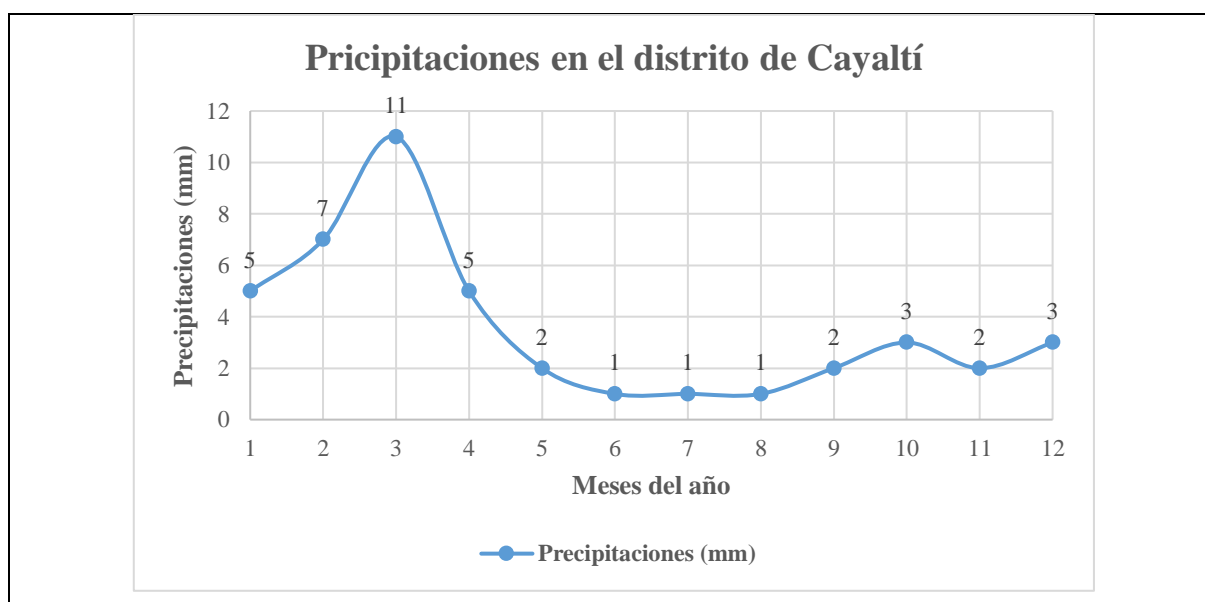
El clima de Cayaltí es semi cálido, muy seco y fuertes vientos. La temperatura media anual de la zona varía entre los 28.94°C (estación verano) y 16.76°C (estación invierno), alcanzando una temperatura media anual de 22.85°C, la humedad relativa media es de 70% a 78% presentando en algunos inviernos una humedad relativa de 83% y en algunos veranos 66%. La precipitación fluvial promedio es de 10.9 mm/año, considerándose a los factores determinantes de este clima a los vientos y la cordillera.

Gráfica 48. Temperatura máxima y mínima en el distrito de Cayaltí.



Fuente: MEF

Gráfica 49. Precipitaciones en el distrito de Cayaltí.



Fuente: MEF

6.1.4. Topografía

6.1.4.1. Relieve

El relieve de la ciudad de Cayaltí se caracteriza por ser llano y por encontrarse en zona urbana. Altitud: 78 m.s.n.m.

6.1.4.2. Extensión territorial

Cayaltí tiene una extensión de 7,246.69 hectáreas adjudicadas, comprendiendo lo siguiente:

- Cayaltí y anexos pequeños: 5,171.42 has.
- Villa de Zarrupo: 827.41 has.
- Culpón: 534.22 has.
- Palomino: 479.64 has.
- El Potrero y la Huaca: 234.00 has

6.2. Línea base biológica

6.2.1. Flora

Esta parte tratará principalmente el efecto o el impacto que tiene este proyecto sobre la caña brava que se utilizará como sustituto del acero en losas macizas de techo.

Figura 44. Caña brava.



Fuente: Elaboración propia

6.2.2. Fauna

Cayaltí, cuna norteña del caballo peruano de paso, en donde cada año nacen 30 ejemplares de este.

Figura 45. Caballo de paso.



