

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



**MEJORA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MANGO
FRESCO EN LA EMPRESA GANDULES INC. S.A.C.**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:
Ingeniero Industrial**

ALEJANDRA SAAVEDRA LATORRE

Chiclayo, 27 de Junio de 2013

MEJORA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE MANGO FRESCO EN LA EMPRESA GANDULES INC. S.A.C.

Por:

ALEJANDRA SAAVEDRA LATORRE

Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Jurado integrado por:

Ing. Oscar Vásquez Gervasi

PRESIDENTE

Ing. Evans Llontop Salcedo

SECRETARIO

Ing. Sonia Salazar Zegarra

ASESOR

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación, lleva por título: Mejora de la línea de producción de mango fresco en la empresa Gandules Inc. S.A.C., y está orientado principalmente a la mejora de la productividad del proceso mediante la eliminación de las actividades que no generan valor al producto para poder resolver de esta manera los problemas de producción, almacenes provisionales y elevado descarte de la fruta. Para ello se han aplicado los conocimientos adquiridos en el transcurso de mi carrera, por lo cual estoy seguro que serán de gran utilidad para mi desarrollo como profesional.

El autor

RESUMEN

Debido a diversos problemas observados en el proceso de producción de mango Kent fresco para exportación en la agroindustria GANDULES INC. S.A.C., ubicada en Jayanca (Antigua Panamericana Norte Km. 43,5), se planteó mejorar esta línea de producción a través de la identificación y análisis de los problemas existentes, para luego determinar las causas que los originaron. Posteriormente, se procedió a determinar los métodos más adecuados para solucionar dichos problemas y a partir de estos se elaboró una propuesta de mejora. Por último se realizó la cuantificación de los beneficios de dicha propuesta.

Para poder llevar a cabo los objetivos planteados se realizó un diagnóstico, el cual arrojó la existencia de operaciones que no agregaban valor al producto como: transporte innecesario, desperdicios de procesamiento incorrecto y retrabajo. Luego del análisis de dicha situación se procedió a establecer el estado ideal del proceso mediante la estandarización de los tiempos, el ajuste del ritmo de producción al Takt Time y la reorganización del layout de la planta. Todo esto se reflejó en mapas de flujo de valor, que permitieron tener una visualización global de del proceso estudiado.

Luego del desarrollo del estado ideal, se llegó a la conclusión de que a través de la eliminación de los transportes innecesarios, la redistribución y capacitación del personal de acuerdo a las necesidades en la línea de producción, la eliminación de los almacenes provisionales de materia prima y de producto terminado, y el ajuste del ritmo de producción a la demanda se logra: reducir el tiempo de ciclo total de 30,07 minutos a 24,12 minutos y en consecuencia incrementar la productividad del proceso, respecto de la mano de obra y tiempo utilizados, en 0,5 pallet por hora. Esto se tradujo en un incremento promedio de los ingresos del 7% respecto del total de los ingresos anuales de los próximos 5 años.

Palabras clave: Mango Kent, desperdicio, estandarización del trabajo, Takt Time, productividad.

ABSTRACT

Due to the different problems in the mango Kent production, in the agroindustry GANDULES INC. S.A.C., located in Jayanca (Old north Pan-American Km. 43,5), it was established better the line production through the identification and analysis of the existing problems to identify the causes that started it. After that, it was determine which methods were necessary to solve the problems and since here were made a purpose to better the line production. Finally, it was made a quantification of the economic benefits of this purpose.

To develop the objectives established, it was made a diagnosis. This, throw the existing of activities that didn't were increasing the value of the product, like unnecessary transports, wastes of incorrect process and rework. At the end of the analysis of this situation it was established an ideal process through the standardization of every process time along the line production, the adjusting of rhythm production to the Takt Time and the reorganization of the layout. All these were raised in value stream maps, which able us to have a global view of the studied process.

Finally our conclusion is that trough the elimination of unnecessary transports, the redistribution and training of workers in agreement to the necessities at the line production and the elimination of the provisional stocks of raw material and finished product, and the adjust of the production rhythm to the demand, it's possible to achieve: the reduction of the total cycle time from 30, 07 minutes to 24, 12 minutes and in consequence rises the productivity, in respect of the manpower and used time, in 0, 5 pallet more by hour. This means an approximately increase of the ingress in 7% in respect of the total average annual ingress from the next five years.

Keywords: Kent mango, waste, work standardization, Takt Time, productivity.

ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
I. INTRODUCCIÓN	8
II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.2.1. Descripción del mango	10
2.2.2 Producción de mango	12
2.2.3 Normas estándar para exportación de mango.....	13
2.2.4 Proceso post-cosecha teórico del mango	14
2.2.4.1. Recepción	14
2.2.4.2. Selección y clasificación	15
2.2.4.3. Calibrado	15
2.2.4.4. Tratamiento de desinfección.....	15
2.2.4.5. Encerado y empaçado.....	15
2.2.4.6. Pre-enfriamiento y almacenado en frío	16
2.3. Producción e indicadores.....	16
2.4. Estudio del trabajo	18
2.4.1. Estudio de tiempos.....	19
2.5. Definición y bases de un sistema de producción esbelta.....	19
2.5.1. Técnicas que permiten la implantación de un sistema de producción esbelta.....	21
2.5.1.1. Implantación de flexibilidad al volumen de producción	21
III. RESULTADOS	24
3.1. Estudio de mercado	24
3.1.1. Objetivo del estudio de mercado	24
3.1.2. Descripción del producto.....	24
3.1.3. Zona de influencia del proyecto	25
3.1.4. Análisis de la demanda	25
3.1.5. Análisis de la oferta	28
3.1.6. Balance oferta-demanda	29
3.2. Materias primas y suministros	31
3.3. Ingeniería y tecnología	32
3.3.1. Proceso global.....	32
3.3.2. Programa de producción y capacidad de planta	38
IV. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS	41

4.1. Problemas de producción.....	41
4.2. Causas posibles.....	47
V. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	48
5.1. Propuesta de mejora.....	48
5.2. Nuevos indicadores de producción y productividad.....	56
VI. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	60
VII. CONCLUSIONES	65
VIII. SUGERENCIAS.....	66
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
X. ANEXOS	69
ANEXO 1: CONSTANCIA DE TOMA DE DATOS DE PRODUCCIÓN EN GANDULES INC. S.A.C.	69
ANEXO 2: DATOS DE ENTRADA Y PRODUCCIÓN	70
ANEXO 3: ESTUDIO DE TIEMPOS.....	71
ANEXO 4: CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE TRABAJADORES	82
ANEXO 5: TABLAS DE RESUMEN DEL CÁLCULO DE TIEMPOS ESTÁNDAR	84

I. INTRODUCCIÓN

GANDULES INC S.A.C., ubicada en Jayanca (Antigua Panamericana Norte Km. 43,5), se desenvuelve en el sector agrícola-agroindustrial desde el año 2002. Desde sus inicios se dedicó al procesamiento de legumbres, frutas y verduras para la producción de conservas de ají, pimiento y espárrago; además de productos frescos y congelados de diferentes frutas como el mango, la uva y la palta, de acuerdo a sus respectivas estaciones, para su exportación a Europa.

El presente trabajo está enmarcado en la planta de frescos de GANDULES INC S.A.C., que durante el periodo Diciembre-Marzo procesa mango. Se tomó este proceso por la sensibilidad del procesamiento de mango, a causa de la elevada merma en el proceso y la estacionalidad de su producción, la cual va desde mediados de diciembre hasta comienzos de abril en el mejor de los casos, ya que mayormente la campaña finaliza en marzo.

Para que el mango sea exportable debe cumplir con requisitos mínimos que exige el CODEX¹ PARA EL MANGO (CODEX STAN 184-1993). Los requisitos más importantes son los siguientes: el mango debe estar entero y limpio, exento de daño por plagas, sin manchas, ni estrías, o magulladuras. Además el mango debe tener consistencia firme, aspecto fresco y un pedúnculo de longitud no mayor a 1 cm.

En la agroindustria estudiada, la selección del mango es manual y se realiza en dos momentos a lo largo del proceso: en la etapa de selección y en la etapa de empaclado. En ambas etapas el mango es descartado cuando tiene manchas de daño causado por plagas, manchas de látex, manchas por humedad, quemaduras, cicatrices, elevado grado de madurez o el pedúnculo roto.

En la primera selección se descarta, el 10% de las toneladas ingresadas por cada lote. En la segunda selección, que es realizada en las fajas de empaclado, se descarta aproximadamente el 7% de las toneladas que ingresan a sus líneas, haciendo un total aproximado de descarte de entre 17 a 20% a lo largo del procesamiento del mango. Esto se traduce en una pérdida, y disminución de la productividad.

Dada esta problemática se planteó mejorar la productividad de la línea de producción de mango fresco en la empresa Gandules Inc. S.A.C., para lo cual se comenzó por identificar y analizar los problemas existentes en la línea de producción. Luego se procedió a identificar las causas de dichos problemas, para después determinar qué métodos de mejora son los más adecuados para la solución del problema. Por último, se realizó la cuantificación de los beneficios de la propuesta de mejora.

La metodología a utilizar se divide en dos partes: La primera es el diagnóstico de la situación actual de la empresa, y la segunda es la elaboración de una propuesta de mejora en la que se cuantificarán los beneficios de la misma. El diagnóstico se realizará según los principios del Lean Manufacturing, teniendo como pilar la eliminación de desperdicios.

¹ Comisión creada en 1963 por la FAO y la OMS con el objetivo de emitir un conjunto de normas y reglamentos que protejan la salud de los consumidores y asegurar prácticas de comercio claras.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes del problema

La eficiencia económica y la productividad en el procesamiento de mango fresco es un tema que siempre preocupa a los agricultores y exportadores. Dado el hecho sensible de la estacionalidad (diciembre-marzo) y la merma de esta producción, es necesario optimizar todos los procesos. Al respecto JCM Consulting Technologies (2009), demostró que implementando procesos de fabricación Lean en pequeñas y medianas empresas agrícolas se logra incrementar la eficiencia y reducir los desperdicios. La implementación Lean se llevó a cabo de acuerdo a un programa que inició con la realización del mapa del sitio (representación física del espacio disponible), para luego diseñar el mapa de la cadena de valor (diseño del estado actual del proceso y/o producto con los datos actuales), y el mapa de procesos (representación de la secuencia de pasos que constituyen un proceso). Una vez determinado el estado actual de la empresa, finalizó su programa con el diseño del mapa de estado futuro (donde se representa el estado futuro del proceso utilizando los principios de manufactura esbelta).

En la misma línea, Hines (2008), aplicó la teoría del sistema esbelto de la administración del ciclo de vida del producto, para desarrollar un nuevo producto. Primero realizó un diagnóstico, utilizando diagramas de flujo, diagramas de Pareto y mapas de flujo de valor (VSM²). Teniendo graficada la situación del proceso actual, pasó a construir el mapa de estado futuro. Otras acciones trascendentes que llevó a cabo fueron la integración del proceso, en vez de trabajar en una serie de departamentos diferenciados; la clasificación de los productos en derivados (requerían menor modificación) y especiales (requerían mayor trabajo de diseño); y la categorización las partes necesarias para los productos en A, B, C y D con el fin de priorizar las órdenes de trabajo. Los resultados obtenidos por este trabajo en el primer año fueron asombrosos, pues los tiempos líderes bajaron de 9 semanas a 4, para los productos derivados, y de 16 semanas a 7, para los productos especiales. A esto se le sumó la exactitud de entrega y una mejor comunicación y programación en las actividades.

Lariviere (2010), de forma similar abordó la implementación de un programa Lean en una empresa de servicios que brinda soluciones de almacenaje y ambientes de trabajo para negocios e industrias. El primer paso que llevó a cabo fue el diseño del VSM, luego de lo cual utilizó órdenes Kanban³. Así mejoró el flujo de material y el flujo de proceso, reduciendo el tiempo de entrega de más de dos semanas a 2-4 días para los productos más populares. Otra herramienta del Lean Manufacturing que fue utilizada es 5S⁴, principios que promovieron la decisión de reubicar los centros de trabajo más cerca unos de otros, mejorando la flexibilidad en el proceso. Además, fue eliminado el transporte en el proceso y se redujo el inventario a más del 35%, minimizándose el requerimiento de espacio. Cabe resaltar que el programa lean fue implementado en toda la línea de producción, incluyendo procesos de apoyo, como el mantenimiento de los

² Value Stream Map es una herramienta de gestión visual que permite representar la situación actual y futura de un sistema productivo a convertir en una implantación lean.

³ Kanban es una herramienta que mediante el uso de tarjetas permite controlar la información y regular el transporte de materiales entre los procesos de producción.

⁴ 5S es un programa que permite acondicionar los procesos para la transición a una implantación lean. Consiste en 5 actividades: Seiri (ORGANIZACIÓN), Seiton (ORDEN), Seiso (LIMPIEZA), Seiketsu (ESTANDARIZACIÓN), y Shitsuke (DISCIPLINA).

equipos.

Por otro lado, Cudney (2010), utilizó principios de producción esbelta en conjunto con la metodología six-sigma DMIC (diseño, medida, análisis, mejoramiento, y control) para ajustar los requerimientos de los clientes respecto de la producción de tubos usados para manufacturar ejes motrices. El objetivo principal de su trabajo fue reducir los defectos en la calidad del producto, pero obtuvo como resultados muchos otros beneficios, entre los que resaltan el incremento de la producción en 72%, la reducción de defectos en un 43%, la reducción del costo de labor en 33%, el incremento de la utilización de la máquina a más del 50%, la entrega de pedidos a tiempo preciso, la flexibilización de la línea de producción, el establecimiento de una mejor retroalimentación y el mantenimiento de pequeño inventario de producto terminado.

Finalmente, Weber (2009), refiere que la aplicación de una estrategia correcta a una única operación es una de las mejores inversiones que las manufactureras pueden hacer. Además, afirma que crear múltiples cadenas de células de trabajo, más pequeñas y focalizadas provee mejores resultados, porque las células y líneas pequeñas reducen la variación de la demanda y los inventarios de proceso y de producto terminado.

Expuestos los aportes de estos antecedentes, se ha creído conveniente tomar en cuenta para el presente trabajo la realización de un mapa del sitio de la planta de frescos de Gandules Inc. S.A.C., además del diseño de un mapa de procesos y un diagrama de flujo. Todo esto para tener una noción clara de la situación real de la planta de frescos y los procesos productivos realizados en ella durante la campaña de mango, lo cual se visualizará de forma resumida en un VSM (Mapa de Flujo de valor).

Una vez elaborado el diagnóstico global de la línea de procesamiento de mango fresco, se procederá a elaborar una propuesta de mejora donde además de detallarse las técnicas que aplican a la situación estudiada, se cuantificará el beneficio que conllevaría la implementación de las mismas. Esta propuesta y sus beneficios se podrán visualizar de forma detallada en un VSF (Mapa de valor futuro).

2.1 El mango

2.2.1. Descripción del mango

Los mangos son frutos del árbol también llamado mango, cuyo nombre científico es *Mangifera Indica*, el cual puede crecer entre 10 y 30 metros de altura. Una planta de mango puede tener un rendimiento promedio de 1000 unidades por año. (Panizo 2004)

En nuestro país se cultiva mango de forma masiva en la zona norte, dado que existen condiciones climáticas favorables para el desarrollo de esta planta. Los principales valles productores son Casma, Olmos, Motupe, Chira, Alto Piura, y San Lorenzo; en este último se encuentra el 76,37% de la superficie cultivada en Piura. (ADEX 2009)

Existen más de 150 variedades de mango en el mundo, pero son pocas las variedades que son bien aceptadas en el mercado europeo, siendo las variedades que mayormente se cultivan para exportación Kent, Keitt, Haden, y Tommy Atkins. A continuación, en la tabla n°1, se podrán apreciar las características más relevantes de estas variedades.

Tabla n°1: Variedades de mango de mayor exportación

Características	Variedad			
	Kent	Keitt	Tommy Atkins	Haden
Recolección	media	tardía	tardía	Media
Color de piel	rojo-amarillo	rosado	rojo intenso	rojo-amarillo
Color en madurez	chapa roja	rosado	rojo intenso	chapa roja
Sabor	agradable	dulce	baja aceptación	agradable
Pulpa	sin fibra	sin fibra	fibrosa	firme
Tamaño	grande	mediano grande	grande	mediano grande
Peso (g)	500-800	600	600	380-700
Rendimiento (Ton/ha)	13	18	15	

Fuente: (Agrobanco 2007)

Las variedades de mango más apreciadas por el mercado europeo son Kent, Keitt y Haden, debido a su sabor, aroma y textura agradables. Mientras que la variedad Tommy Atkins, a pesar de ser resistente a daños mecánicos y gozar de un mayor periodo de conservación, no es tan aceptado debido a la fibrosidad de su pulpa y a su sabor. (Agrobanco 2007). En cambio, para el mercado norteamericano, esta variedad es mejor apreciada debido a su tamaño y llamativo color rojo intenso. (Panizo 2004)

Por otro lado, el mango es un producto complicado desde el punto de vista comercial, debido primordialmente a su estacionalidad. El periodo de cosecha de mango en nuestro país se produce de diciembre a abril, lo cual le ofrece una ventaja importante respecto de otros países exportadores de mango porque nuestra exportación logra ingresar en la ventana Noviembre-Febrero que es la de precios más altos debido a que en esta temporada la oferta disminuye. El período de mayor oferta es la ventana Abril-Setiembre, y en ésta los precios bajan a pesar que la demanda de Europa, Estados Unidos, Japón y otros países se incrementa (Ver tabla n°2). (Panizo 2004)

Tabla n°2: Época de producción de los principales países exportadores de mango

País	Meses											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Brasil	X	X						X	X	X	X	X
E.E.U.U.	X							X	X	X	X	X
Costa de Marfil				X	X	X						
Israel								X	X	X		
México				X	X	X	X	X	X	X		
África del sur	X	X	X	X								
Pakistán					X	X	X					
Venezuela			X	X	X	X	X	X				
Perú	X	X	X	X								X
Costa Rica			X	X	X	X						
Ecuador	X										X	X

Fuente: (Panizo 2004)

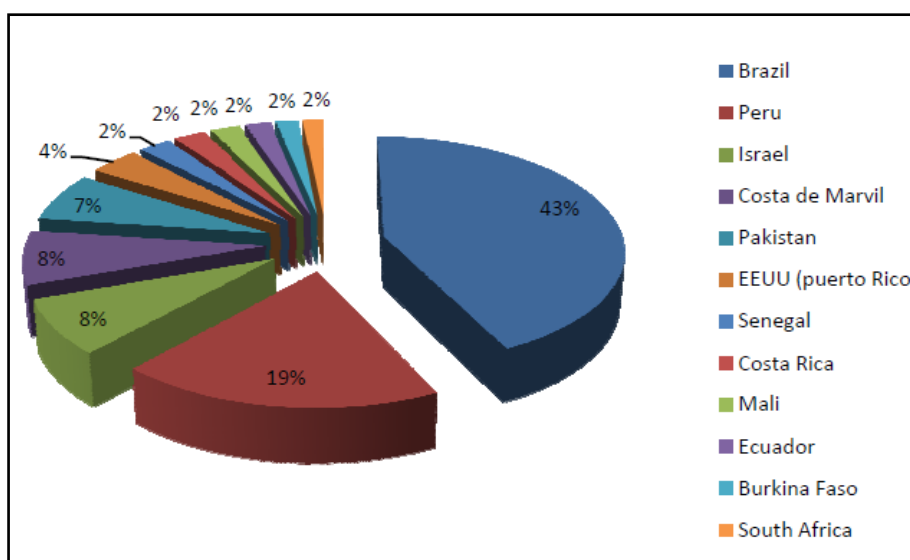
2.2.2 Producción de mango

En la campaña 2009-2010 se alcanzó una producción de 24 millones 892 mil 468 cajas de 4,1 Kg, lo cual equivale a 102000 Ton de mango fresco, mientras que para la campaña 2010-2011 se produjo 250000 Ton.