Fuente: Google imágenes

6.3. Línea base socioeconómica

6.3.1. Ambiente social

Según un estudio de proyecto de pre inversión a nivel perfil afirma lo siguiente:

- **Educación**

El 62.5% de la población ha cubierto sus servicios de educación, además se observa la centralización de instituciones educativas originando la superposición de los radios de cada uno de ellos y no logrando una cobertura equilibrada en la ciudad, a esto se suma el problema de la deserción estudiantil que alcanza a un 10.11 % debido básicamente a que los niños son una fuente de ingreso en sus hogares. [28, p. 31]

- **Salud**

Las enfermedades de mayor incidencia en la población destacan las IRAS (infecciones respiratorias agudas), Parasitarias y las EDAS (Enfermedades diarreica agudas), causadas por la emisión de partículas de polvo sobre todo en niños y ancianos. [28, p. 31]

- **Servicio de agua y desagüe**

El agua y alcantarillado el 70.3% de la población cubre este servicio y es usado por 3 horas diarias.

- **Vías de comunicación y medios de transportes**

El acceso al distrito de Cayaltí es por vía terrestre. Tiene una ruta principal, la que une a la ciudad de Zaña, y esta a su vez a la ciudad de Chiclayo a través de la Panamericana Norte. Así mismo cuenta con una serie de caminos carrozables que vinculan a la localidad con los centros poblados vecinos. El transporte de pasajeros se realiza en autos, combis y camionetas rurales. [28, p. 33]

- **Energía eléctrica y telecomunicaciones**

En la actualidad, la mayor parte del distrito de Cayalti cuenta con el servicio de energía eléctrica, donde solo el 25% de centros poblados no cuentan con lo mencionado.

Además cuentan con el servicio de internet y telefonía [28, p. 33-34]

- **Características de la población**

Cayaltí cuenta con una población total de 16,557 habitantes. En la tabla 88 se presentan los indicadores de desarrollo social, donde se puede apreciar que un 82.60% de la población vive en la zona urbana y el 28.7% de la población es económicamente activa teniendo como principal actividad la agricultura y ganadería, representando el 30.1% del total. [28, p. 34].

Tabla 88. Indicadores de desarrollo social.

Indicador	Población censada			Población por área de residencia				PEA	
	Total	Hombres	Mujeres	Urbana	%	Rural	%	Total	%
Cayaltí	16,557	8,213	8,344	13,681	82.6	2,876	17.4	4,747	28.7

Fuente: [28, p. 34].

Tabla 89. PEA ocupada según actividad económica.

Indicador	Participación en la actividad económica (mayor a 14 años) en Cayaltí											
	Población Económicamente Activa (PEA) ocupada según actividad económica											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
Cantidad	1,428	318	256	841	84	205	483	151	127	265	589	
%	30.1	6.7	5.4	17.7	1.8	4.3	10.2	3.2	2.7	5.6	12.4	
LEYENDA						f: Hoteles y restaurantes						
a: Agricultura, ganadería						g: Transporte y comunicaciones						
b: Industrias manufactureras						h: Ac. Inmobiliaria						
c: Construcción						i: Enseñanza						
d: Comercio						j: Servicios sociales						
e: Mecánica de autos y motos						k: Otros						

Fuente: [28, p. 34].

6.3.2. Ambiente económico

Según un estudio de proyecto de pre inversión a nivel perfil afirma lo siguiente:

- **Actividad agrícola**

La zona rural del distrito de Cayaltí su principal actividad económica es la agricultura

- **Actividad ganadera**

La actividad pecuaria está basada fundamentalmente en la crianza de vacunos, porcinos, pollos y ovinos. También se crían cabríos, burros, mulas y caballos, cuyes, conejos, patos y pavos.

Actividad forestal

Esta actividad se desarrolla el algarrobo para la fabricación del parqué; su fruto para la preparación de algarrobina. También se utiliza como combustible para la cocina.

- **Actividad industrial y manufacturera**

Funcionan algunas industrias artesanales de confección de ropa y carpintería, así como las industrias domésticas en los hogares urbanos y rurales. El autoconstrucción de viviendas. [28, p. 35].

- **Actividad comercial**

Esta actividad es muy importante en la localidad como: bodegas, pequeñas librerías, boticas, restaurantes y productos agrícolas. Asimismo, la venta directa de leche fresca (en sus anexos y en Chiclayo),

- **Recursos y potencial turísticos**

El distrito de Cayaltí tiene un considerable potencial turístico. Sus principales atracciones turísticas son: Ex Casa Hacienda Cayaltí, Fabrica de Caña de Azúcar, Ex Fábrica de Cemento, Criadero de Caballos de Paso Cayaltillano e iglesia Cristo Rey. [28, p. 35].