Las principales empresas exportadoras de la campaña 2009-2010 de mango fueron SUNSHINE EXPORT, CAMPOSOL, FLP DEL PERÚ, y EMPAFRUT. Mientras que los principales importadores fueron FRESKA PRODUCE, DAVID OPPENHEIMER, NATURES PRIDE, Y GLOBAL PRODUCERS. Cabe destacar que del total de importadores de mango fresco, el 64% son europeos. (Paredes 2010)

Los principales destinos de la exportación durante ese periodo fueron: Holanda (47,9%), Estados Unidos (34,8%), Inglaterra (5,6%), y España (4,2%). Mientras que el principal origen del mango fresco en el mercado mundial fue Brasil, con el 43% (Ver gráfico n°1). (Lieferring 2009)

Gráfico n°1: Países de origen del mango fresco importado por el mercado europeo



Fuente: (Lieferring 2009)

En la campaña 2008-2009, los productores percibieron entre US\$ 0,60 y US\$ 1,00 por kilogramo de mango, cifra que se ha reducido a la mitad, pues para la campaña 2009-2010 obtuvieron entre US\$ 0,30 y US\$ 0,40 por kg. Mientras que en la última campaña 2010-2011 el precio promedio fue de US\$ 0,5 por kilogramo. En contraste, el precio FOB⁵ promedio del 2008 por caja de 4Kg fue de US\$ 2,87. (Ver Tabla n°3)

⁵ Free on Board. Abreviatura utilizada en contrato de ventas internacionales, cuando las importaciones son valuadas en un punto designado sin incluir costos de transporte o seguro.

Tabla n°3: Destino y precio FOB promedio de exportaciones de mango

Destino y precio de exportaciones de mango	
País	Precio FOB promedio(*)
Francia	5,14
Bélgica	3,32
Inglaterra	3,24
Indonesia	3,23
Holanda	2,97
España	2,96
Nueva Zelanda	2,80
Canadá	2,53
E.E.U.U.	2,53
Otros	3,67
Promedio	2,87

* Por caja de 4Kg.

Fuente: (PROMPERU 2008)

2.2.3 Normas estándar para exportación de mango

Para la exportación de mango fresco, los frutos deben cumplir con la norma del CODEX STAN 184 del CODEX ALIMENTARIUS, la cual es una comisión que fue creada en 1963 por la FAO y la OMS, con el objetivo de emitir un conjunto de normas y reglamentos alimentarios para la protección de la salud de los consumidores, asegurar prácticas de comercio claras y promover la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones.

El CODEX STAN 184 (Ver resumen de normas en tabla n°4) se aplica a las variedades comerciales de mangos obtenidos de *Mangifera Indica*, que habrán de suministrarse frescos al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Esta norma excluye a los mangos destinados a la elaboración de cualquier producto industrial.

Tabla n°4: Resumen de las normas del CODEX para el mango

CODEX STAN 184	
Apartado 1: Calidad	Enteros, exentos de daños por plagas, manchas y magulladuras. Aspecto fresco y consistencia firme.
Apartado 2: Clasificación	Categoría extra (calidad superior), categoría I (buena calidad, con leves defectos), categoría II (satisfacen los requisitos mínimos y que pueden tener defectos de forma del fruto y en la cáscara)
Apartado 3: Calibre	A (200-350 g), B (351-550 g), C (551-800 g).
Apartado 4: Tolerancia	Tolerancias a tomar en cuenta respecto de la clasificación por categorías y calibres.
Apartado 5: Presentación	Código Internacional de Prácticas de Recomendado para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 44-1995)
Apartado 6: Etiquetado	Norma General del CODEX para el Etiquetado de Alimentos Pre-ensados (CODEX STAND 1-1985)
Apartado 7: Contaminantes	Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995).
Apartado 8: Higiene	Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969) y del Código de Prácticas de Higiene para Frutas y Hortalizas Frescas (CAC/RCP 53-2003).

Fuente: (CODEX STAN 184 2005)

2.2.4 Proceso post-cosecha teórico del mango

2.2.4.1. Recepción

Al llegar la fruta a la planta empacadora debe recortarse el pedúnculo⁶ reduciéndolo a más o menos 5 mm. Se practica tanto en la descarga en seco como en la descarga en agua.

En el caso de descarga en seco, la fruta se deposita manualmente sobre la cinta transportadora recortando a su vez el pedúnculo. Sobre esa cinta se efectúa un proceso de pre-selección eliminando la fruta visiblemente dañada por golpes o plagas, pequeñas ramas y trozos de pedicelo, para después pasar a través de un túnel de lavado por agua a presión durante 20 minutos.

En el caso de la descarga en agua, se reduce el impacto mecánico con respecto de la descarga en seco, pero dado el riesgo de rápida acumulación de esporas y otros microorganismos, es conveniente dotar a los tanques de bombas de recirculación y agitación de agua. (Galán 1999)

En cuanto al lavado de la fruta, el empleo de chorros de agua en vez de inmersión, resuelve muchos problemas como absorbimiento de agua, reducción de vida en almacén, aumento de la incidencia de pudrición (debido a lesiones abiertas en la superficie de la fruta), entre otros. (Pantastico 1979)

⁶ Es la rama responsable de la sustentación del fruto y de la conducción de savia hacia el mismo.

2.2.4.2. Selección y clasificación

En la selección deben separarse los frutos sanos y con buena presentación (destinados al mercado de fruta fresca), de los defectuosos (que son desechados y denominados “mangos de descarte”) Esta actividad se realiza manualmente por operarios ubicados a lo largo de la cinta transportadora por la cual el mango es sometido a un proceso de rotación que le permite mostrar todas sus caras. La velocidad media de la cinta transportadora ronda los 3m/min. (Galán 1999)

2.2.4.3. Calibrado

En esta etapa se separan los frutos en tres grupos según su peso: mangos menores a 500g, entre 500 y 700g, y mayores de 700g. Para esto se utilizan tamices o rodillos con diferentes separaciones y charolas o bandas eléctricas para clasificar por peso. (Galán 1999)

2.2.4.4. Tratamiento de desinfección

Países como Estados Unidos, Japón, China y Nueva Zelanda exigen la aplicación de un tratamiento hidrotérmico para el control de la mosca de la fruta como requisito indispensable para permitir el comercio. Actualmente, algunos de estos países ya han aprobado como alternativa un tratamiento por vapor caliente y radiación.

El tratamiento hidrotérmico, aprobado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y el Servicio de inspección para las enfermedades de los animales y plantas (APHIS), consiste en sumergir el mango, ordenado en jabs y bloques, en tanques con agua a 46°C que circula al interior de los mismos durante un periodo de tiempo establecido según el peso de la fruta. Los mangos de 500-700g son tratados por 90 minutos, los de 375-500g por 75 minutos, y los menores o iguales a 375g por 65 minutos.

La muerte de la larva de la mosca de la fruta se produce cuando se alcanza los 35°C (113°F) en la pulpa. La larva colapsa por coagulación de sus proteínas y ésta es de carácter irreversible. Esto sucede entre los 45 y 55 minutos de iniciado el tratamiento.

Luego el mango pasa a ser enfriado a 21°C durante los 30 primeros minutos posteriores al tratamiento hidrotérmico. El enfriamiento se realiza con una mezcla de agua limpia y cloro (150ppm de cloro residual libre⁷), para evitar la presencia de microorganismos. (Galán 1999).

2.2.4.5. Encerado y empacado

El encerado artificial de la fruta se realiza con dos objetivos: impedir condiciones anaeróbicas dentro del fruto y realzar el brillo natural del fruto (otorgado por una capa de cera natural que se remueve parcialmente en el lavado). El método más eficiente para aplicar la cera en la superficie de los frutos es la aplicación con cepillos. En este método, se coloca la emulsión cera-agua en un cepillo aplicador montado sobre el transportador de rodillos, y es distribuida sobre el cepillo por medio de un brazo viajero,

⁷ Cloro residual libre es la cantidad de cloro en el agua en forma de ácido hipocloroso (forma activa del cloro, el cual le da el poder desinfectante).

con el cual se puede controlar el flujo de la cera. Se recomienda mantener el cepillo a la velocidad mínima para evitar daños a los frutos (Pantastico 1979).

El empaqueo se realiza en cajas de 4Kg, abiertas en su parte superior, con una sola capa de frutas. El número de mangos por caja varía de acuerdo al calibre del mango. Los mangos se colocan sin envoltura protectora para facilitar la aireación y asegurar un rápido enfriamiento. A veces se emplean mallas para cubrir las cajas, puesto que éstas permiten la inspección ocular y la circulación del aire.

Se debe tomar en cuenta los siguientes detalles para una mejor trazabilidad: la totalidad de los frutos de una caja deben ser del mismo cultivo, y el etiquetado debe gozar de un buen diseño y debe contener la información completa exigida (Galán 1999).

2.2.4.6. Pre-enfriamiento y almacenado en frío

El pre-enfriamiento se realiza en túneles que trabajan con un compresor, el cual descarga flujos de aire frío a una temperatura de 9°C. Aquí, el producto recibe un golpe de frío, pasando de 27 °C (temperatura a la cual sale del área de empaque) a 8 ó 9°C, y permanece 8 horas en túnel. Cuando no hay aire forzado toma más de 18 horas bajar la temperatura de la pulpa del mango en cuartos fríos.

El almacenado en frío se realiza para retrasar la maduración y se lleva a cabo en cámaras con una humedad relativa⁸ de 90-95% y con una temperatura de 7-9°C, para mangos maduros, y de 10-15°C, para mangos verdes. En estas condiciones se puede lograr conservar la fruta de 2 a 4 semanas, mientras es embarcada (Galán 1999).

2.3. Producción e indicadores

La producción es la aplicación del ingenio y trabajo del hombre para agregarle valor a un bien y obtener productos y/o servicios aptos para satisfacer las propias necesidades. La producción no solamente comprende la transformación intrínseca de los bienes sino también todo lo que facilita su utilización referente a tiempo y espacio, por lo tanto incluye también el almacenamiento, la distribución en las cantidades solicitadas y el transporte. Los factores originales de la producción, considerados irreductibles o de último orden son la naturaleza, el trabajo, y el capital.

La producción se desarrolla dentro de un sistema productivo, el cual inicia al formularse un objetivo y elegir el producto que se comercializará. El producto exige un procedimiento específico, y éste debe ser el más económico posible, teniendo en cuenta la capacidad del sistema, la ubicación elegida para la empresa, el arreglo de las instalaciones locales, y la manutención de los materiales. Para que un sistema productivo evolucione es preciso que su desarrollo camine a la par de la investigación (Rojas 1996).

Algunos indicadores importantes de la producción son:

⁸ Humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura.

A) Producción (P): cantidad de artículos fabricados en un período de tiempo determinado.

$$P = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Ciclo}}$$

B) Productividad (p): es la medida del rendimiento de los factores empleados en la producción.

$$P = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Cantidad de recurso empleado}}$$

El aumento de la producción no significa aumento de la productividad. La productividad implica una producción más económica y con mayores beneficios. Este aumento se puede lograr de dos formas: 1) producción igual con menor cuantía de recursos, o 2) mayor producción con igual cuantía de recursos.

La productividad en una empresa se puede ver afectada por:

- a) Factores internos: materiales, energía, máquinas, recursos humanos, y capital.
- b) Factores externos: disponibilidad de materia prima y mano de obra calificada, disponibilidad de capital, y medidas de ajuste aplicadas a la economía o ciertos sectores por el gobierno.

C) Eficiencia (Ef): relación aritmética entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima, o insumos empleados.

$$Ef(\text{física}) = \frac{\text{Salida útil de M.P.}}{\text{Entrada de M.P.}} = \frac{\text{Peso de P.T.}}{\text{Peso de M.P.}}$$

$$Ef(\text{física}) = \frac{\text{Ventas (ingresos)}}{\text{Costos (inversiones)}}$$

Los tipos de eficiencia son:

- Eficiencia aparente vs verdadera: La eficiencia aparente sucede cuando se incrementa la producción del producto “X” de “A” a “B”, pero la demanda de “X” sigue estable, demandando siempre A unidades. La eficiencia verdadera sucede cuando se produce el producto “X” con menos recursos.

- Eficiencia local vs total: la eficiencia local es aquella que se da en un solo punto del proceso, mientras que la eficiencia total es la que se da en todo el proceso. A ésta última es importante tenerla como un medible.

Para mejorar la producción es necesario planificar el proceso productivo, fijar los métodos de trabajo, medir los tiempos de producción y controlar los costos. La planificación y control de la producción es una técnica que tiene por objeto planear, prever y coordinar las funciones de la empresa que están directamente relacionadas con la producción y los tres recursos básicos: hombre, máquinas y materiales (Rojas 1996).

2.4. Estudio del trabajo

Para realizar un estudio del trabajo es preciso realizar primero un muestreo del trabajo. El muestreo del trabajo consiste en observar suficientes empleados, las veces suficientes para reunir las muestras necesarias para obtener la exactitud y la confianza previstas en el estudio. La observación del operador debe hacerse a primera vista y en momentos elegidos al azar.

El muestreo se basa en la teoría de que una muestra aleatoria tiende a exhibir las mismas características de toda la población. Para un correcto muestreo es necesario tomar en cuenta exactitud en la toma de datos, elegir el nivel de confianza adecuado y realizar una toma de datos aleatoria.

La exactitud mide que tan cerca está nuestra razón de la razón real de un elemento, y permite establecer rangos y tolerancias en la toma de datos para así determinar qué datos son aceptables y cuales están fuera.

El nivel de confianza se refiere a, que tanta seguridad se exige en el muestreo del trabajo. Cuantas más observaciones se realicen diariamente, las razones se vuelven más uniformes y aumenta la confianza. Un nivel de confianza del 95% indica que las razones son exactas el 95% de las veces, y que el 5% restante es impreciso por exceso o por defecto.

La muestra es el número de observaciones requeridas para alcanzar la exactitud y confianza que deseamos. Ésta se determina con una combinación de exactitud, confianza y porcentaje de elementos. En la tabla n°5 se aprecian los niveles de confianza y su correspondiente valor Z, el cual es el número de desviaciones estándar requeridas para cada nivel de confianza (Meyers 2000).

Tabla n°5: Nivel de confianza

Nivel de confianza	99,7 %	99%	98%	96%	95,45%	95%	90%	80%	68%	50%
Z	3,00	2,58	2,33	2,05	2,00	1,96	1,645	1,28	1,00	0,6745

Fuente: (Meyers 2000)

Entonces para hallar el número de observaciones a realizar se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \frac{z^2(1 - \rho)}{PA^2}$$

Dónde:

N = número de observaciones necesarias

Z = número de desviación estándar requerida para cada nivel de confianza

ρ = porcentaje del tiempo total en que los empleados ejecutan un elemento del trabajo.

P = porcentaje elemental.

A = exactitud deseada.

2.4.1. Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo (Ver tabla n°6) correspondientes a los elementos de una tarea definida realizada en determinadas condiciones. Para este tipo de estudio se requiere un cronómetro, un tablero de observaciones y formularios de estudio de tiempos. En cuanto al cronómetro, este puede ser electrónico o mecánico y en cuanto a los formularios para la toma de datos se tienen la hoja de estudio de tiempos y el formulario para ciclo breve.

Para el trabajo de los tiempos registrados se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Tiempo observado} * \text{Ritmo registrado}}{\text{Ritmo tipo}}$$

Los ritmos establecidos son:

Tabla n°6: Valorización del trabajo según norma británica

Valorización del ritmo de trabajo	
0	Actividad nula
50	Muy lento
75	Constante
100	Activo
125	Muy rápido
150	Excepcionalmente rápido

Fuente: Kanawaty, 2006

2.5. Definición y bases de un sistema de producción esbelta

El sistema de Producción Esbelta es un conjunto de actividades diseñadas para lograr la producción utilizando inventarios mínimos, tanto de materia prima como de trabajo en proceso y producto terminado. Nace del concepto de producción JIT (ideado por Toyota en Japón), que se enfoca en sistemas basados en empujar la demanda, lo cual requiere altos niveles de calidad en cada etapa del proceso de producción, fuertes relaciones con los proveedores y una demanda predecible del producto final.

Un diseño Esbelto se basa en la implantación de un flujo de producto en proceso único que avance de manera regular y constante. El flujo se debe generar a partir de una orden de producción, basada en la demanda real del producto, que será enviada a un único punto del proceso (denominado *Pacemaker*⁹, porque será el que determine el ritmo de producción) según la programación que se realice. Además, se basa en la “eliminación de la mayor cantidad posible de desperdicios (actividades que no aporten el valor solicitado por el cliente al producto), movimientos innecesarios, pasos de producción que no hacen falta y exceso de inventarios en la cadena” (Chase, et all. 2009). Todo esto se puede conseguir estandarizando los procesos tomando como partida las tareas que generan valor añadido al producto, las cuales deben ser distribuidas en los puestos de trabajo de forma balanceada y flexible. Balanceada, porque es necesario distribuir la carga de trabajo en los puestos de trabajo, y flexible porque las tareas y su distribución deberán poder alterarse cuando sea necesario (Cuatrecasas, 2009).

Existen 7 desperdicios que no añaden valor al proceso de manufactura, identificados por

⁹ Pacemaker es la etapa del proceso que determina el ritmo de producción.

Toyota. Son los siguientes:

- a) Sobreproducción: cuando se producen artículos sin que hayan sido ordenados, lo cual se traduce en incremento de inventarios y el costo de mantenerlo.
- b) Espera: es inaceptable que los operarios esperen por la materia prima, insumos, herramientas, máquinas trabajando, etc.
- c) Transporte innecesario: traslados innecesarios de la materia prima o productos en proceso. Puede originar un retrabajo.
- d) Sobreprocesamiento o Procesamiento incorrecto: cuando no se tienen claras las especificaciones del cliente respecto del producto, provocando que se realicen procesos redundantes.
- e) Inventarios: ya sea de materia prima, producto en proceso o producto terminado. Porque originan la obsolescencia del producto y retrasos, y además, porque ocultan problemas de producción desnivelada y entregas retrasadas de los proveedores. Todo eso implica mayores costos para mantener dichos inventarios.
- f) Movimiento innecesario: realizado por los operarios durante el proceso.
- g) Productos defectuosos o Retrabajo: que consiste en producir elementos defectuosos que necesiten repararse.

También se han establecido tres niveles de desperdicios. El nivel *Uno*, acapara a los grandes desperdicios, el *Dos* a los desperdicios de procesos y métodos, y el *Tres* a desperdicios menores. En el nivel *Uno* se considera el pobre layout de la planta, rechazos, retrabajo, producto dañado, tamaño del contenedor, tamaño del lote, pobre iluminación, equipo sucio, y que el material no se entregue en los puntos requeridos. En el nivel *Dos* se encuentran el pobre diseño de la planta, falta de mantenimiento, almacenes temporales, problemas con los equipos y métodos inseguros. Y por último, en el nivel *Tres* se ubican el doble manejo, caminar en exceso, producir para almacenar, trabajo en papel y velocidad de producción y alimentación de materiales.

Otros criterios a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de producción esbelto son la calidad en la fuente, que quiere decir hacer bien las cosas desde la primera vez y detener el proceso cuando algo sale mal. El trabajo con los proveedores, a quienes se les debe vincular con los clientes; la programación nivelada de la producción; y la creación de una cadena de valor, la cual se define como una red de pasos de inicio a fin que da un resultado para el cliente, y está considerada como un medio para eliminar el desperdicio en un proceso de la cadena de suministro.

Por otro lado, para aplicar la manufactura esbelta existen diferentes herramientas y técnicas que están agrupadas en tres niveles. “Se recomienda implementar estos niveles en el mismo orden expuesto, teniendo como metas estabilizar, estandarizar y simplificar los procesos” (Villaseñor, 2007).

El primer nivel es la demanda del cliente, en el cual se debe determinar las necesidades de los clientes de productos y/o servicios con las características de calidad, tiempos de entrega y precio, especificados. El segundo nivel es el flujo continuo, cuya

implementación permite a los clientes internos y externos recibir los productos y materiales indicados en el momento preciso y cantidad exacta. El tercer nivel es la nivelación, que consiste en distribuir uniformemente el trabajo, por volumen y variedad, con el fin de reducir inventarios.

2.5.1. Técnicas que permiten la implantación de un sistema de producción esbelta

2.5.1.1. Implantación de flexibilidad al volumen de producción

Shojinka, es una metodología que permite lograr la flexibilidad sin generar desperdicios en forma de material sobrante, stocks, tiempos perdidos, puestos de trabajo parados. Esta metodología busca tener una planta con una capacidad fijada previamente, un proceso con un tiempo dado, y una jornada laboral dada, y a pesar de ellos obtener una producción variable y ajustada a la demanda (Cuatrecasas 2009).

Existen tres aspectos determinantes para poder implantar Shojinka:

- La implantación física de los procesos debe adoptar una disposición en flujo, para eliminar desperdicios.
- Contar con personal polivalente, que esté apto para realizar tareas en cualquier etapa del proceso.
- Evaluar el tiempo de ciclo ideal para cubrir la demanda y hacerlo operativo ajustando el número de puestos de trabajo a través del *Takt Time*.

El objetivo de crear un flujo de proceso único y continuo, de acuerdo a la planificación establecida, es aumentar la producción máxima con los recursos disponibles, eliminando desperdicios e incrementando la eficiencia del trabajo efectuado. Un mayor rendimiento de los recursos utilizados, dependerá de un correcto balanceo del proceso. Los resultados que se obtienen luego son una menor ocupación del área en planta, un menor número de operarios para un mismo volumen, una mayor flexibilidad de los recursos y una estandarización del lugar de trabajo. Todo esto permite tener un control real del trabajo en proceso y de la producción (Beaulieu 2010).

Para implantar flexibilidad en el volumen de producción con el fin de adaptarlo a las fluctuaciones de la demanda, es preciso evaluar el denominado *Takt Time*.

El *Takt Time* es el tiempo de ciclo ideal para cubrir la demanda, y se hace operativo ajustando el número de trabajadores (Cuatrecasas 2009).

Puede ser calculado de la siguiente forma:

$$Takt = \frac{T}{Q}$$

Dónde:

T: tiempo disponible

Q: producción planificada

Luego, se debe ajustar el ciclo real del proceso correspondiente al Takt time para

calcular el número de trabajadores preciso para lograr el ajuste del ciclo.

$$n = \frac{t_p}{Takt} = \frac{Q * t_p}{T}$$

Dónde:

t_p : Tiempo del proceso

Así, “el número de puestos crece con la producción y con el tiempo que ésta requiere, y se reduce con el tiempo disponible” (Cuatrecasas 2009).

El valor de n , puede reducirse al entero inferior si es posible implantar mejoras en los trabajos del proceso, caso contrario se debe optar por redondear el número de trabajadores al entero superior. A pesar de que esto último sería admitir un mínimo desperdicio, puede favorecer para el balanceo del proceso.

El *Takt Time* equivale a:

$$Takt = \frac{t_p}{n}$$

Donde, el valor resultante debe ser el mismo del tiempo de ciclo de proceso o ciclo teórico, o ciclo máximo, y que se calculará con n .

$$CM = Takt = \frac{t_p}{n}$$

Mientras que el ciclo real, que se calculará con el entero superior a n .

$$C_R = \frac{t_p}{n} \leq Takt$$

2.5.1.2. Mapeo de proceso

El mapeo del flujo de valor, está formado por todas las acciones requeridas para producir un producto (las que agregan valor y las que no lo hacen), desde la obtención de la materia prima hasta la llegada del producto al cliente.

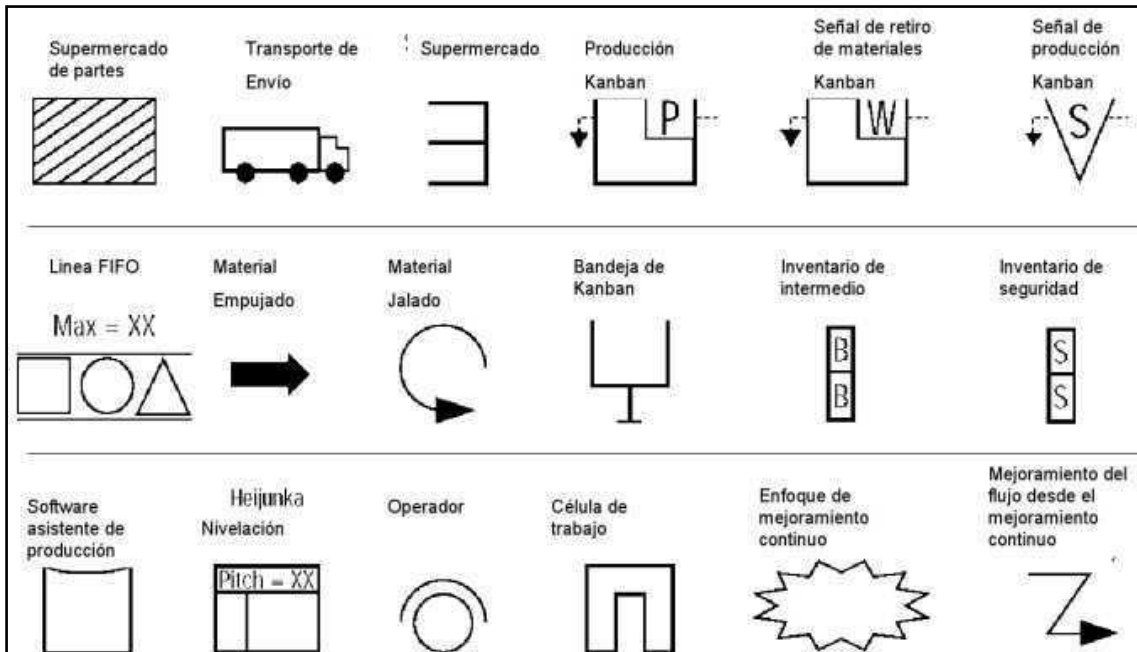
El mapeo de proceso se enfoca más al flujo de la producción, por lo cual permite visualizar las conexiones entre el flujo de la información y de materiales. Además, ayuda en la identificación de los desperdicios y la fuente de éstos (Villaseñor 2007).

Por otro lado, existen dos momentos en que el Value Stream Map (VSM) es de mucha utilidad. El primer momento es luego de haber realizado un diagnóstico de la situación actual de un proceso determinado, ya que permitirá concentrar todos los datos acerca del flujo de información y recursos, además de ayudar a descubrir desperdicios no apreciados anteriormente. El segundo momento forma parte de la planificación y preparación de la implementación de una mejora, es decir luego de conocer al detalle la situación actual del proceso se puede plasmar la situación ideal que se desea alcanzar en un VSF (Mapa de flujo de valor futuro) para luego comenzar a armar una propuesta que permita alcanzar la meta trazada.

A continuación, en la imagen n°1 se muestra la simbología utilizada para el mapeo de

flujo de valor de un proceso.

Imagen n°1: Simbología utilizada para el mapeo de procesos



Fuente: Cuatrecasas 2009

Esta simbología permite representar en el VSM (Mapa de flujo de valor) la transferencia de información y el avance de los materiales a lo largo de un proceso de una forma sencilla y sucinta.

III. RESULTADOS

3.1. Estudio de mercado

3.1.1. Objetivo del estudio de mercado

- Determinar si la empresa Gandules Inc. S.A.C., tiene posibilidades de satisfacer su demanda futura.

3.1.2. Descripción del producto

a) Producto principal

- Pallet de mango Kent fresco con 252 cajas de 4 Kg cada una.

b) Características

Existen más de 150 variedades de mango en el mundo, pero son pocas las variedades que son bien aceptadas en el mercado europeo, siendo las variedades que mayormente se cultivan para exportación Kent, Keitt, Haden, y Tommy Atkins. A continuación, en la tabla n°7, se podrán apreciar las características más relevantes del mango Kent.

Tabla n°7: Variedades de mango de mayor exportación

Características	Variedad
	Kent
Recolección	media
Color de piel	rojo-amarillo
Color en madurez	chapa roja
Sabor	Agradable
Pulpa	sin fibra
Tamaño	grande
Peso (gr.)	500-800
Rendimiento (Ton/ha)	13

Fuente: (Agrobanco 2007)

c) Propiedades, composición y usos

El mango Kent es una fruta con una longitud promedio de 13 centímetros y un peso promedio de 680 g. Su forma es ovoide y su coloración es verde amarillento y rojo oscuro. Su pulpa es jugosa, sin fibra y con sabor, aroma y textura agradable. Posee menor resistencia a daños mecánicos y menor periodo de conservación respecto de las otras variedades de mango. A continuación en la tabla n°8 se muestra la composición del mango.

Tabla n°8: Composición del mango

Componente	Valor medio
Agua (g)	81,8
Carbohidratos (g)	16,4
Fibra (g)	0,7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0,5
Ácido ascórbico (mg)	80
Fósforo (mg)	14
Calcio (mg)	10
Hierro (mg)	0,4
Grasa (mg)	0,1
Niacina (mg)	0,04
Tiamina (mg)	0,04
Riboflavina (mg)	0,07

Fuente: (MINAG 2009)

Dada su composición y propiedades, el mango Kent es muy apreciado por su pulpa grande, sin fibra y dulce. Por este motivo es exportada como fruta fresca para su consumo directo o transformación en el país de destino. Además, también es utilizado para la elaboración de conservas, jugos, hojuelas, etc.

d) Requerimientos de calidad

Para la exportación de mango fresco, los frutos deben cumplir con la norma del CODEX STAN 184 del CODEX ALIMENTARIUS (Ver resumen de normas en tabla n°4 en el apartado 2.2.3.).

3.1.3. Zona de influencia del proyecto

Gandules Inc. S.A.C. exporta mango Kent fresco al mercado europeo por la existencia de demanda de este producto en esa zona, ya que es una de las variedades más apreciadas junto con el Keitt y Haden debido a su sabor, aroma, textura y ausencia de fibrosidad.

El mayor limitante de la comercialización de este producto es el corto periodo de conservación de la fruta, la cual a finales de campaña (marzo-abril) suele llegar al punto de maduración en el almacén o incluso ingresar ya madura al proceso; con lo cual se incrementa el índice de descarte.

3.1.4. Análisis de la demanda

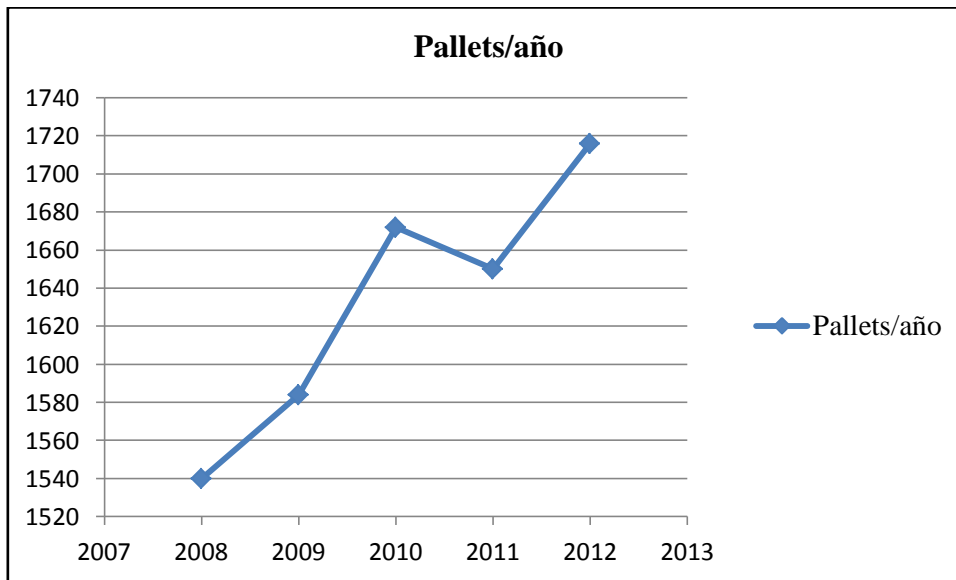
La demanda de pallets de mango Kent fresco para Gandules Inc. S.A.C. se ha determinado a partir de sus ventas históricas. En la tabla n°9 y en el gráfico n°2 se pueden observar las ventas, de los últimos 5 años, de pallets de mango Kent fresco.

Tabla n°9: Histórico de ventas

Año	Pallets/año
2008	1540
2009	1584
2010	1672
2011	1650
2012	1716

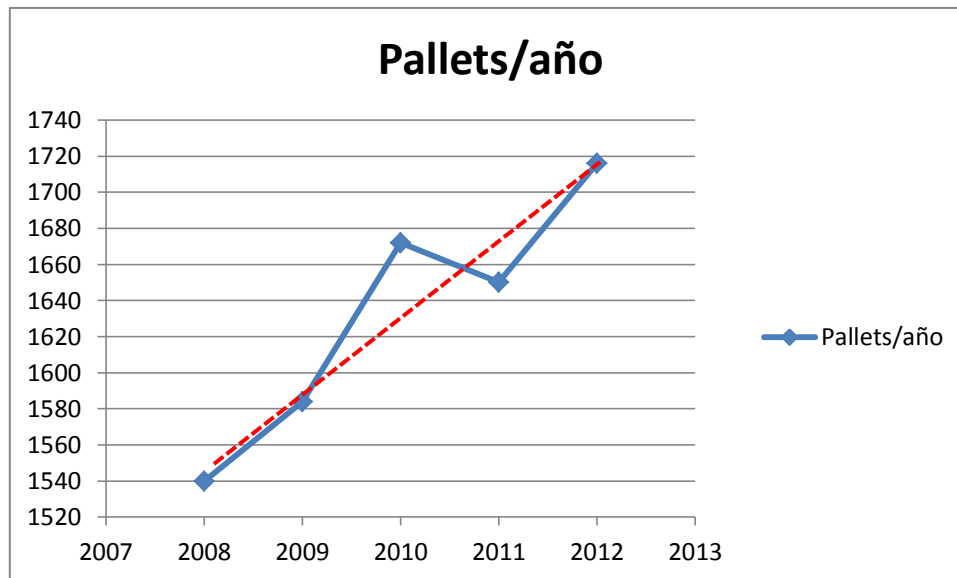
Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

Gráfico n°2: Ventas de pallets de mango Kent fresco



Para determinar el comportamiento de las ventas históricas se ha realizado un análisis de dispersión de los datos, tal como se aprecia en el gráfico n°3.

Gráfico n°3: Análisis del comportamiento de las ventas



Los datos históricos de las ventas de mango fresco de Gandules Inc. S.A.C. presentan una tendencia lineal creciente con fluctuaciones por encima y por debajo de la tendencia en los años 2010 y 2011. Por este motivo, se ha considerado utilizar el método de regresión lineal para proyectar las ventas históricas.

A continuación, en la tabla n°10 se han organizado los datos necesarios para realizar la proyección de las ventas históricas.

Tabla n°10: Proyección de las ventas históricas

Año	X (Año)	Y (Cantidad)	XY	x2	y2
2008	1	1540	1540	1	2371600
2009	2	1584	3168	4	2509056
2010	3	1672	5016	9	2795584
2011	4	1650	6600	16	2722500
2012	5	1716	8580	25	2944656
Σ	15	8162	24904	55	13343396

En la columna XY se realizó la multiplicación del número de año por la cantidad producida. En las columnas x^2 y y^2 se calculó el cuadrado de los valores de las columnas X y Y . Al final, se realizó una sumatoria de todas cantidades calculadas y con éstas se obtuvieron las variables a y b del modelo " $a+bX$ ".

$$b = \frac{5 * 24904 - 15 * 8162}{5 * 55 - 15^2} = 41,8$$

$$a = \frac{8162}{5} - \frac{41,8 * 15}{5} = 1507$$

Con los valores de a y b hallados se pudo calcular la demanda proyectada para los próximos 5 años de la siguiente manera:

$$1507 + 41,8 * 6 = 1758$$

Para todos los años, los valores de a y b serán constantes. Lo único que varía es el número de año. Así para el año 6, la demanda será de 1758 pallets. De la misma forma se trabajó para los años siguientes, tal y como se puede apreciar en la tabla n°11.