7. Identificación y evaluación de pasivos ambientales

A continuación, mostramos la matriz importante para determinar los pasivos ambientales.

Tabla 90. Ficha de identificación de pasivos ambientales – Caña brava.

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES N°01 CAÑA BRAVA	
1. LOCALIZACIÓN	
Distrito de Cayaltí	
2. BREVE DESCRIPCIÓN AMBIENTAL	
Para sustituir el acero en una losa maciza de techo se requiere de la caña brava, donde si es susceptible a una sobreexplotación de este recurso se demuestra que constituye un gran aporte a la ingeniería.	
3. DESCRIPCIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL	
El pasivo ambiental es la explotación del recurso natural como es la caña brava.	



4. CAUSA / ORIGEN

Extracción de la caña brava para utilizarlo como sustituto del acero en losas macizas de techo.

5. TIPO DE PASIVOS AMBIENTALES (Marcar con una X según evaluación)

Deslizamientos y derrumbes		Erosión, sedimentación de cauce		Botaderos laterales indiscriminados	
Contaminación de aguas		Daños ecológicos y paisajísticos	X	Áreas degradadas	
Accesos a poblados interrumpidos		Daños a las fuentes de agua de los poblados		Curva peligrosa	

6. MATRIZ DE IMPORTANCIA (Marcar con una X según evaluación)

INTENSIDAD		EXTENSIÓN		MOMENTO		PERSISTENCIA		REVERSIBILIDAD		Importancia
Baja	X	Local	X	Largo plazo		Fugaz		Largo plazo	X	
Media		Regional		Med. plazo		Temporal		Mediano plazo		
Alta		Extraregional		Inmediato	X	Permanente	X	Irreversible		
SINERGIA		ACUMULACIÓN		EFECTO		PERIODICIDAD		RECUPERABILIDAD		
Sin sinergismo		Simple	X	Indirecto		Discontinuo		Recuperable	X	
Sinérgico	X	Acumulativo		Directo	X	Periódico		Mitigable		
Muy sinérgico						Continuo	X	Irrecuperable		

7. CLASIFICACIÓN

No crítico

8. CATEGORÍA AMBIENTAL

Ecología	X	Aspectos estéticos	
Contaminación ambiental		Aspectos de interés humano	

9. CROQUIS DE SOLUCIÓN



10. MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y/O CORRECTIVAS

La medida correctiva que se debe adaptar en esta parte es la reforestación, la cual dependerá de la demanda que tenga la caña brava.

Fuente: Adaptación de [22, pp. 124–126]

8. Identificación y evaluación de impactos ambientales

Para esta porción, las actividades identificadas a lo largo de la ejecución del proyecto que puedan producir algún tipo de influencia, ya sea positiva o negativa. Luego se implementará el Plan de Manejo Ambiental para mitigar el impacto. [22, p. 128].

8.1. Matriz de Leopold

El objetivo de la matriz de Leopold es identificar y mitigar los impactos ambientales generados durante la implementación del proyecto. El método de Columbus analiza el antes y después de la ejecución del proyecto. [22, p. 128].

Tabla 91. Matriz de Leopold.

MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LEOPOLD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN																		
IMPACTO: BENEFICIOSO (+) PERJUDICIAL (-) IMPORTANCIA (I): Intensidad o grado de incidencia del impacto. MAGNITUD (M): Extensión del impacto dentro del área de influencia. Escala de ponderación: 1 al 10				ACCIONES DEL PROYECTO										IMPACTO TOTAL				
				Abastecimiento de la caña brava					Uso de la caña brava en la propuesta de losa maciza									
				Sembrado-Cosecha		Traslado		Comercio		Sustituto del acero		Habilitación		Llenado de losa		Magnitud	Importancia	Ponderado
		M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I					
FACTORES AMBIENTALES	Factores físico-químicos	Tierra	Morfología del terreno	-3	4										-3	4	-12	
			Contaminación del suelo													0	0	0
		Agua	Contaminación de aguas superficiales y subterráneas													0	0	0
			Calidad													0	0	0
		Aire	Calidad (polvo)	3	2	-2	2									1	4	2
			Calidad (gases, humo)			-3	3			4	5					1	8	11
	Ruido o contaminación sonora												-3	2	-3	2	-6	
	Procesos	Erosión													0	0	0	
	Condiciones biológicas	Flora	Diversidad	-4	3										-4	3	-12	
		Fauna	Diversidad de especies	-2	2										-2	2	-4	
	Factores culturales	Usos del suelo	Naturaleza y espacios abiertos	-2	3										-2	3	-6	
			Pastos												0	0	0	
		Estética	Vistas escénicas y panorámicas	-3	2										-3	2	-6	
		Nivel cultural	Calidad de vida	5	4	4	3	3	2			4	3	5	4	21	16	70
			Salud y seguridad	5	4	3	2	3	2			3	2	-2	2	12	12	34
			Empleo estacional	5	4	4	3	4	3			4	3	3	2	20	15	62
		Actividades	Eliminación de residuos													0	0	0
Beneficios económicos	4		3	4	3	4	3	4	3					16	12	48		
		Reciclaje												0	0	0		
IMPACTO TOTAL		MAGNITUD		8		10		14		8		11		3		RESULTADOS		
		IMPORTANCIA		31		16		10		8		8		10		SUMA DE FILA		181
		PONDERADO		38		29		36		32		30		16		SUMA DE COLUMNA		181

9. Plan de manejo ambiental

Se está elaborando un plan de gestión ambiental (PGA). Representa un documento técnico que contiene un conjunto de medidas estructuradas con el objetivo de evitar, mitigar, restaurar o compensar los impactos ambientales negativos que puedan ocurrir durante la ejecución del proyecto de investigación propuesto.

Para completar el plan de manejo ambiental, se debe considerar la implementación de los siguientes programas. [22, p. 132]:

- Programa de prevención y mitigación de impactos ambientales.
- Programa de monitoreo ambiental.

9.1. Programa de prevención y mitigación de los impactos ambientales

Los impactos ambientales fueron identificados y evaluados con el objetivo de determinar los impactos más significativos, con lo cual se han tomado las siguientes medidas de mitigación para eliminar o reducir los impactos negativos y en todo caso maximizar los impactos positivos anteriormente señalados. [22, p. 132].

9.1.1. Características físico químicas

9.1.1.1. Suelo

- **Relieve**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
La morfología del suelo influirá negativamente por el movimiento de tierra que se producirá para la siembra de la caña brava.	Los trabajos deben ser realizados de manera eficaz y estrictamente planeados para que no se produzca movimiento de tierras innecesario.

9.1.1.2. Aire

- **Partículas**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
El polvo generado al momento del transporte, carga, descarga y almacenamiento de las cañas bravas.	Los sitios usados para el almacenamiento de las cañas bravas deben de ser cubiertos adecuadamente. Los vehículos que se encarguen del transporte de las cañas bravas deben de cubrir con mantas o toldos a las unidades. La carga y descarga debe de ser realizada con mucho cuidado, con el fin de evitar producir una gran cantidad de polvo.

- Gases

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Emisión de gases combustibles de parte de los motores de los vehículos involucrados en el transporte.	Utilizar vehículos que se encuentren en constante mantenimiento y que estén en buen estado para minimizar la emisión de gases.

- Ruido

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Ruido generado por la maquinaria involucrada en la elaboración del concreto para la propuesta de losa maciza.	El personal involucrado deberá hacer uso de implementos de seguridad que los protejan contra el ruido como son las orejeras.

9.1.1.3.Paisaje

- Alteración del paisaje

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
La explotación de caña brava genera una importante alteración al paisaje. El ruido producido por las maquinarias involucradas en el proyecto produce incomodidad en el resto de las personas cercanas al área de trabajo.	Recuperar las zonas explotadas mediante la reforestación es una forma de mermar el impacto ambiental generado por dicha explotación de cañas bravas. Suministrar a las personas cercanas al área de trabajo implementos de protección contra ruidos y generar avisos con anterioridad para evitar incomodidades.

9.1.2. Condiciones biológicas

9.1.2.1.Flora

- Alteración a la flora

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Pérdida de cañas bravas, por la extracción de esta planta en la propuesta de losa maciza como sustituto del acero.	Se recomienda reforestar, con el fin de tener a disposición cañas bravas aceptables para futuras temporadas de cosecha.

9.1.2.2.Fauna

- **Alteración a la fauna**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
Al momento de extraer las cañas bravas, hay una pérdida del hábitat de los animales que hacen uso de esos cultivos.	La reforestación es una forma de mantener en condiciones iniciales el hábitat explotada por la extracción de la caña brava.

9.1.3. Condiciones socio culturales

9.1.3.1.Socio económico

- **Demanda de bienes y servicios**

Beneficios
Al requerir la caña brava, la cual es sembrada en Cayaltí y comercializada en Chiclayo, se genera ingreso para los involucrados en este proceso. Al requerir los servicios de mano de obra para la construcción de esta propuesta de losa, se genera ingresos para estos trabajadores.

- **Seguridad**

Impactos Negativos Identificados	Actividades a desarrollar para la prevención y mitigación
El ruido y polvo generado por la elaboración del concreto para la propuesta de losa, genera problemas en la salud de los trabajadores cuando no utilizan equipos de protección personal.	Se debe usar mascarilla, orejeras, casco y guantes para salvaguardar la seguridad de las personas que se encargan en la elaboración del concreto para la propuesta de losa.

- **Empleo**

Beneficios
Se genera empleo a los sembradores de la caña brava, transportistas y vendedores de la misma. También a los trabajadores del sector construcción para la ejecución de la propuesta de losa.

- **Ingreso**

Beneficios
La ejecución de la propuesta de losa genera ingreso a los sembradores de la caña brava, transportistas, vendedores de la misma y trabajadores del sector construcción.

9.1.3.2.Cultural

- **Costumbres**

Beneficios
Empleo de una alternativa accesible, renovable y ecológica, como es la caña brava y proponerla como sustituto del acero en losas macizas de techo de concreto; dado que la caña brava ha sido usada de varias formas de generación en generación en localidades rurales donde se encuentra a la mano este producto.

9.2.Análisis de equipos de protección personal

9.2.1. Ropa de trabajo

Según [29], la ropa de trabajo se utiliza en la fase de uso de juncos bravos en una propuesta de losa maciza, ya que será adecuada para el trabajo y el balneario. En las zonas lluviosas se proporcionará al trabajador un seto impermeable.

Para trabajos expuestos a riesgos existentes como consecuencia del flujo de vehículos o equipos y maquinaria, es necesario el uso de colores, materiales y otros elementos que resalten la presencia de la mano de obra y personal externo en la misma carretera, o en su proximidad. El propósito de este tipo de ropa de trabajo es marcar visualmente la presencia del usuario, durante el día o bajo la luz de los faros de un automóvil en la oscuridad.

Características fundamentales:

- Chaleco con cintas de material reflectivo.
- Camisa de mangas largas.
- Pantalón con tejido de alta densidad tipo jean, en su defecto podrá utilizarse mameluco de trabajo.
- En climas fríos se usará además una chompa, casaca o chaquetón.
- En épocas y/o zonas de lluvia, usarán sobre el uniforme un impermeable.
- El equipo será sustituido en el momento en que pierda sensiblemente las características visibles mínimas, por desgaste, suciedad, etc.
- Se proporcionarán dos juegos de uniforme de trabajo.

Figura 46. Ropa protectora.



Fuente: Google imágenes

9.2.2. Casco de seguridad

Estos serán usados en el proceso de elaboración y vaciado del concreto en la propuesta de losa maciza.

Según [29] afirma que “de preferencia los colores recomendados para cascos serán:

- Personal de línea de mando, color blanco.
- Jefes de grupo, color amarillo.
- Operarios, color rojo.
- Ayudantes, color anaranjado.
- Visitantes, color verde”

Figura 47. Casco de seguridad.