Tabla n°11: Demanda proyectada

X	Año	Cantidad (Pallets)
Año 6	2013	1758
Año 7	2014	1800
Año 8	2015	1841
Año 9	2016	1883
Año 10	2017	1925

3.1.5. Análisis de la oferta

En la planta de frescos de Gandules la producción diaria es acumulada, hasta completar la capacidad de un container (22 pallets o 5544 cajas de 4Kg.), para transportarla al puerto de Paita, donde la mercancía espera la salida de la nave de unos días hasta una semana. Pero como todo lo que se produce es vendido. Las ventas en este caso en particular son la misma producción. Es decir, que la demanda de pallets de mango Kent es también la oferta. En conclusión, demanda y oferta son las mismas cantidades en esta planta de procesamiento, y por este motivo sólo se realizó un análisis de proyección (proyección de las ventas históricas en las tablas n°9, 10 y 11).

Por otro lado, la capacidad diseñada de la planta es de 7 Pallet/h y la capacidad real es de 6 Pallet/h, pero la producción real es de 5 pallet/h y con ella se produce actualmente 2,27 contenedores por turno, con lo cual se ha llegado a vender 1716 pallets en la campaña enero-marzo del último año 2012. Esta producción depende tanto del abastecimiento de mango en óptimas condiciones como del ritmo de producción de la planta. Entonces asegurando un correcto abastecimiento de materia prima mediante el establecimiento de políticas con los proveedores fijos de mango Kent (Gandules, Mochica y Pafu) y estableciendo buenas relaciones comerciales con pequeños productores para suplir los posibles bajos rendimientos en campo de los proveedores fijos, hace falta ajustar el ritmo de producción a la demanda proyectada, ya que con el ritmo actual no se lograría satisfacer esta demanda futura (Ver tabla n°12).

Tabla n°12: Oferta histórica y proyectada

Oferta histórica		Oferta proyectada	
Año	Pallets/año	Año	Pallets/año
2008	1540	2013	1758
2009	1584	2014	1800
2010	1672	2015	1841
2011	1650	2016	1883
2012	1716	2017	1925

3.1.6. Balance oferta-demanda

Como ya se explicó en el apartado anterior, en este caso la demanda y la oferta son la misma cantidad. En consecuencia, la demanda insatisfecha viene a ser la diferencia entre la demanda proyectada y la demanda histórica del último año (1716 pallet). En la tabla n°13, se muestra cómo se calculó la demanda insatisfecha y se establece la demanda del proyecto.

Tabla n°13: Demanda insatisfecha y demanda de proyecto

Año	Oferta	Demanda	Demanda	Demanda del
	histórica	proyectada	insatisfecha	proyecto
	Pallet/año	Pallet/año	Pallet/año	Pallet/año
2008	1540	1758	42	42
2009	1584	1800	84	84
2010	1672	1841	125	125
2011	1650	1883	167	167
2012	1716	1925	209	209

Como demanda del proyecto se ha considerado la totalidad de la demanda insatisfecha, ya que la planta deberá ajustar su ritmo de producción actual al de la demanda proyectada que asciende a 1925 pallets en el 2017.

3.1.7. Precios

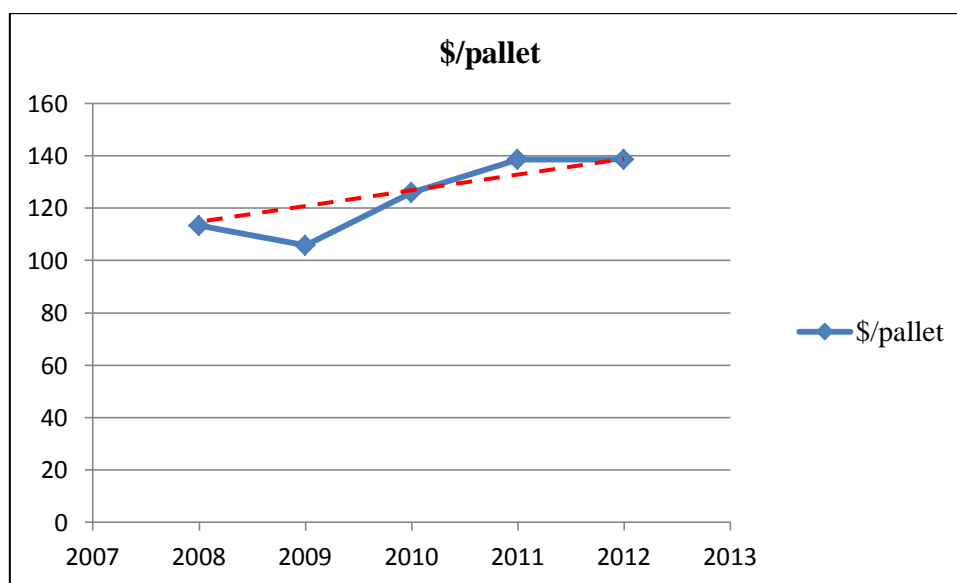
El precio FOB promedio de la caja de mango Kent para exportación a Europa varía de acuerdo a los meses en que se venda el producto. En los meses de Febrero-Marzo, el punto más elevado de cosecha, procesamiento y envío de mango, los precios fueron los que se detallan en la tabla n°14 y gráfico n°4.

Tabla n°14: Precio FOB promedio de mango exportable a Europa

Año	\$/Kg.	\$/pallet
2008	0,45	113
2009	0,42	106
2010	0,50	126
2011	0,55	139
2012	0,55	139

*En dólares americanos
Fuente: PROMPERU

Gráfico n°4: Comportamiento de los precios de pallet de mango fresco Kent



Como se ha podido observar, los precios se incrementan cada año en la ventana Febrero-Marzo, por lo cual se puede afirmar que tiene una tendencia lineal creciente con fluctuaciones por debajo de la tendencia entre los años 2008 y 2010, y sobre la tendencia en el año 2011 y 2012. Dada la tendencia creciente y su crecimiento lineal se determinó utilizar para la proyección de estos datos el método de regresión lineal.

En la tabla n°15 se aprecian los precios organizados según los años para el cálculo de las variables a y b del modelo $a+bX$.

Tabla n°15: Proyección de los precios FOB promedio por pallet

Año	X (Años)	Y (Cantidad)	XY	x2	y2
2008	1	113,40	113,40	1	12859,56
2009	2	105,84	211,68	4	11202,11
2010	3	126,00	378,00	9	15876,00
2011	4	138,60	554,40	16	19209,96
2012	5	138,60	693,00	25	19209,96
Σ	15	622	1950	55	78358

$$b = \frac{5 * 1950 - 15 * 622}{5 * 55 - 15^2} = 9$$

$$a = \frac{622}{5} - \frac{8 * 15}{5} = 100$$

Con los valores de a y b hallados se pudo calcular los precios para los próximos 5 años. Para todos los años, los valores de “a” y “b” serán constantes. Lo único que varía es el número de año. Así para el año 6, el precio FOB promedio será de \$149. De la misma forma se trabajó para los demás años, tal y como se puede apreciar en la tabla n°16.

Tabla n°16: Precios FOB proyectados

Año	Precio (\$/Pallet)
2013	149
2014	158
2015	166
2016	174
2017	183

*En dólares americanos

3.2. Materias primas y suministros

La disponibilidad de mango Kent, en los últimos 5 años, por parte de los proveedores fijos de Gandules se puede observar en la tabla n°17.

Tabla n°17: Histórico de producción de mango Kent

Año	Ton/año
2008	1860,60
2009	1912,29
2010	1963,97
2011	2015,65
2012	2067,34

Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

Los proveedores fijos son Gandules, Mochica y Pafru. Gandules asegura su abastecimiento con estos proveedores fijos a través de un contrato y en caso de bajo rendimiento de los fondos de sus proveedores fijos, compra mango a pequeños productores a través de personal de compra que se encarga de la negociación.

3.3. Ingeniería y tecnología

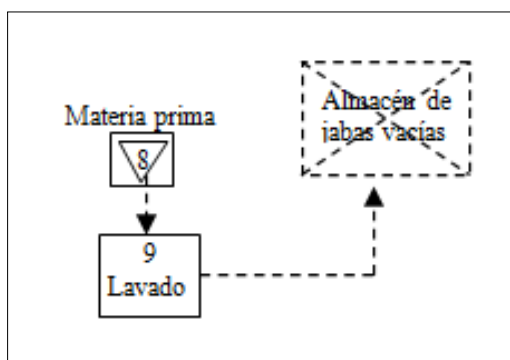
3.3.1. Proceso global

El procesamiento del mango fresco inicia con la recepción de la materia prima. En esta etapa el mango es descargado por una cuadrilla de trabajadores, quienes realizan esta tarea a una velocidad de 12 jabas/min. La descarga se realiza jaba por jaba, y cada jaba es colocada sobre una parihuela en la cual se apilan 63 jabas. Seguidamente, cada bloque de 63 jabas es transportado mediante un transportador, dirigido por un operario, hacia la balanza electrónica por la cual pasa para que el peso sea registrado, y siga su camino al interior de la planta. El transporte de cada bloque toma en promedio 1 minuto con 4 segundos.

Cada bloque transportado al interior de la planta es ordenado según los lotes a los que pertenecen y según el cliente. Cuando se inicia el proceso, cada bloque de 63 jabas es transportado al inicio de la línea por un *transportador*¹⁰, dirigido por un operador, y dejado allí para que un *vaciador de jabas*¹¹ deposite el mango en la tina de lavado. El vaciado de las jabas de mango debe realizarse a una velocidad media de 5 a 6 jabas por minuto para que la fruta no se desborde al final de la línea cuando la fruta ingresa a la línea de calibrado.

Cabe especificar que, del proceso teórico antes descrito, en esta planta se realiza la descarga del mango, en agua. Y es en este mismo tanque de descarga en agua donde el mango es lavado por inmersión y expulsado a la superficie mediante burbujas de aire inyectadas en la parte inferior del tanque. Luego de haber vaciado los mangos en la tina de lavado, el trabajador deja la jaba en el suelo para que otro las recoja y apile atrás y a la izquierda de la tina. Ver gráfico n°5.

Gráfico n°5: Área de lavado de materia prima



¹⁰ Transportador es un equipo de transporte mecánico utilizado para desplazar cargas de un lugar a otro.

¹¹ Vaciador de jabas es aquel operario encargado de depositar la fruta contenida en la jaba al interior de la tina de lavado.

Posteriormente, los mangos pasan mediante una faja transportadora frente a las operarias para la inspección visual, y son ellas quienes rotan los mangos manualmente para poder observar todas sus caras. Aquí se descarta, aproximadamente el 10% de la fruta ingresada. La fruta seleccionada pasa al tratamiento fúngico, en el cual el mango es sumergido en una solución fúngica a 50°C durante 4 minutos mientras sigue su curso a la etapa de Secado-Encerado.

La fruta que sale del tratamiento fúngico cae a una faja transportadora, de rodillos cubiertos con cerdas, sobre la cual están dispuestos dos ventiladores que se encargan de secar la fruta a su paso. Más adelante, sobre esta misma faja, está ubicado un inyector de cera para fruta, el cual se mueve de lado a lado a lo ancho de la faja para dispersar la cera sobre la fruta que pasa, la cual es a la vez lustrada por los rodillos de cerdas a través de los cuales avanza. Finalmente, la fruta encerada es secada a través de un túnel de aire caliente (45°C) por el cual pasa mediante la misma faja, para luego desembocar en la línea calibradora mediante otra faja, donde las *acaparadoras*¹² acomodan los mangos para su ingreso en dos columnas a la calibradora.

La calibradora consta de dos hileras paralelas de capachos¹³ que transportan los mangos y los dejan caer en cada una de las 4 fajas de empacado según el calibre programado en cada una de ellas.

La fruta calibrada pasa a ser empacada en cajas de 4Kg por las operarias. En cada faja de empacado se selecciona la fruta a la vez que se empaca, habiendo en esta etapa un descarte de entre 7 y 10%.

Por último cada caja es pesada y apilada para que los cargadores las coloquen sobre las parihuelas. Finalmente las etiquetadoras se encargan de etiquetar cada mango con dos diferentes tipos sticker. En ocasiones, sucede que las cajas luego de ser pesadas y apiladas al término de la misma faja de empacado, son llevadas a mesas, ubicadas frente a cada una de las 4 fajas, donde son etiquetadas, y después transportadas y ordenadas sobre la parihuela por los cargadores. Cuando la parihuela completa 252 cajas, es enzunchada, etiquetada según el calibre, lote y cliente, y transportada al túnel de enfriamiento por 5 horas, para luego pasar a las cámaras de conservación, donde esperaran a ser despachadas.

A continuación se muestra un esquema del procesamiento de mango fresco, donde está resumido todo el proceso en detalle (Tabla n°18).

¹² Acaparadoras son las operarias encargadas de ordenar la fruta para su ingreso ordenado a la faja calibradora en dos columnas.

¹³ Capachos son bandejas metálicas cuya función es pesar cada mango para calibrarlo y despacharlo a la línea de empacado correspondiente.

Tabla n°18: Procesamiento actual de de mango fresco

Procesamiento de mango fresco			
Etapas	Actividades	Temperatura del producto	Tiempo
<p>Recepción de materia prima</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desestibado de jabas - Pesado - Acomodo - Medición de grados brix y color 	25-28 °C	Min: 3 horas Max: 24 horas
Lavado	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimiento de jabas a la tina de lavado - 50 ppm de cloro 		5 horas
Selección	<ul style="list-style-type: none"> - Selección de la fruta que cumple con los parámetros de calidad de exportación 		
<p>Tiene calidad de exportación en</p> <p>No → Descarte IQF</p> <p>Si →</p>			
Tratamiento fungicida	<ul style="list-style-type: none"> - Inmersión en solución antifúngica a 50°C durante 5 minutos 	40-45°C	
Encerado	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación de cera con fungicida 	30°C	
Secado	<ul style="list-style-type: none"> - Paso por túnel de secado - Verificación de temperatura del secador 		
Calibrado	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación de la fruta por peso de calibre 		
Empaque	<ul style="list-style-type: none"> - Marcado de cajas por calibre y variedad - Colocación de mangos por calibre - Colocación de stiker en cada mango - Pesado de cajas - Codificación de cajas 		
<p>Apto para empacado</p> <p>No → Descarte</p> <p>Si →</p>			
Paletizado	<ul style="list-style-type: none"> - Colocación de cajas en parihuelas - Enzunchado de cajas - Codificación de paleta - Traslado a túnel 	Traslado a pre-cámara para descenso de temperatura entre 15-25°C, antes de ingresar al túnel	1-6 horas
Enfriamiento de túnel	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura entre 8-9°C - Monitoreo de paletas 	8-9°C en la pulpa, dependiendo del grado de maduración de la fruta	5 horas
Almacenamiento refrigerado	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura entre 8-10°C - Monitoreo de paletas 		1-5 días
Despacho	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedor refrigerado a 9-10°C 		30 minutos

Fuente: GANDULES INC. S.A.C.

Es necesario establecer algunos datos técnicos de la línea de procesamiento de mango y realizar una descripción más profunda de la misma, sobre todo del área de selección de mango, debido al alto índice de descarte en el área de empaçado (Ver tablas n°19 y n°20).

Tabla n°19: Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaçado del total descartado

% de descarte	Del total de fruta descartada	
	Selección	Empacado
Promedio	60,16	39,84
Máximo	92,5	74,88
Mínimo	25,12	7,5

Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

En la tabla n°19 se puede apreciar el porcentaje descartado en las líneas de selección y empaçado respecto del total de mango descartado en el sistema. Es decir, del 100% descartado, en promedio el 60% procede de la etapa de selección y aproximadamente el 40% restante, proviene de la etapa de empaçado.

Tabla n°20: Porcentaje de descarte en las áreas de selección y empaçado del total de fruta ingresada

% de descarte	Del total de fruta ingresada		
	Selección	Empacado	Total
Promedio	9,99	6,54	16,53
Máximo	31,74	17,30	34,31
Mínimo	2,45	1,78	4,22

Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

En la tabla n°20 se puede apreciar el porcentaje descartado en las líneas de selección y empaque respecto del ingreso total de mango. Esto quiere decir que del 100% de mango que ingresa al sistema para ser procesado, en promedio el 10% se descarta en la etapa de selección, y aproximadamente el 6,5% se descarta en la etapa de empaçado. De esto se concluye que en promedio el 83.5% de mango ingresado sale como producto terminado.

En el área de selección los operarios se encargan de retirar aquellos mangos no aptos para exportación (Ver tabla n°21), para lo cual observan la fruta que avanza sobre la faja, toman la considerada defectuosa y la colocan en una canaleta ubicada a 50cm sobre la faja de selección. La faja de selección mide 4,61 metros de largo y 60 centímetros de ancho aproximadamente. A 50 centímetros sobre la faja se encuentran ubicados 4 fluorescentes de 36W, dispuestos en pares a ambos lados de la faja, para mejorar la observación de los defectos.

Tabla n°21: Parámetros de descarte en área de selección de fruta

Motivo descarte en selección	
Látex campo	Pedúnculo roto
Látex reciente	Queresas
Manchas de aplicación	Thrips
Maduros	Mosca de la fruta
Golpes	Falso peso
Poros	Sobre peso
Oídium	Insolación
Verdes	Cicatrices
Malformados	Epidermis rayada
Desorden fisiológico	Venaciones
Golpes jaba	Quemado por el sol
Puntos negros	Minador
Semilla hueca	Daño mecánico
Daño de pepa	

Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

Luego de ser seleccionada, la fruta pasa al tratamiento fúngico, el cual tiene una duración de 4 minutos. De la faja de selección, la fruta cae directamente a las tinas metálicas que contienen una solución de fungicidas a 50°C. Durante esta etapa no se producen daños en la fruta, ya que solamente es sumergida en dicha solución para prevenir el florecimiento de hongos en la epidermis.

Después sigue el encerado, pero previo al encerado la fruta es secada mediante unos ventiladores que se ubican sobre la faja de rodillos cubiertos de cerdas. La fruta avanza en esta faja de rodillos y pasa a ser encerada mediante un inyector de cera ubicado sobre la faja, el cual se moviliza de derecha a izquierda. Posteriormente la fruta pasa al túnel de secado, donde se controla la temperatura promedio, que es de 30°C.

De este túnel la fruta se desliza a la faja que la transporta hacia la línea de calibrado. Aquí los operarios se encargan de que la fruta ingrese en dos líneas a la máquina, de forma que la fruta vaya cada una sobre un soporte. La máquina se encarga de calibrar y expide cada mango en la línea de empacado correspondiente, según el calibre.