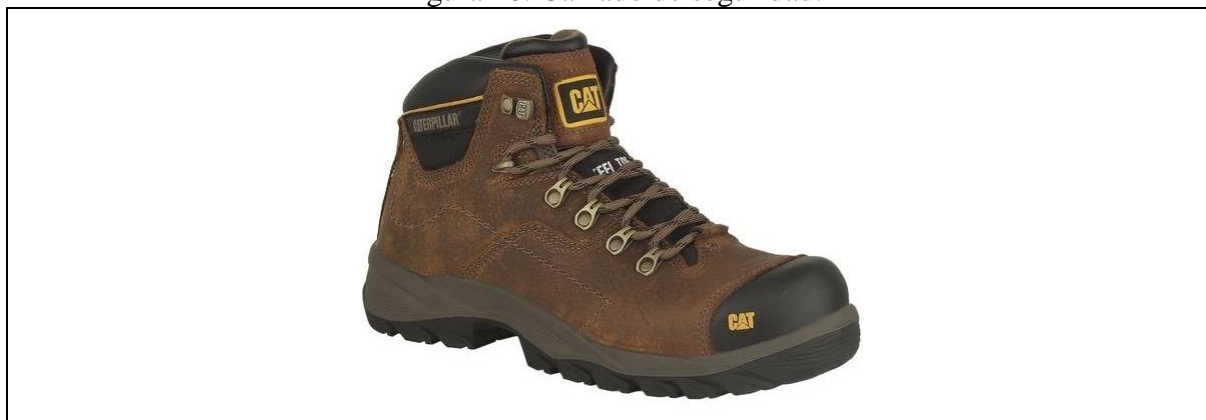
Fuente: Google imágenes

9.2.3. Calzado de seguridad

El calzado de seguridad se utiliza en el uso de caña brava en la propuesta de losas macizas, de material de cuero antideslizante, con punta de acero contra riesgos mecánicos, botas de acero

con puntero de acero al realizar trabajos en presencia de agua o soluciones químicas, botas dieléctricas sin punta de acero o con puntero reforzado (polímero 100% puro) cuando se realiza en caso de agua.

Figura 48. Calzado de seguridad.



Fuente: Google imágenes

9.2.4. Protectores de oídos

El equipo de protección auditiva se utiliza en el proceso de producción y el vaciado del concreto en la propuesta de losa maciza. Los tapones se caracterizan por ser elementos que se insertan en el tubo de escucha externo y permanecen en posición sin ningún dispositivo adhesivo específico. Se encuentran disponibles diferentes materiales, formas y tamaños, lo que facilita su selección, en función de los riesgos o características de la persona.

Figura 49. Protectores de oídos.



Fuente: Google imágenes

9.2.5. Lentes de seguridad

Las lentes de seguridad utilizadas para el procesamiento y vaciado del concreto deben proporcionar un cierre hermético en los ojos, evitando el contacto con el fluido, humo, vapor o gas emitido por los estabilizadores. Los materiales de fabricación son variados y se caracterizan porque sus bordes entran en contacto con la piel, lo que le confiere la impermeabilización necesaria.

Figura 50. Lentes de seguridad.



Fuente: Google imágenes

9.2.6. Mascarilla antipolvo

La máscara antipolvo se utiliza en lugares de trabajo donde la atmósfera está cargada de polvo, como es el caso de la elaboración de concreto para las propuestas de losas.

El uso de la propia mascarilla se limitará a la vida útil de la mascarilla, hasta que los poros que la componen se tapen. La mascarilla será reemplazada cuando no pueda mantener una frecuencia respiratoria regular. [29].

Figura 51. Mascarilla antipolvo.



Fuente: Google imágenes

9.2.7. Guantes de seguridad

Hay dos fases en este proyecto de investigación en las que será necesario el uso de guantes de seguridad, que se encuentran en la etapa de suministro de la caña brava y su uso en la propuesta de losas macizas. “Será obligatorio el uso de guantes en ambas fases para evitar lesiones como cortes u hojas”. [22].

Figura 52. Guantes de seguridad.



Fuente: Google imágenes

9.3. Programa de monitoreo ambiental

El Programa de Monitoreo Ambiental ayudará a verificar el cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas en los puntos anteriores.

Este programa se desarrolla con los equipos adecuados de acuerdo a la evaluación de factores negativos y a través de estas medidas se mide la calidad de vida óptima para la población que habita el área directa o indirecta. [22].

9.3.1. Suelo

Tabla 92. Factores de contaminación del suelo.

SUELO		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Operaciones que modifiquen la potencialidad de erosión del suelo (deforestación)	Variación del riesgo de erosión	Pérdida del suelo vegetal

Fuente: adaptado de [22, p. 136]

Tabla 93. Factores de medida del suelo.

SUELO			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Relieve	Subjetivo	Estimado	Reforestación
Carácter topográfico	Clasificación topográfica	Tipo de suelo	Mejoramiento de la estructura del suelo

Fuente: adaptado de [22, p. 137]

9.3.2. Atmósfera

Tabla 94. Focos de contaminación en la atmósfera.