Las *empacadoras*¹⁴ colocan los mangos en cajas, previamente marcadas según variedad y calibre, pero al mismo tiempo que empacan seleccionan la fruta que colocan en la caja. Cuando un mango no es considerado apto es colocado en jabas ubicadas al costado de cada empacadora, así también son separados aquellos mangos que no corresponde al calibre que se está empacado en dicha línea y es colocado en la faja contigua. En la tabla n°22 se detallan las plagas, daños mecánicos y daños naturales por los cuales se descarta el mango en el área de empacado.

Cabe resaltar que son 4 las líneas de empacado y que en cada una trabajan 6 operarios, quienes toman las cajas, que están apiladas en un riel que se ubica a aproximadamente

¹⁴ Empacadoras son las operarias encargadas de empacar la fruta calibrada en cajas cuyo peso máxima es de 4 Kg independientemente del calibre de la fruta.

50 cm sobre la faja, luego marcan dichas cajas según la variedad de mango a empacar y según el calibre. Para finalizar, toman la caja y la colocan en el riel que está debajo de la faja de empacado, lanzándola hacia el punto de pesado. Las cajas llegan al punto de pesado mediante un riel, situado debajo las fajas de empacado. Cada *pesadora*¹⁵ toma una caja, la pesa, y verifica que se encuentre en el rango que es 4,050-4,100 Kg., de lo contrario prueba retirando y colocando mangos hasta que el peso de ésta se ubique dentro del rango, pero si aun así no logra obtener el peso establecido, rechaza la caja y la regresa a la *empacadora* para que equilibre el peso de su caja.

Tabla n°22: Parámetros de descarte en el área de empacado

Motivo descarte en empacado	
Daño por queresas ¹⁶	Venaciones
Daño por Thrips ¹⁷	Golpes
Daño por ácaro	Látex campo
Oídium ¹⁸	Látex reciente
Antracnosis ¹⁹	Puntos negros
Arañita roja ²⁰	Madurez
Pudrición peduncular	Quemado por el sol
Rozadura	Deformación
Cicatrices	Poros
Epidermis rayada	Pudrición de Pepa
Manchas de aplicación	Verde
Manchas naturales	Picado
Insolación	Sin chapa
Falso peso	Sobre peso

Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

¹⁵ Pesadora es la operaria que pesa las cajas de fruta en una balanza electrónica para asegurar que el peso de la caja se encuentra dentro del rango, el cual es de 4,050 a 4,100 Kg.

¹⁶ Insecto que succiona la savia de la planta, debilitándola. Se localiza en las hojas y en los brotes del mango.

¹⁷ Insecto que pica y succiona el contenido celular a consecuencia de lo cual se generan manchas pálidas o negras.

¹⁸ Enfermedad causada por el hongo OIDIUM Magniferae Berthet, que ocasiona cicatrices en la epidermis de los frutos.

¹⁹ Enfermedad cuyo agente causal es el hongo Collectotrichum Glolesporioides. Éste genera manchas negras en los frutos, tallos y hojas.

²⁰ Insecto que ataca en colonia perforando las superficies y absorbiendo su contenido, dejando manchas amarillentas en forma de puntuaciones.

3.3.2. Programa de producción y capacidad de planta

Con la demanda proyectada es posible armar el plan de ventas para los próximos 5 años. En la tabla n°23 se muestra el plan de ventas, el cual se armó en base a la demanda del proyecto que es el total de la demanda insatisfecha (Ver tabla n°13).

Tabla n°23: Plan de ventas

Año	Venta (Pallets)
Año 1 (2013)	42
Año 2 (2014)	84
Año 3 (2015)	125
Año 4 (2016)	167
Año 5 (2017)	209

*En dólares americanos

De acuerdo al plan de ventas se armó el plan de producción, el cual se observa en la tabla n°24. Para el plan de producción no se ha considerado stock mensual, puesto que los stocks de producto terminado se acumulan diariamente hasta alcanzar 22 pallet para ser despachados en un container. Además, por ser el mango un producto perecible no es conveniente guardar stocks mensuales debido al progreso de la maduración de la fruta.

Tabla n°24: Plan de producción

Periodo	Inv. Inicial	Producción	Inv. Total	Ventas	Inv. Final
1 Mes	0	14	14	14	0
2 Mes	0	14	14	14	0
3 Mes	0	14	14	14	0
Total 1er Trimestre	0	42	42	42	0
1 año	0	42	42	42	0
2 año	0	84	84	84	0
3 año	0	125	125	125	0
4 año	0	167	167	167	0
5 año	0	209	209	209	0

Por otro lado, se han identificado los costos variables implicados en la producción de un pallet de mango, el cual contiene 252 cajas de 4Kg cada una. En la tabla n°25 se detallan los materiales directos e indirectos necesarios para la obtención de un pallet.

Tabla n°25: Requerimientos por pallet

Requerimiento de materiales unitarios		
Costos directos	Unidades	INDICE DE CONSUMO
Materiales directos		
Mango	Kg	1008
Materiales Indirectos		
Cera	L	1,09
Sportak	L	0,10
Mertec	L	0,003
Ac. Cítrico	Kg	0,06
Registros pallet	Millones	0,002
Cajas	u	252
Stiker	u	34,15
Clavos	g	0,01
Grapas	Millones	0,02
Zuncho (cinta plástica)	Rollos	0,10
Esquinero	u	4
Parihuela (plataforma)	u	1

Según el índice de consumo especificado en la tabla n°25 y el plan de producción elaborado (ver tabla n°24), se armó el requerimiento de materiales para los próximos 5 años. Éste se puede visualizar en la tabla n°26.

Tabla n°26: Requerimiento de materiales

REQUERIMIENTO DE MATERIALES									
MATERIALES DIRECTOS	1 MES	2 MES	3 MES	1 TRIM	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
Mango (Kg)	14044,80	14044,80	14044,80	42134,40	42134,40	84268,80	126403,0	168537,60	210672,00
MATERIALES INDIRECTOS									
Cera (L)	15,22	15,22	15,22	45,65	45,65	91,29	136,94	182,58	228,23
Sportak (L)	1,38	1,38	1,38	4,14	4,14	8,28	12,41	16,55	20,69
Mertec (L)	0,04	0,04	0,04	0,13	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63
Ac. Cítrico (Kg)	0,81	0,81	0,81	2,42	2,42	4,85	7,27	9,70	12,12
Registros pallet (Millones)	0,03	0,03	0,03	0,08	0,08	0,17	0,25	0,33	0,42
Cajas (Unid)	3511	3511	3511	10534	10534	21067	31601	42134	52668
Stiker (Unid)	476	476	476	1427	1427	2855	4282	5709	7136
Clavos (gr)	0,11	0,11	0,11	0,33	0,33	0,67	1,00	1,34	1,67
Grapas (Millones)	0,28	0,28	0,28	0,84	0,84	1,67	2,51	3,34	4,18
Zuncho (Rollos)	1,37	1,37	1,37	4,10	4,10	8,19	12,29	16,39	20,48
Esquinero (Unid)	55,73	55,73	55,73	167,20	167,20	334,40	501,60	668,80	836,00
Parihuela (Unid)	14	14	14	42	42	84	125	167	209

En la tabla n°28 se muestra el presupuesto, producto de la multiplicación de las

cantidades requeridas (Ver tabla n°26) por los precios unitarios detallados en la tabla n°27.

Tabla n°27: Precios unitarios de los materiales necesarios para un pallet

Requerimiento de materiales unitarios		
Costos directos	Unidades	\$
Materiales directos		
Mango	Kg	0,05
Materiales Indirectos		
Cera	L	3,45
Sportak	L	45
Mertec	L	35
Ac. Cítrico	Kg	0,8
Registros pallet	Millones	0,2
Cajas	u	0,3
Stiker	u	0,001
Clavos	g	2,5
Grapas	Millones	3
Zuncho (cinta plástica)	Rollos	5
Esquinero	u	1
Parihuela (plataforma)	u	12

Tabla n°28: Presupuesto de acuerdo a los requerimientos de materiales

MATERIALES DIRECTOS	PRESUPUESTO								
	1 MES	2 MES	3 MES	1 TRIM	1 AÑO	2 AÑO	3 AÑO	4 AÑO	5 AÑO
Mango (Kg)	702,24	702,24	702,24	2106,72	2106,72	4213,44	6320,16	8426,88	10533,60
MATERIALES INDIRECTOS									
Cera (L)	52,49	52,49	52,49	157,48	157,48	314,95	472,43	629,91	787,39
Sportak (L)	62,07	62,07	62,07	186,22	186,22	372,44	558,66	744,88	931,10
Mertec (L)	1,46	1,46	1,46	4,39	4,39	8,78	13,17	17,56	21,95
Ac. Cítrico (Kg)	0,65	0,65	0,65	1,94	1,94	3,88	5,82	7,76	9,70
Registros pallet (Millones)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,07	0,08
Cajas (Unid)	1053,36	1053,36	1053,36	3160,08	3160,08	6320,16	9480,24	12640,32	15800,40
Stiker (Unid)	0,48	0,48	0,48	1,43	1,43	2,85	4,28	5,71	7,14
Clavos (gr)	0,28	0,28	0,28	0,84	0,84	1,67	2,51	3,34	4,18
Grapas (Millones)	0,84	0,84	0,84	2,51	2,51	5,02	7,52	10,03	12,54
Zuncho (Rollos)	6,83	6,83	6,83	20,48	20,48	40,96	61,45	81,93	102,41
Esquinero (Unid)	55,73	55,73	55,73	167,20	167,20	334,40	501,60	668,80	836,00
Parihuela (Unid)	167,20	167,20	167,20	501,60	501,60	1003,20	1504,80	2006,40	2508,00

IV. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y SUS CAUSAS

4.1. Problemas de producción

Para identificar los problemas existentes en las operaciones llevadas a cabo para convertir el mango en fruta exportable se estudió el proceso de producción a través de la recopilación y organización de la información (Ver la constancia de toma de datos de producción en el anexo n°1) utilizando cursogramas analíticos, diagramas de operaciones, de proceso y de recorrido.

Para la recolección de toda la información de producción primero se realizó un muestreo mediante el método estadístico utilizando una tabla de nivel de confianza como se detalla a continuación:

- A un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10% le corresponde $1,96 \sigma_p$, según la tabla n° 5. Por lo tanto:

$$1,96 \sigma_p = 10$$

$$\sigma_p = 5,10$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

$$5,10 = \sqrt{\frac{21 * 79}{n}}$$

$$5,10 \sqrt{n} = 40,73$$

$$\sqrt{n}^2 = (7,986)^2$$

$$n = 64 \text{ observaciones}$$

- Entonces, para la toma de datos son necesarias 64 observaciones. Pero al momento de realizar las observaciones se realizaron 10 por día, según el cronograma que se muestra a continuación en la tabla n°29.

Tabla n°29: Cronograma de muestreo de datos

Febrero 2011								
Días	Jueves 03	Sábado 05	Martes 08	Jueves 10	Sábado 12	Miércoles 16	Martes 22	Total
N° Observaciones	10	10	10	10	10	10	10	70

- Así, de dicho estudio del proceso resultaron 70 observaciones, lo cual benefició la toma de datos, ya que al contar con más datos de los necesarios se tuvo más oportunidad de lograr 64 observaciones correctas.

Una vez determinado el número de observaciones, se realizó un registro de las entradas

de materia prima y las salidas de producto terminado y fruta de descarte (Ver anexo n°2). Así mismo, se registraron los tiempos de cada operación del proceso (Ver anexo n°3) y las distancias de recorrido que implicaba cada una de éstas. Además, se ha detallado en el anexo n°4 la conformación del personal responsable del proceso.

Posteriormente, se observó que los tiempos de cada operación eran muy variables. Por esta razón se procedió a realizar una estandarización de los tiempos. Para estandarizar los tiempos fue necesario registrarlos y procesarlos en una hoja de estudio de tiempos (Ver anexo n°3) a través de la cual fue posible valorizar el trabajo realizado por los operarios en cada operación de acuerdo a la norma Británica de valorización del trabajo detallada en la tabla n°6.

En la misma hoja de estudio de tiempos, también se calcularon los tiempos base. Por último, Se calculó el tiempo estándar para cada operación de acuerdo a la fórmula que se muestra a continuación.

$$TE = TN(1 + Tol.Total)$$

Dónde:

TN: Tiempo normal

Tol. Total: Tolerancia total

El tiempo Normal es calculado a partir del tiempo base promedio, el cual es multiplicado por el factor de desempeño del trabajo, el cual varía de 1 a 1,2 según sea el trabajo realizado de manera activa o muy rápida. Mientras que la tolerancia total varía de acuerdo a cada empresa, dependiendo de los lapsos de tiempo que se destinen a refrigerios, servicios y descansos.

Luego de haber definido y graficado las operaciones y procesos realizados para la obtención de mango fresco exportable, se realizó un estudio de tiempos en el proceso productivo, con la finalidad de estandarizarlos y darlos a conocer para establecerlos como meta, y así poder ajustarlos al Takt time.

A continuación se presenta un cursograma analítico (Ver tabla n°30) en el cual se refleja la secuencia de las actividades, las distancias recorridas a lo largo de la línea y el tiempo que implica cada operación del proceso estudiado.

En dicho cursograma, se puede apreciar que existen operaciones con características similares que se repiten una tras otra y que no agregan valor al producto. Éstas son el doble transporte que se realiza de las parihuelas: de producto descargado, para que ingrese a la operación de lavado, y de la fruta lavada para que ingrese a la operación de selección. Además, existe un transporte de la operación de secado a la de calibrado que consume 0,23 minutos de tiempo sin agregar ningún valor al producto. Por último se identificó el cuello de botella que es el paletizado y tiene una duración de 12 minutos.

Tabla n°30: Cursograma analítico del estado actual

CURSOGRAMA ANALÍTICO OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO									
Operaciones	Resumen								
Descripción	Cantidad (...)	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo					
				○	⇒	◐	◑	▽	
Descarga		-	5,5	x					
Transporte		6	1,36		x				
Trasporte		6	1,36			x			x
Lavado		2,81	0,20	x					
Transporte		2,22	0,20		x				
Transporte-Secado		2,13	0,63		x				
Selección		4,61	0,75	x					x
Tratamiento fúngico		7,81	3,73				x		
Transporte		1,55	0,75			x			
Transporte-Secado		2,02	0,67	x					
Encerado		1,93	0,67	x					
Secado		2,70	0,36	x					
Transporte		1,5	0,23			x			
Calibrado		10,95	0,55	x					
Empacado	1 caja	6,6	0,87	x					x
Pesado	1 caja	1,00	0,24	x					
Paletizado	1 pallet	3,00	12	x					
Enfriado		8,00	300				x		
Almacenado en cámara		-	1-5 días						x
Despacho		-	30	x					

Cabe resaltar que los tiempos cronometrados tenían fluctuaciones elevadas, por lo cual en el cursograma analítico se utilizaron promedios de la serie de tiempos, tomados en las fechas programadas, de cada operación. Entonces en base al tiempo promedio del cuello de botella (paletizado) se ha podido calcular la producción actual por turno, la cual es de 50 pallets en promedio.

$$Producción = \frac{\text{Tiempo base}}{\text{Tiempo de ciclo}}$$

$$Producción = \frac{60 \text{ min/h}}{12 \text{ min/pallet}} = 5 \frac{\text{pallet}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{h}}{\text{t}} = 50 \text{ pallets}$$

Cada contenedor tiene una capacidad de 22 pallets, lo que significa que por turno se está produciendo para 2,27 contenedores en promedio.

$$Producción = \frac{50 \text{ pallets}}{22 \text{ pallets/contenedor}} = 2,27 \text{ contenedores}$$

Esto significa que no se está trabajando al ritmo de la demanda del cliente, la cual es de 2,5 a 2,7 contenedores por turno en la temporada de Febrero-Marzo.

A continuación, en la tabla n°31 se presentan algunos indicadores de producción del estado actual de la empresa que permiten corroborar el cálculo anteriormente realizado.

Tabla n°31: Indicadores de producción del estado actual

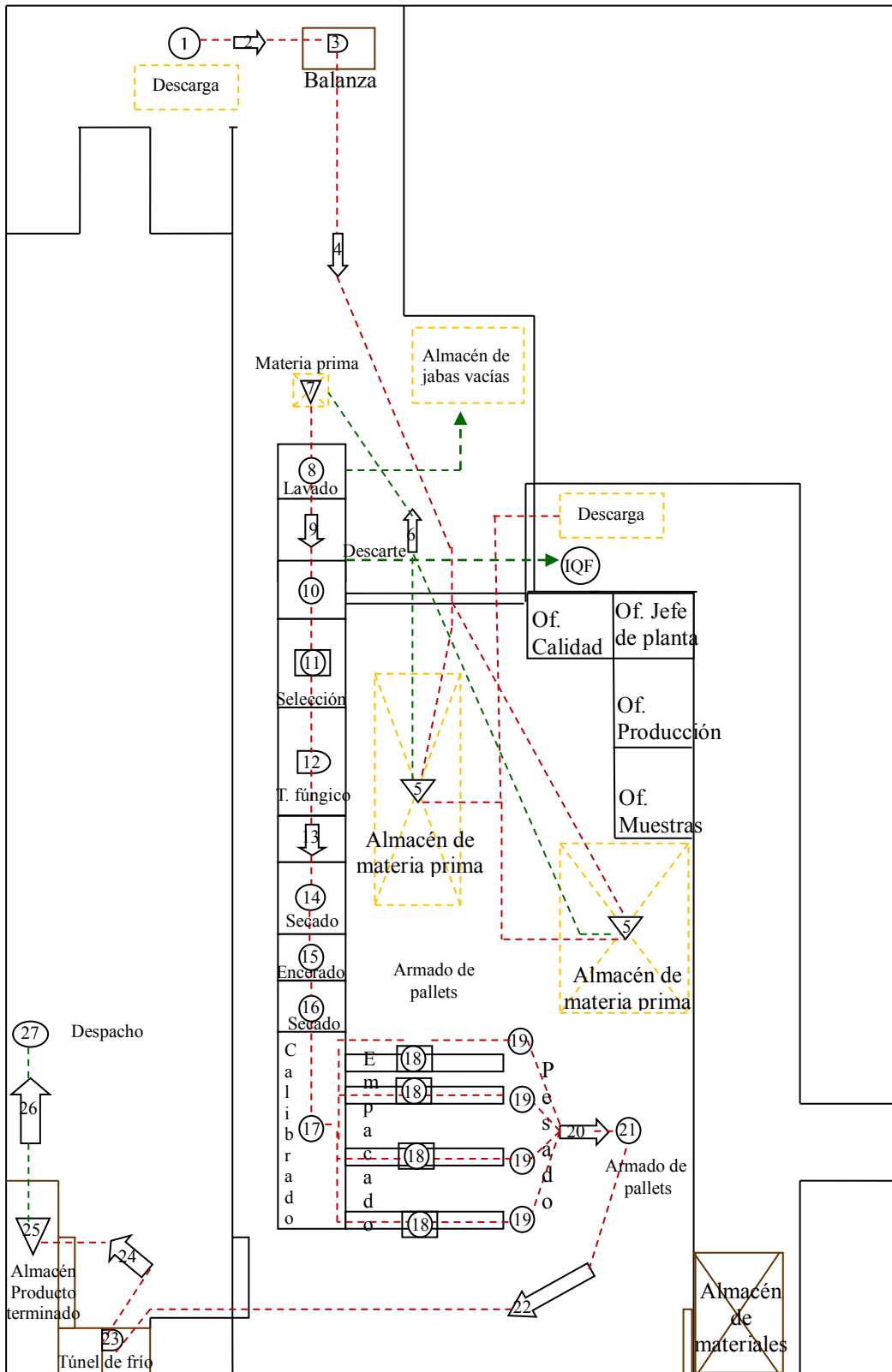
Indicadores de producción del estado actual		
Indicadores	Cantidad	Unidades
Capacidad instalada	7,00	Ton/h
Producción	5,00	pallet/h
Capacidad efectiva	5,04	Ton/h
Capacidad utilizada	0,72	%
Capacidad ociosa	1,96	Ton/h
Productividad	0,08	pallet/min

Por otro lado, para lograr una mejor visión del espacio en que se desarrollan las actividades detalladas se presenta, en el gráfico n°6, un diagrama de recorrido elaborado según el escenario real en que se desarrolla el proceso de producción estudiado. Además, en la tabla n°32 se pueden apreciar las distancias recorridas a lo largo del proceso.