ATMÓSFERA		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Vehículos automóviles	CO ₂	Contaminación de la atmósfera
Actividades de la construcción	Ruido	Perturbación de la tranquilidad habitual
	Polvo	Afectación de la visibilidad y provocación de enfermedades respiratorias
	CO ₂	Contaminación de la atmósfera

Fuente: adaptado de [22, p. 137].

Tabla 95. Factores contaminantes de la atmósfera.

ATMÓSFERA			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Calidad del aire	ICAIRE	%	Programa de control y vigilancia de la calidad del aire
Nivel de ruido	Nivel sonoro	dB(A)	Aislamiento acústico
Nivel de polvo	Concentración	mg/m ³	Programa de riego y trabajo en campo abierto

Fuente: adaptado de [22, p. 138].

9.3.3. Flora

Tabla 96. Focos de contaminación de la flora.

FLORA		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Explotación del suelo	Geomorfología	Deterioro del paisaje
Operaciones que modifiquen la potencialidad de erosión del suelo (deforestación)	Obras y actuaciones que destruyen la cubierta vegetal	Reducción de la cantidad de plantas

Fuente: adaptado de [22, p. 138].

Tabla 97. Factores de contaminación de la flora.

FLORA			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Especies amenazadas	Población ponderada afectada	Adimensional / %	Reforestación
Productividad	Rendimiento	Adimensional / %	Utilización racional de fertilizantes

Fuente: adaptado de [22, p. 138].

9.3.4. Fauna

Tabla 98. Focos de contaminación de la fauna.

FAUNA		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Pérdida de hábitat	Degradación del hábitat	Afectación del hábitat de las especies

Fuente: adaptado de [22, p. 139].

Tabla 99. Factores de contaminación de la fauna.

FAUNA			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Fragilidad	Índice de sensibilidad a los cambios	Adimensional	Protección de contaminación de agua y vegetación
Especies y población en general	Población afectada ponderada	%	Planes de protección de conservación de la fauna

Fuente: adaptado de [22, p. 139].

9.3.5. Paisaje

Tabla 100. Focos de contaminación del paisaje.

PAISAJE		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Operaciones que afectan la singularidad (Flora ejemplar)	Eliminación de vegetación	Destrucción de elementos naturales

Fuente: adaptado de [22, p. 140].

Tabla 101. Factores de contaminación del paisaje.

PAISAJE			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Calidad global directa y subjetiva del paisaje	Valor relativo del paisaje (directo)	Adimensional	Plantación de vegetación con formas parecidas al del paisaje para generar el menor impacto posible al hábitat

Fuente: adaptado de [22, p. 140].

9.3.6. Población

Tabla 102. Focos de contaminación de la población.

POBLACIÓN		
Focos de contaminación	Contaminantes	Efectos sobre el medio
Nivel de accidentes	Inseguridad en el trabajo	Efectos sobre la salud

Fuente: adaptado de [22, p. 140].

Tabla 103. Factores de contaminación de la población.

POBLACIÓN			
Factor impactado	Indicador	Unidad de medida	Medidas preventivas y correctoras
Salud	Relación entre el número de personas afectadas y existentes	%	Uso de EPP

Fuente: adaptado de [22, p. 141].

10. Conclusiones

- El área del proyecto de investigación estará en el distrito de Cayaltí, mostrando lo genuino que es esta área, este punto será fundamental en el EIA ya que identificará los aspectos que tienen una conexión directa y pueden afectar la flora, la vida silvestre, los recursos humanos o el entorno.
- Los impactos ambientales se han dividido en dos fases: abastecimiento de la caña brava y uso en la losa maciza propuesta. Se obtuvo un efecto positivo con una calificación de peso de 103 durante la fase de suministro de caña brava y una impresión positiva con una calificación de peso de 78 también se obtuvo en la fase de aplicación de la caña de brava en la propuesta de losa maciza.
- Los impactos positivos son: mejorar la calidad de vida del poblador, reducción del déficit de vivienda, generación de empleo directo e indirecto en las dos fases del proyecto y el impacto negativo es la deforestación que provocaría la comercialización de la caña brava, donde su medida de mitigación sería la reforestación con las mismas plantas o similares.
- El proyecto de investigación va a beneficiar al medio ambiente porque utiliza la caña brava como sustituto del acero, evitando las emisiones nocivas de CO₂ producidas por la fabricación del acero.