Tabla n°32: Distancia recorrida en la línea de producción

Distancia recorrida por operación en estado actual	
Operación	Distancia en metros
1. Descarga	-
2. Transporte	6
3. Transporte	6
4. Lavado	2,81
5. Transporte	2,22
6. Transporte-Secado	2,13
7. Selección	4,61
8. Tratamiento fúngico	7,81
9. Transporte	1,55
10. Transporte-Secado	2,02
11. Encerado	1,93
12. Secado	2,70
13. Transporte	1,5
14. Calibrado	10,95
15. Empacado	6,6
16. Pesado	1
17. Paletizado	3
18. Enfriado	8
Total	70,83

Gráfico n°6: Diagrama de recorrido del estado actual



Fuente: Gandules Inc. S.A.C.

Las entradas de materia prima y los ingresos a las distintas operaciones aparecen con líneas rojas, mientras que las salidas de insumos de almacén al proceso y las salidas de producto terminado aparecen con líneas verdes. Además, los almacenes provisionales se

encuentran graficados con líneas amarillas, y los almacenes fijos con líneas marrones.

De acuerdo con el gráfico n°6 existe un desperdicio de transporte innecesario, porque las parihuelas descargadas pasan por la balanza y siguen su recorrido hacia el interior de la planta para ser apiladas en almacenes provisionales (operación n°5) de donde luego vuelven a ser retiradas y apiladas al inicio de la línea (operación n°7). Y cada vez que en el tanque de lavado (operación n°8) se terminan las jabas con fruta para ser ingresadas al proceso, debe transportarse nuevamente un bloque de parihuelas al inicio de la línea y así sucesivamente durante el transcurso del turno del trabajo. Además, estos almacenes provisionales dejan un estrecho pasadizo entre los bloques apilados de parihuelas y la línea de producción, dificultando la circulación del personal.

Estos dos desperdicios de transporte llegan a ser significativos porque transportar una parihuela (del punto de descarga al interior de la planta, o del interior de la planta al tanque de lavado) toma en promedio 1 minuto con 4 segundos (64 segundos). Esto quiere decir que con un flujo de 3000 jabas por turno, (que es lo que se procesa normalmente) que equivalen a 48 parihuelas aproximadamente, se estaría consumiendo en transporte de parihuelas, en un turno 51,2 minutos.

$$\frac{\text{Cantidad de jabas utilizadas}}{\text{Número de jabas por parihuela}} = \text{Número de parihuelas}$$

$$\frac{3000}{63} = 47,62 \cong 48 \text{ Parihuelas}$$

$$48 \text{ Parihuelas} * 64 \text{ s} = 3072 \text{ s} = 51,2 \text{ min.}$$

Pero como se transportan dos veces cada parihuela, tanto para su descarga y acumulación al interior de la planta, como para vaciar el mango en el tanque de lavado. Se consumen en total, en ambos transportes 1 hora con 42 minutos.

$$3072 \text{ s} * 2 = 6144 \text{ s} \cong 102,4 \text{ min} \cong 1,7 \text{ h} = 1 \text{ h } 42 \text{ min}$$

Por otro lado, durante el empacado (operación 18) de las frutas se realiza una segunda selección más exhaustiva que la realizada en la etapa de selección (operación 11) y al mismo tiempo se empaca y se retiran los mangos que no son del calibre que indica el cabezal de la faja. Por eso, se puede afirmar que en la etapa de empacado existe un desperdicio de retrabajo, lo cual causa que se realicen procedimientos innecesarios en una etapa en la cual sólo se debe empacar y etiquetar, realizando una ligera y mínima selección o separación de la fruta. Esto agrega costo en lugar de valor al producto.

Entonces, las operaciones que no contribuyen a agregar valor al producto son los desperdicios de transporte, en las operaciones de recepción y lavado, y el desperdicio de retrabajo en la etapa de empacado.

4.2. Causas posibles

Luego de haber descrito y analizado todo el proceso de mango y haber determinado los tiempos de cada etapa, así como su secuencia y ubicación en la planta. Se puede afirmar que a lo largo de la línea la fruta no sufre daño, puesto que sólo existe una caída de aproximadamente 40cm, de la etapa de tratamiento fúngico a la de encerado, y la fruta cae sobre una faja de rodillos cubiertos con cerdas. Pero, se aprecia claramente que los motivos de descarte en el área de selección y en el área de empaqueo son similares más no los mismos específicamente lo cual puede ser la causa del retrabajo realizado en empaqueo al descartar fruta que debió ser descartada en el área de selección. Otra razón que puede causar un descarte elevado en empaque es la cantidad elevada de fruta que ingresa en la faja, lo cual limitaría la capacidad de descartar de acuerdo a los parámetros establecidos, puesto que de la rapidez con que pase la fruta a través de la faja y de la cantidad de fruta que ingrese a la faja, dependerá la visualización de los daños en éstas por parte de los operarios. Además, también influye la ubicación e intensidad de la luz en la faja, el número de horas que lleva la operaria seleccionando parada frente a la faja y el turno de trabajo.

En lo que respecta a los transportes internos que se realizan de jabs vacías o con mango para proceso y descartado, se aprecia en el diagrama de recorrido (Ver gráfico n°3) que hay transporte innecesario y cruce excesivo a causa de una distribución de planta deficiente y una improvisación de almacenes con fruta para proceso o procesada a lo largo de la línea.

A continuación, en el gráfico n°7, se presenta el mapa de flujo de valor actual del procesamiento de mango fresco en Gandules Inc. S.A.C. En este mapeo del flujo de valor se ha recopilado todos los datos de producción antes trabajados y especificados en los anexos.

V. DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

5.1. Propuesta de mejora

La presente propuesta de mejora se realizó debido a que el ritmo de producción actual de la planta de procesamiento de mango Kent fresco, no lograba satisfacer la demanda futura de los próximos 5 años. Para revertir esta situación se comenzó por determinar los mejores métodos que permiten solucionar los problemas detallados en el capítulo IV.

La aplicación de determinadas herramientas Lean va a depender de diversos factores como los que se pueden apreciar en la tabla n°33 a continuación.

Tabla n°33: Sistema de clasificación propuesto para los procesos industriales

	Flujo o producción en masa	Producción en lote	Trabajo por órdenes de producción
Demanda del producto	Muy estable	Relativamente estable	Poco frecuente/inestable
Demanda volumen (por producto)	Alta	Mediana o baja	Muy baja
Tipo de producto	Estandarizado, hecho por valores	Normal, hecho en lotes	Personalizado, hecho por encargo
Variedad de materiales en bruto	Bajo	Moderado-alto	Alto
Variedad de productos terminados	Bajo	Moderado	Alto
Equipo	Especializado-Dedicado	Especializado, dedicado, y de uso general	De uso general
Diseño de planta	Diseño de producto	Diseño mixto	Diseño de procesos
Almacenaje	Ruta de acceso fijo	Ruta mixta	Ruta variable
Flujo de material	Continua	Continua a intermitente	Continua a intermitente
Proceso de flexibilidad	Bajo	Medio	Alto
Escenario del proceso cuando se convierte en producto discreto	Tarde	Medio a tarde	Temprano a tarde
Ejemplos	Azúcar, algodón, desmotado, arroz	Acero, pinturas, panadería, fármacos	Colorantes orgánicos, especialidad en productos químicos

(Texas Tech 2009)

Estos factores en conjunto con el diagnóstico realizado, indicarán qué técnica de Producción esbelta es la más aplicable. En el caso del procesamiento de mango fresco para exportación, la demanda del producto es estable y está condicionada por la máquina calibradora, la cual tiene una capacidad diseñada de 7 Ton/hora de mango calibrado. Es decir que ese es el tope que puede ser producido por hora restando el descarte que se realiza luego en la etapa de empaçado, el cual es en promedio de 6,54%.

En cuanto al tipo de producto, éste es normal, procesado por lotes según el cliente. La variedad de productos terminados es baja, porque sólo se produce mango en cajas de 4Kg. en la temporada de Enero a Marzo. El diseño de planta está orientado al producto, el tipo de equipos es especializado, dedicado y de uso general, por lo cual la flexibilidad del proceso es mediana y el flujo en el proceso es continuo. En cuanto al almacenaje, éste tiene una ruta de acceso fijo, debido a la misma disposición de planta (Ver gráfico n°6).

A continuación, en la tabla n°34, se podrá observar en forma resumida la clasificación del procesamiento de mango fresco según el sistema propuesto en la tabla anterior.

Tabla n°34: Clasificación del proceso de mango fresco para exportación

	Flujo o producción en masa	Producción en lote	Trabajo por órdenes de producción
Demanda del producto	Muy estable		
Tipo de producto		Normal, hecho en lotes	
Variedad de materiales en bruto	Bajo		
Variedad de productos terminados	Bajo		
Equipo		Especializado, dedicado, y de uso general	
Diseño de planta	Diseño de producto		
Almacenaje	Ruta de acceso fijo		
Flujo de material	Continua		
Proceso de flexibilidad		Medio	
Escenario del proceso cuando se convierte en producto discreto	Tarde		

Según la clasificación realizada, el proceso estudiado es un proceso de producción en masa y en este tipo de producción, y particularmente en el escenario en que se desarrolla tienen mayor impacto positivo la implementación del trabajo estandarizado, Takt Time (ajuste del ritmo de trabajo a la demanda), Shojinka (polivalencia del personal) y Jidoka (detección automática de los defectos).

La planificación de la mejora del proceso de producción de mango fresco para exportación tiene como primera parte la estandarización del trabajo. Para la estandarización se inició con el procesamiento de los tiempos registrados mediante la valorización del trabajo realizado para después hallar los tiempos base de cada etapa (Ver anexo n°3). Éstos tiempos base se obtuvieron multiplicando el tiempo cronometrado por el valor asignando como valorización del trabajo según la norma británica (Ver tabla n°6) y dividiendo dicho producto entre el valor ritmo que es 100.

$$\text{Tiempo Base} = \frac{\text{Tiempo cronometrado} * \text{Valor del trabajo}}{\text{Valor ritmo}}$$

$$\text{Tiempo Base} = \frac{0,5418 \text{ minutos} * 75}{100} = 0,4064 \cong 0,41 \text{ minutos}$$

Luego se ordenaron los tiempos base de cada etapa por fechas de registro en tablas, como se aprecia a continuación en la tabla n°35 donde se detallan los tiempos base de la etapa de selección manual.

Tabla n°35: Cálculo de la media de la muestra utilizando el tiempo base en minutos

Selección manual en faja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Te (media)
03/02/2011	0,41	0,27	0,36	0,35	0,40	0,33	0,34	0,47	0,44	0,42	0,38
05/02/2011	0,26		0,37	0,46	0,36	0,45	0,38	0,41	0,38	0,38	0,38
08/02/2011	0,34	0,27	0,33	0,36	0,27	0,34	0,36	0,31	0,32	0,48	0,34
10/02/2011	0,37	0,35	0,37	0,36	0,31	0,22	0,26	0,37	0,33	0,32	0,33
12/02/2011	0,36	0,34	0,25	0,23	0,26			0,42	0,42	0,44	0,34
16/02/2011	0,22	0,50	0,34	0,26	0,21						0,30
22/02/2011	0,33	0,33	0,33	0,45	0,43	0,35	0,33	0,33	0,36	0,34	0,36
Media											0,35

En esta tabla se aprecian los tiempos bases calculados a partir de la toma de tiempos realizada 10 veces por cada fecha. De cada día se obtuvo la media de los tiempos base para luego utilizarla en el cálculo del tiempo normal y tiempo estándar de cada etapa (Ver anexo n°5). El cálculo del tiempo estándar y su resultado se presentan en las tablas n°36 y n°37.

Tabla n°36: Categorías de calificación del desempeño del trabajo

Asignación de categorías de calificación		
Selección manual en faja	Te (min)	Calificación
03/02/2011	0,38	1
05/02/2011	0,38	1
08/02/2011	0,34	1,1
10/02/2011	0,33	1,1
12/02/2011	0,34	1,1
16/02/2011	0,30	1,2
22/02/2011	0,36	1

La asignación de categorías permite catalogar el desempeño del trabajo realizado. Esta categoría es 1, cuando el desempeño del trabajo observado es catalogado como “activo”, es 1,1 cuando el desempeño es considerado rápido, y es 1,2 cuando el desempeño del trabajo es muy rápido (Kanawaty 2006).

El tiempo normal se halló multiplicando la media de los tiempos base de cada fecha por la categoría de calificación asignada de acuerdo a la observación del trabajo realizado por el operario.

El tiempo estándar se halla con la siguiente fórmula:

$$TE = TN (1 + Tol. Total)$$

Dónde:

- *TE*: tiempo estándar
- *TN*: tiempo normal
- *Tol. Total*: tolerancia total.

La tolerancia total es el porcentaje de tiempo que se tolera ser “perdido” a causa de la comida, necesidades personales, interrupciones del proceso por demoras, etc.

Para este caso en particular se sabe que cada turno es de 12 horas, pero las horas de trabajo efectivas son 10 en promedio. Dado que se otorga 1 hora para la comida, se asigna un promedio de 30 minutos para necesidades personales y descansos, y se calcula media hora de interrupciones en el proceso por diferentes motivos (preparación de la línea, fallo de máquina, cambio de lote, etc.).

Entonces:

12 hrs. ————— 100%
 1 hrs ————— 8,3%
 0,5 hrs ————— 4,2%

Por lo cual, la tolerancia total es: $8,3\% + 4,2\% (2) = 16,7\% = 0,167$

Luego el tiempo estándar en la tabla n°37 se halló de la siguiente forma:

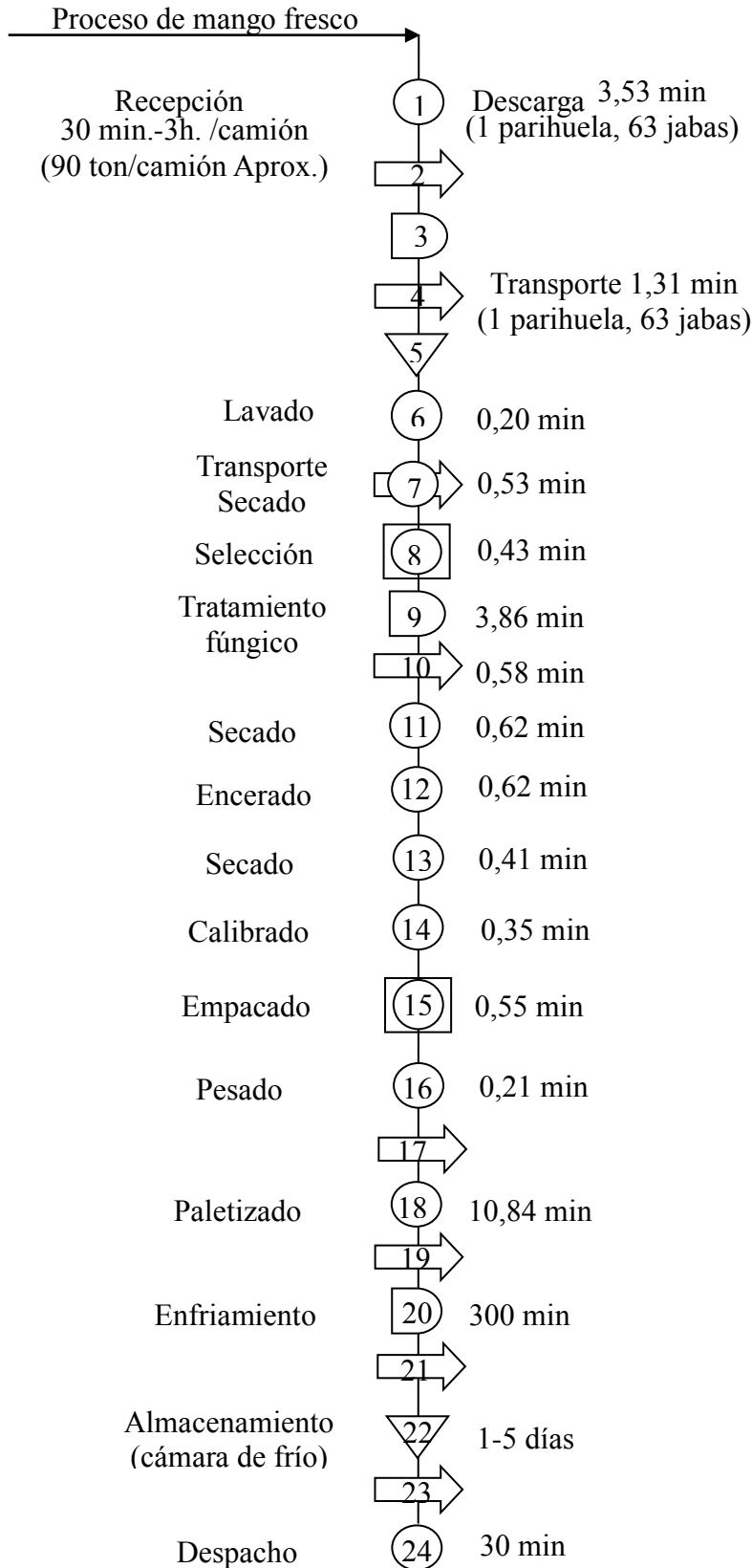
$TE = 0,37(1 + 0,167) = 0,43$ (Minutos) que equivalen a 26 segundos redondeando la cifra obtenida.

Tabla n°37: Resultados del cálculo del tiempo normal y tiempo estándar

Selección manual en faja	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,38	1	0,38		
05/02/2011	0,38	1	0,38		
08/02/2011	0,34	1,1	0,37		
10/02/2011	0,33	1,1	0,36		
12/02/2011	0,34	1,1	0,37		
16/02/2011	0,30	1,2	0,37		
22/02/2011	0,36	1	0,36		
Media			0,37	0,43	25,8

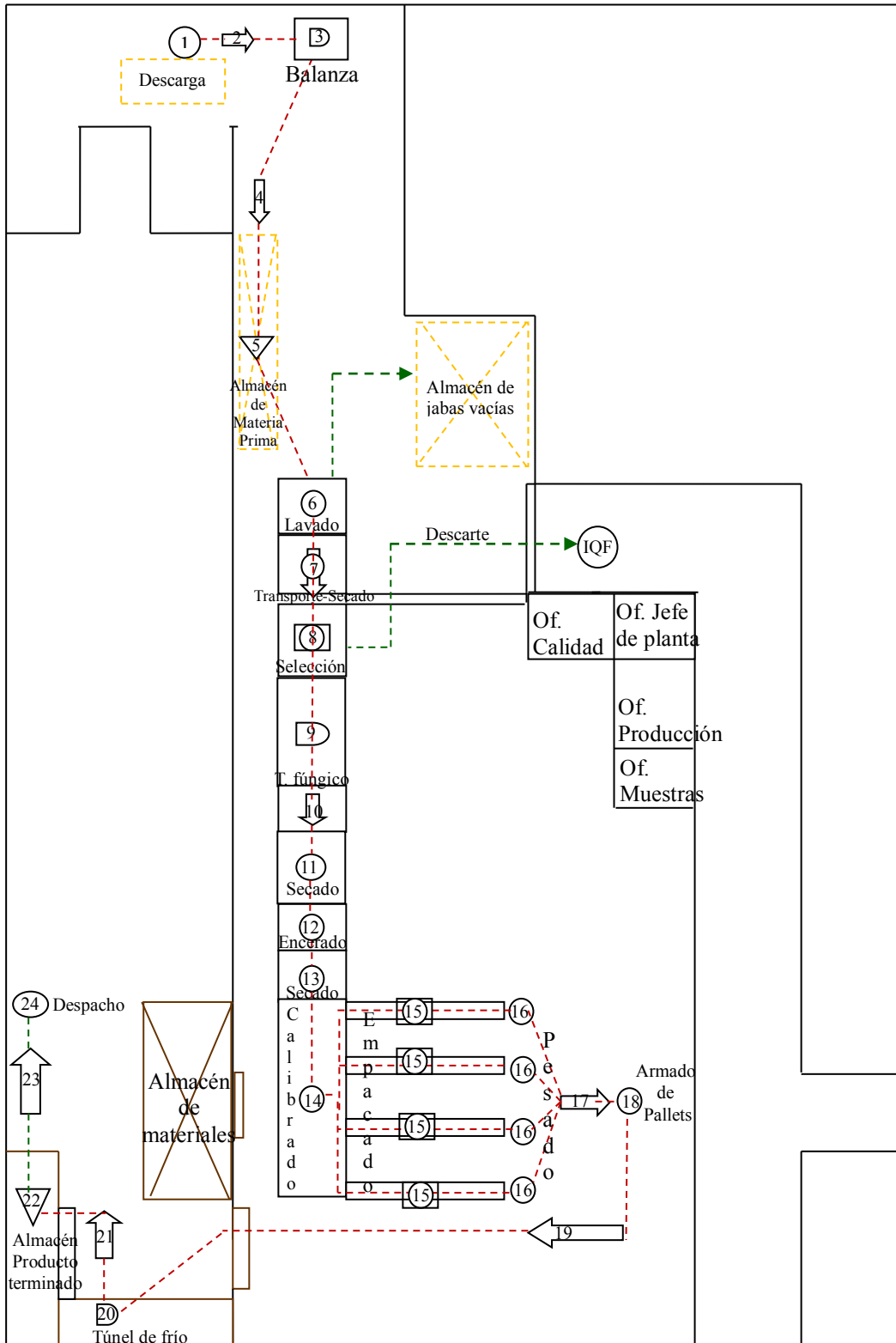
El procedimiento establecido se utilizó para cada etapa del proceso, obteniéndose los tiempos estándar que a continuación se muestran gráfico n°8, en el cual además ya se han retirado los transportes innecesarios identificados.

Gráfico n° 8: Diagrama de operaciones del proceso ideal con los tiempos estándar



Con los tiempos estándar calculados y la secuencia de operaciones establecida se ha creído conveniente establecer un nuevo diagrama de recorrido (Ver gráfico n°9), en el cual se propone el flujo ideal de planta en base a los problemas identificados.

Gráfico n°9: Diagrama de recorrido del estado ideal



En este estado ideal ya no existen los almacenes improvisados de materia prima a lo largo del proceso. Además, se ha trasladado el almacén de materiales atrás de la zona de calibrado para reponer de forma inmediata las cajas consumidas en la operación de empaquetado y evitar traslados innecesarios del personal. Esta nueva posición del almacén de materiales se recomienda en caso de una remodelación de la planta, ya que su ubicación actual es fija.

Por otro lado, se eliminaron los transportes innecesarios y excesivos de materia prima y fruta descartada. Pero para lograr este estado es preciso establecer un ritmo de trabajo constante, de forma que en el flujo de producción no tenga interrupciones y esté sincronizado con la demanda del producto, ya que sólo así se evitarán los almacenes improvisados en la planta. Este ritmo de trabajo que debe implantarse para conseguir el estado ideal es el *Takt time*, y se halla con los tiempos estándar anteriormente calculados.

La demanda por turno en este proceso es de entre 2,5 y 2,7 contenedores en el punto de mayor producción de la campaña de mango.

Entonces, de acuerdo a la fórmula del *Takt time*:

$$Takt = \frac{T}{Q}$$

Donde T es tiempo disponible, y Q es producción planificada. Se calcula el ritmo ideal de producción sabiendo que las horas efectivas de trabajo por turno son 10, las cuales equivalen a 600 minutos, y que la demanda por turno es en promedio de 2,5 contenedores, que equivale a 55 pallets o 13860 cajas.

Entonces el *Takt time* es de:

$$Takt = \frac{600}{13860} = 0,043 \frac{min}{caja}$$

$$Takt = \frac{600}{55} = 10,9 \frac{min}{pallet}$$

Lo cual significa que cada 0,043 minutos debe producirse una caja de 4Kg de mango o que cada 10,9 minutos debe producirse un pallet (252 cajas). Este ritmo es el nuevo marcapaso del proceso productivo y pertenece a la operación de paletizado (el cuello de botella que anteriormente ascendía a 12 minutos).

De esto podemos deducir que en las 10 horas de trabajo efectivas de un turno, debe lograrse una producción de:

$$\frac{600 \text{ min}}{10,9 \text{ min}} = 55,05 \text{ pallets}$$

Sabemos por los tiempos estándar hallados que el tiempo de descarga de materia prima a paletizado es de 24,12 minutos. Entonces este es nuestro tiempo de ciclo total (*TCT*) y equivale a 1447,2 segundos.

A continuación en la tabla n° 38 se aprecian las distancias luego de haber eliminado las operaciones de transporte que no generaban ningún valor al producto. Mientras que en la tabla n°39 se presentan los indicadores de producción.

Tabla n°38: Distancias recorridas luego de reducción de transportes

Distancia recorrida por operación en estado futuro	
Operación	Distancia en metros
1. Descarga	-
2. Transporte	-
3. Transporte	6
4. Lavado	2,81
5. Transporte	-
6. Transporte-Secado	2,13
7. Selección	4,61
8. Tratamiento fúngico	7,81
9. Transporte	-
10. Transporte-Secado	2,02
11. Encerado	1,93
12. Secado	2,70
13. Transporte	-
14. Calibrado	10,95
15. Empacado	6,6
16. Pesado	1
17. Paletizado	3
18. Enfriado	8
Total	59,56

Tabla n°39: Indicadores de producción de estado futuro

Indicadores de producción del estado futuro		
Indicadores	Cantidad	Unidades
Capacidad instalada	7,00	Ton/h
Producción	5,50	pallet/h
Capacidad efectiva	5,5	Ton/h
Capacidad utilizada	0,79	%
Capacidad ociosa	1,45	Ton/h
Productividad	0,09	pallet/min

Por último, con el proceso ya estandarizado y dotado de flexibilidad es necesario preparar personal polivalente con el fin de evitar contratar operarios para tareas sencillas que pueden ser realizadas por los que ya se encuentran en otras tareas que demandan poco tiempo y por lo cual pueden encargarse de múltiples tareas. Este es el caso de los operarios que se encargaban solamente de retirar el descarte en selección, los operarios encargados de ordenar el ingreso del mango a la faja calibradora, los operarios encargados de controlar la temperatura de la poza de tratamiento fúngico y el túnel de secado y los operarios cuya función era monitorear la temperatura del túnel de enfriamiento y de la cámara de almacenado.

A continuación se presenta el mapa de flujo de valor futuro en el gráfico n°10, el cual está basado en el mapa de flujo de valor actual pero con el establecimiento de todas las mejoras detalladas.

5.2. Nuevos indicadores de producción y productividad

El trabajo estandarizado permitió determinar el conjunto de procedimientos de trabajo que conforman el mejor método y secuencia para cada operación. Este primer paso tuvo como consecuencia la mejora de los tiempos de ciclo de las operaciones.

Con la metodología Shojinka fue posible la eliminación de desperdicios a través de la adopción de una disposición en flujo que permita el máximo aprovechamiento del espacio disponible y del personal. Además se pudo ajustar el tiempo de ciclo al tiempo ideal adaptado a los movimientos de la demanda.

Estas metodologías aplicadas en el orden explicado permitieron eliminar las operaciones que no agregaban valor al producto y el retrabajo de la etapa de empaclado, además de mejorar los tiempos de ciclo de cada operación, sincronizar el ritmo de producción con la demanda de producto por turno y ajustar el número de operarios a los tiempos estándar establecidos.

A continuación, en la tabla n°40 se puede visualizar la mejora de los tiempos de ciclo de cada operación y del tiempo de ciclo total respecto de los tiempos actuales.

Tabla n°40: Comparación de los tiempos actuales y estandarizados

Comparación de los tiempos de estado actual y futuro			
Operación	Tiempos estado actual (min)	Tiempos estándar (min)	Reducción de tiempo (min)
Descarga	5,5	3,53	1,97
Transporte	1,36	1,31	0,05
Trasporte	1,36	-	-
Lavado	0,20	0,20	-
Transporte	0,20	-	-
Transporte-Secado	0,63	0,55	0,08
Selección	0,75	0,43	0,32
Tratamiento fúngico	3,73	3,86	-
Transporte	0,75	0,58	0,17
Transporte-Secado	0,67	0,62	0,05
Encerado	0,67	0,62	0,05
Secado	0,36	0,41	-
Transporte	0,23	-	-
Calibrado	0,55	0,35	0,2
Empacado	0,87	0,55	0,32
Pesado	0,24	0,21	0,03
Paletizado	12	10,9	1,1
Enfriado	300	300	-
Almacenado en cámara	1-5 días	30	-
Despacho	30		30
TCT (Tiempo de ciclo total)	30,07	24,12	5,95

Esta mejora en los tiempos de ciclo también permitió incrementar el ritmo de producción y ajustarlo a la demanda. Actualmente se produce a un ritmo de 5 pallets/h, como ya se calculó en el apartado 3.1.2, pero con la mejora de los tiempos y su ajuste a la demanda que es de 2,5 *container* por turno, se ha logrado incrementar el ritmo de producción a 5,5 pallets/h. Con este ritmo de producción se satisface exactamente la demanda del cliente, evitando stocks de producto por procesar o terminado.

En el trimestre de producción del 2011, se produjeron 1672 pallets al ritmo de producción de 5 pallet/h. Pero como con la propuesta elaborada se logra incrementar el ritmo de producción a 5,5 pallet/h. Con este nuevo ritmo de producción se podría obtener una producción aproximada de 1839 pallets por temporada siempre y cuando el flujo de ingreso de materia prima sea igual que en la temporada estudiada.

$$5 \text{ Pallet/h} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 1672 \text{ Pallet/trimestre}$$

$$5,5 \text{ Pallet/h} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x \text{ Pallet/trimestre}$$

$$x = \frac{5,5 \cdot 1672}{5} = 1839 \text{ Pallet/trimestre aproximadamente.}$$

En la tabla n°41 se puede visualizar una comparación de los indicadores de producción actuales con los de la propuesta de mejora.

Tabla n°41: Comparación de los indicadores de producción

Comparación de los indicadores de producción			
Indicadores	Estado actual	Estado futuro	Unidades
Capacidad instalada	7,0	7,0	Ton/h
Producción	5	5,5	pallet/h
Capacidad efectiva	5,04	5,55	Ton/h
Capacidad utilizada	0,72	0,79	%
Capacidad ociosa	1,96	1,45	Ton/h
Productividad	0,08	0,09	pallet/min

Esta reducción en el tiempo de ciclo se debió a la reducción de las distancias recorridas a lo largo del proceso a través de la omisión de algunos transportes que no agregaban valor al producto ni apoyaban a la operación posterior. En la tabla n°42 se muestra una comparación de las distancias recorridas y su reducción al eliminar los transportes innecesarios.

Tabla n°42: Distancias recorridas en estado actual y futuro

Comparación de distancia recorrida por operación en estado actual y futuro			
Operación	Metros		
	Estado actual	Estado futuro	Reducción de recorrido
1. Descarga	-	-	-
2. Transporte	6	-	6
3. Transporte	6	6	-
4. Lavado	2,81	2,81	-
5. Transporte	2,22	-	2,22
6. Transporte-Secado	2,13	2,13	-
7. Selección	4,61	4,61	-
8. Tratamiento fúngico	7,81	7,81	-
9. Transporte	1,55	-	1,55
10. Transporte-Secado	2,02	2,02	-
11. Encerado	1,93	1,93	-
12. Secado	2,70	2,70	-
13. Transporte	1,5	-	1,5
14. Calibrado	10,95	10,95	-
15. Empacado	6,6	6,6	-

16. Pesado	1	1	-
17. Paletizado	3	3	-
18. Enfriado	8	8	-
Total	70,83	59,56	11,27

Por otro lado, con la propuesta se creyó también conveniente redistribuir los operarios en los puestos de trabajo existentes basándose en que el personal debe ser polivalente y en la mejora del ritmo de trabajo de 12 min/pallet a 10,9 min/pallet, lo cual significa que será necesaria una mayor fuerza laboral en el área de empaçado y paletizado para poder llegar a ese ritmo y mantenerlo. En la tabla n°43 se puede visualizar la distribución de operarios basada en el nuevo ritmo de trabajo.

Tabla n°43: Distribución de operarios de la propuesta

Comparación de distribución de operarios de estado actual y futuro		
Operación	N° Operarios	
	Estado actual	Estado futuro
1. Descarga	4	4
2. Transporte	1	1
3. Transporte		
4. Lavado	3	2
5. Transporte	-	-
6. Transporte-Secado	-	-
7. Selección	5	6
8. Tratamiento fúngico	1	1
9. Transporte	-	-
10. Transporte-Secado	-	-
11. Encerado	-	-
12. Secado	1	*
13. Transporte	-	-
14. Calibrado	3	1
15. Empacado	26	24
16. Pesado	5	8
17. Paletizado	8	10
18. Enfriado	2	2
Total	59	59

* En la operación de secado participará el mismo operario de la operación n°8

VI. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Actualmente se produce 5 pallet/h, pero con la eliminación de las operaciones que no agregan valor al producto, se logra reducir el tiempo de ciclo total de 30,07 a 24,12 minutos. Con este tiempo de ciclo ajustado a la demanda insatisfecha se logra producir 5,5 pallet/h, lo cual significa que se incrementa el ritmo de la producción en 0,5 pallet/h. Este incremento se traduce en un incremento promedio de los ingresos del 7% (Ver tabla n° 44).

Tabla n°44: Ingreso por mejor de la línea de producción

Año	Demanda proyectada	Demanda del proyecto (Demanda insatisfecha)	\$/pallet	Ingreso total (\$)	Ingreso por mejora (\$)	%
2013	1758	42	149	261942	6258	2
2014	1800	84	158	284400	13272	5
2015	1841	125	166	305606	20750	7
2016	1883	167	174	327642	29058	9
2017	1925	209	183	352275	38247	11
Promedio						7

En la tabla n°44, se calcula el ingreso total y el ingreso por la cantidad producida gracias a la mejora de la línea de producción, para cada uno de los próximos cinco años. Además se halla el porcentaje de ingreso que representa la mejora de la línea de producción respecto del total de los ingresos por cada año. De esta forma se obtiene que en promedio el 7% del ingreso, en cada uno de los próximos 5 años, es producto de la mejora realizada en la línea de producción.

Por otro lado, la inversión total en la propuesta hace un total de \$3698, tal y como se observa en la tabla n°45.

Tabla n°45: Inversión total en la propuesta de mejora

<i>Descripción</i>	<i>Inversión Total (\$)</i>	<i>Promotor del Proyecto (\$)</i>	<i>Financiamiento (\$)</i>
CAPITAL DE TRABAJO	0	0	
<i>Tangible</i>			
<i>Accesorios de ferretería</i>	153	153	
<i>Intangible</i>			
<i>Estudio</i>	473	473	
<i>Capacitación</i>	2144	2144	
<i>Ensamblaje de línea</i>	928	928	
TOTAL	3698	3698	0,00
PORCENTAJE	100%	100%	0%

* En dólares americanos

En la inversión necesaria para la realización de la mejora, el capital de trabajo es cero porque no se necesitará de un capital para soportar el inicio de los cambios, puesto que se continúan teniendo ingresos estables y se empieza a obtener ganancias por la mejora desde el tercer año.

En lo que respecta al ensamblaje de la línea de producción, en la tabla n°46 y n°47 se detalla la inversión requerida.

Tabla n°46: Costo de nuevo ensamblaje de línea

Ensamblaje de línea	Cantidad	Costo (\$)	Costo total (\$)
Mano de obra técnica	4	232	928
Total			928

* En dólares americanos

Se prevé que a través de un equipo técnico se realice el ensamblaje de la línea de acuerdo a la propuesta. El ensamblaje de la línea tomaría como máximo 2 semanas.

Tabla n°47: Costos de accesorios para nuevo ensamblaje

Accesorios de ferretería	Cantidad	Unidades	Costo (\$)	Costo Total (\$)
Pernos	12	u	9	108
Lubricante industrial	3	galón	11	33
Grasa para maquinaria	3	Kg	4	12
Total				153

* En dólares americanos

Para el ensamblaje de la línea de producción se necesitará, además de mano de obra calificada, nuevas uniones, lubricantes y grasa.

Respecto de la inversión que implica el estudio realizado, en la tabla n°48 se detallan los importes necesarios para movilización, búsqueda de información, materiales y comunicación.

Tabla n°48: Costo del estudio

Estudio	Importe (\$)
Pasajes	192
Internet	200
Útiles de escritorio	10
Impresiones	36
Comunicaciones	35
TOTAL	473

* En dólares americanos

Respecto de la capacitación necesaria para poder implementar el ajuste del ritmo de trabajo al Takt Time, se detalla en la tabla n°49 la inversión necesaria.

Tabla n°49: Capacitación del personal

Capacitación	Importe (\$)
Actividades múltiples	1430
Mejora del desempeño	714
Total	2144

* En dólares americanos

Esta capacitación servirá también para que la mejora sea sostenible en el tiempo, de modo que el personal esté apto en la realización de diferentes actividades y para que su desempeño en dichas actividades mejore en cuanto a rendimiento por hora.

Por otro lado, los gastos generales de fabricación se pueden observar en la tabla n°50.

Tabla n°50: Gastos generales

<i>Descripción</i>	Costos Variables Por unidad (\$)	Costos Fijos Por Año(\$)
SUELDOS		0,00
SALARIOS	0,00	
SUMINISTROS	1,81	
TOTAL GASTOS UNITARIOS	1,813	0,00
UNIDADES POR PERIODO	209	209
TOTAL GASTOS POR PERIODO	378,83	0,00
GASTOS TOTALES	378,83	0,00

* En dólares americanos

En la tabla n°51 se puede observar los costos que implican los suministros para el proceso productivo de la planta de mango Kent fresco.

Tabla n°51: Suministros de producción

Suministros de producción	Cantidad/pallet	Unid	\$/unidad	Total/pallet (\$)
Cloro	0,11	g	0,05	0,005
Agua	0,09	m ³	0,15	0,013
Energía eléctrica*	1,79	Kw-h	1	1,794
Total				1,813

* En dólares americanos

Los costos variables que implican la producción de un pallet de mango ascienden a \$150,98 como se detalla en la tabla n°52.

Tabla n°52: Costos variables por pallet

COSTOS VARIABLES				
<i>Materiales e Insumos</i>	<i>Unidad de Medida</i>	<i>Precio Unitario \$</i>	<i>Índice de Consumo</i>	<i>COSTO POR UNIDAD \$</i>
Mango	Kg	0,05	1008	50,40
Cera	L	3,45	1,09	3,77
Sportak	L	45,00	0,10	4,46
Mertec	L	35,00	0,003	0,11
Ac. Cítrico	Kg	0,80	0,06	0,05
Registros pallet	Millones	0,20	0,002	0,0004
Cajas	u	0,30	252,00	75,60
Stiker	u	0,001	34,15	0,03
Clavos	g	2,50	0,01	0,02
Grapas	Millones	3,00	0,02	0,06
Zuncho (cinta plástica)	Rollos	5,00	0,10	0,49
Esquinero	u	1,00	4,00	4
Parihuela (plataforma)	u	12	1,00	12
TOTAL				150,98

* En dólares americanos.

Finalmente, en la tabla n°53 tenemos las ventas adicionales que se realizarán por la mejora, en unidades físicas y monetarias, de mango Kent exportable en pallets.

Tabla n°53: Ventas e ingresos

<i>Periodo</i>	<i>Unidades Vendidas</i>	<i>Precio (\$)</i>	<i>Ingresos(\$)</i>
Año 1	42	149	6276
Año 2	84	158	13251
Año 3	125	166	20759
Año 4	167	174	29122
Año 5	209	183	38184

* En dólares americanos

Estas unidades vendidas provienen del plan de ventas (ver tabla n°23), el cual está basado en la demanda del proyecto, para el cual se consideró la totalidad de la demanda insatisfecha (ver tabla n°13).

Con los ingresos para los próximos 5 años, los costos de operación y la inversión requerida para la propuesta, obtenemos un flujo de caja favorable. (Ver tabla n°54)

Tabla n°54: Flujo de caja

Descripción	Pre	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Operativo	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
ENTRADA DE EFECTIVO	3,698	6	13	21	29	38
1. ENTRADA DE FONDOS	3,698	0	0	0	0	0
1.1 CAPITAL SOCIAL	3,698					
1.2 PRESTAMO A LARGO PLAZO	0					
1.3 PRESTAMOS A CORTO PLAZO						
2. ENTRADA DE OPERACIONES	0	6	13	21	29	38
2.1 VENTAS AL CONTADO		6	13	21	29	38
2.2 VENTAS AL CREDITO		0	0	0	0	0
SALIDA DE EFECTIVO	3,698	6	13	19	25	32
3. AUMENTO DEL ACTIVO FIJO	3,698					
5. COSTOS DE EXPLOTACION		6	13	19	25	32
6. INTERESES		0	0	0	0	0
7. REEMBOLSOS DE LOS PRESTAMOS		0	0	0	0	0
SUPERAVIT (DEFICIT)	0	(0)	1	2	4	7
SALDO ACUMULADO DE EFECTIVO	0	0	1	2	6	13
CORRIENTES DE LIQUIDEZ NETAS	-3,698	0	1	2	4	7
Tasa de Interés de Retorno (TIR)	35%					

* En miles de dólares americanos

Como se puede apreciar, en la tabla anterior, la inversión en la mejora de la línea de producción sí es rentable, obteniendo una tasa interna de retorno de 35%.

VII. CONCLUSIONES

- Los problemas identificados en el proceso de producción de mango fresco para exportación de Gandules Inc. S.A.C. fueron la existencia de operaciones que no agregaban valor al producto, tales como los transportes innecesarios, luego de las operaciones de descarga de la fruta, lavado, y secado en túnel. Además, se detectó desperdicios por procesamiento incorrecto y retrabajo, en las áreas de selección y empaque del mango.
- Las causas que originaron los problemas identificados fueron el diseño deficiente de la línea de producción, escaso conocimiento de los requerimientos de calidad del producto y de los tiempos variables de cada operación. Todo esto no permitía producir al ritmo de la demanda.
- Las herramientas de mejora más adecuados para la solución de los problemas identificados fueron la estandarización del trabajo (SW) y el Takt Time (ajuste del ritmo de trabajo a la demanda). La estandarización del trabajo permitió uniformizar los tiempos y el procedimiento de cada operación, mientras que el Takt Time permitió ajustar el ritmo de producción a la demanda.
- La propuesta de mejora consistió en la eliminación de 3 transportes innecesarios (lo cual implica un nuevo ensamblaje para la línea de producción en 3 áreas), el ajuste del ritmo de producción a la demanda, la redistribución del personal según las necesidades de trabajo en cada área y la eliminación de los almacenes provisionales de materia prima y producto terminados, lo cual permitió ordenar el flujo de ingreso y salida de los materiales y la información.
- Con la estandarización del trabajo y el ajuste del ritmo de trabajo al Takt Time, se logró incrementar la producción en 0,5 pallet/hora, mejorando la productividad del proceso respecto del tiempo y mano de obra utilizados, ya que se continúa utilizando la misma cantidad de ambos recursos.
- La reducción del tiempo de ciclo de total, benefició la productividad de la planta y asegura la calidad del producto hasta la operación de despacho, pero el arribo de éste, a Europa, en óptima condición, continua sujeto a la frecuencia de salida de los embarques en el puerto de Paita.
- El beneficio que implica la propuesta de mejora, es un incremento de los ingresos del 7%, en promedio, respecto del ingreso total anual en los próximos 5 años.

VIII. SUGERENCIAS

- Especificar a través de pines de guía²¹, las características que el producto en proceso debe tener para que pueda ingresar a la siguiente etapa. De preferencia en las etapas críticas del proceso que en este caso son selección y empaque, para de esta forma contribuir a eliminar el retrabajo realizado en empaçado.
- Procurar que la planta tenga sus propias jabas en las etapas de selección y empaçado para la fruta de descarte que luego es transportada a IQF. De esta forma no se perdería tiempo y personal trasegando la fruta de unas jabas a otras porque el cliente las solicita, y además se evitaría la congestión que el traslado de jabas genera.
- Buscar la estabilidad laboral de los operarios, mediante el ofrecimiento de capacitaciones regulares certificadas para que fortalezcan sus habilidades y desarrollen nuevas, permitiéndoles crecer dentro de la empresa, de forma que se cuente con trabajadores multifuncionales que se desempeñen con un buen nivel en cualquier puesto de la línea de producción.
- Evitar el incremento de la capacidad de producción en una determinada etapa, a una capacidad mayor que la de la operación siguiente. Esto sólo genera cuellos de botella y posterior procesamiento incorrecto y retrabajo.

²¹ Herramienta visual de Poka Yoke que consiste en una ficha con datos técnicos del producto u operación que se realiza.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEX. 2009. Exportadores de mango fresco apuntan ahora a la industrialización. <<http://industriadelperu.blogspot.com/2009/08/exportadores-de-mango-fresco-apuntan.html>> (revisado el 18 de abril de 2011).
- Agrobanco. 2007. Cultivo del mango. <http://www.agrobanco.com.pe/cultivo_del_mango.pdf> (revisado el 3 de mayo de 2011).
- Beaulieu, Liz. 2010. Be lean, not mean. HME News Vol.16:19. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2113523011&sid=9&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 7 de octubre de 2010).
- Chase, Richard B. y F. Robert, Jacobs, et all. 2009. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. México: McGraw-Hill.
- CODEX. 2005. Norma del CODEX para el mango: CODEX STAN 184-1993. <http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1093_MANGOSP.PDF> (Revisado el 28 de febrero de 2011).
- Cuatrecasas, Luis. 2009. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. España: Profit editorial.
- Cudney, Elizabeth. 2010. Implementing lean manufacturing. Dearborn Vol. 144: 83,7. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2003006831&sid=7&Fmt=4&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2010).
- Díaz de Basurto, Paolo y Patxi Ruiz de Arbulo. 2003. El value stream mapping: una herramienta básica para hacer progresos hacia la producción ajustada. <http://io.us.es/cio2003/comunicaciones/Art_042.pdf> (revisado el 13 de octubre de 2010).
- Galán, V. 1999. El cultivo de mango. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Hines, Peter. 2008. Implementing lean new product development. Norcross 1462, 6. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1853092481&sid=4&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2010).
- JCM Consulting Technologies. 2009. Agriculture and Lean Manufacturing. <http://jcmcontech.com/services_agriculture.html> (revisado el 6 de noviembre de 2010).
- Kanawaty, G. 2006. Introducción al estudio del trabajo. México: Limusa
- Lariviere, Peter. 2010. Looking inwards, going lean. Assembly Vol. 53: 29,3. <<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2014967911&sid=7&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 8 de noviembre de 2010).

- Lieffering, G. 2009. El mercado europeo de mango peruano bajo el sello Fairtrade y orgánica.
<http://cordaid.peers.me/api/publications/w+v5sCq11PF0rcB/attachments/Mercado_EU_de_mango_Peruana_FT_y_Organico.pdf> (Revisado el 2 de mayo de 2011).
- Meyers, F. 2000. Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. México: Pearson Education.
- Panizo, D. 2004. Perfil de mercado del mango.
<<http://www.prompex.gob.pe/Miercoles/Portal/MME/descargar.aspx?archivo=CCF5075F-376A-4070-ACA1-FF27BB9171A4.PDF>> (Revisado el 3 de mayo de 2011).
- Pantastico, B. 1979. Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. México: Compañía editorial continental.
- Paredes, L. 2010. APEM anunció que campaña de mango 2010-2011 será positiva.
<<http://agronegociosenperu.blogspot.com/2010/09/apem-anuncio-que-campana-de-mango-2010.html>> (Revisado el 27 de abril del 2011).
- PROMPERU. 2008. Reporte comercial de mango orgánico del Perú.
<<http://www.prompex.gob.pe/Prompex/Documents/e77ef2d2-a3d0-4ded-8e83-4087f2ffbb3d.pdf>> (Revisado el 4 de mayo de 2011).
- Texas Tech University. Departamento de ingeniería industrial. 2009. Un marco para la aplicación de las técnicas Lean en procesos industriales. Departamento de ingeniería industrial. Lubbock: Departamento de ingeniería industrial.
- Rojas, Carlos. 1996. Diseño y control de producción I. Perú: Editorial Libertad.
- Villaseñor, Alberto. 2007. Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica. México: Limusa.
- Villaseñor, Alberto. Y Edber, Galindo. 2007. Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. México: Limusa.
- Weber, Austin. 2009. How to improve your line in '09. Assembly Vol. 52: 44,6.
<<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=1667039221&sid=3&Fmt=3&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 4 de octubre de 2010).
- Woehrle, S. L. and L. Abou-Shady. 2010. Using Dynamic Value Stream Mapping and Lean Accounting Box Scores to support Lean Implementation. American Journal of Business Education Vol.3:67.
<<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=2125342281&sid=9&Fmt=4&clientId=93478&RQT=309&VName=PQD>> (revisado el 18 de octubre de 2010).

X. ANEXOS

ANEXO 1: CONSTANCIA DE TOMA DE DATOS DE PRODUCCIÓN EN GANDULES INC. S.A.C.


CONSTANCIA DE ASISTENCIA

Por medio de la presente, dejamos constancia que la Srta. Alejandra Saavedra Latorre, identificada con DNI 46324820, ha tomado datos de producción de mango fresco en la Planta de Jayanca de Gandules Inc. SAC (Antigua Panamericana Norte km 43,5 Jayanca-Lambayeque) durante las fechas 3, 5, 8, 10, 12, 16 y 22 de febrero del 2011.

Durante este tiempo ha registrado: el flujo de entrada de materia prima y salida de producto terminado, tiempos y distancia de recorrido por cada operación, número de operarios y costos de producción.

Y para que conste, expido el presente documento para los fines que crea necesarios.

Jayanca, 12 de Abril del 2012.


.....
Ing. Victor Morales Moquillaza
GERENTE PRODUCCION
GANDULES INC SAC.
.....

Victor Morales Moquillaza
Gerente de Producción

ANEXO 2: DATOS DE ENTRADA Y PRODUCCIÓN

Tabla n°55: Ingreso de mango, con sumo en línea, descarte, y producción

Cuadro de Ingreso, descarte y producción de cajas mango (4kg.) por proveedor											
Fecha	Proveedor	lote	Ingreso (Kg.)	Consumo (Kg.)	Descarte (Kg.)			Cajas producidas			
					Selección	Empaque	Total				
03/02/2011	Mochica	1	9106	8476	452	178	630	4520			
		2	11033	10100	620	313	933				
05/02/2011	Mochica	1	13070	11957	615	498	1113	4245			
		2	6414	5454	490	470	960				
08/02/2011	Gandules	1	1360	1182	100	78	178	7304			
	Mochica	1	7601	6674	537	390	927				
		2	11202	10729	274	199	473				
		3	13849	11327	1524	998	2522				
		10/02/2011	Gandules	1	5180	4766	290		124	414	21100
		2		3202	2822	250	130		380		
		3	3831	3280	312	239	551				
		4	4425	3942	300	183	483				
		5	3948	3543	225	180	405				
		6	3874	3361	280	233	513				
		7	4560	3996	354	210	564				
		8	4410	3837	360	213	573				
		9	2416	2132	139	145	284				
		10	2816	2411	256	149	405				
		11	8991	7817	664	510	1174				
	Mochica	1	12840	11923	504	413	917				
		2	11852	10664	784	404	1188				
		3	12439	10255	1340	844	2184				
		4	14009	12297	1062	650	1712				
		5	13758	12498	766	494	1260				
12/02/2011	Gandules	1	4456	3634	420	402	822		22832		
		2	4603	4101	252	250	502				
		3	4619	3642	521	456	977				
		4	4681	3250	1085	346	1431				
	Mochica	1	13218	11456	1018	744	1762				
		2	13142	10373	1881	888	2769				
		3	12416	8936	2606	874	3480				
		4	8302	6852	924	520	1444				
		5	8850	7421	728	631	1359				
		6	6986	6104	217	647	864				
16/02/2011	Gandules	1	4693	4318	250	125	375			12474	
		2	2838	2232	230	376	606				
	Mochica	1	13531	11649	1055	827	1882				
		2	12969	11092	1153	724	1877				
	Pafu	1	7070	4644	2244	182	2426				
		2	6291	4789	894	608	1502				
		3	5997	4890	520	587	1107				
		4	5220	3999	754	467	1221				
		5	7168	5811	636	721	1357				
		6	5710	4515	666	529	1195				
		7	6898	5000	869	1029	1898				
		8	6712	5460	682	570	1252				
22/02/2011	Gandules	1	4590	3944	547	99	646	22915			
		2	4473	3611	503	359	862				
		3	4400	3297	762	341	1103				
		4	4282	2988	553	741	1294				
		5	5628	3701	985	942	1927				
	Mochica	1	13770	12177	1167	426	1593				
2		13600	11437	1316	847	2163					
		3	12420	9655	1826	939	2765				
		4	13644	10637	1899	1108	3007				
		5	7759	6199	1257	303	1560				
	Pafu	1	7030	6177	573	280	853				
		2	7089	6147	592	350	942				
		3	2989	2611	188	190	378				
		4	3940	3248	441	251	692				
		5	9080	7352	1270	458	1728				
		6	7352	6245	784	323	1107				
		7	3530	2505	519	486	1005				

ANEXO 3: ESTUDIO DE TIEMPOS

Tabla n°56: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 3/02/11

Estudios de tiempos											
Departamento											Estudio núm:
Operación:						Estudio de métodos núm.:					Hoja núm: 1 de 7
Instalación/máquina:						Núm:					Término:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Comienzo:
Producto/pieza:											Núm:
Plano núm:											Material:
Calidad:											Operario:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											Ficha núm:
Observado por:											Fecha:
Comprobado:											3/02/2011
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	100	100	100	100	50	100	100	100
	C.	8,10"	13,40"	8,03"	6,52"	7,21"	5,83"	22,29"	8,13"	9,18"	7,10"
	T.B.	0,14'	0,17'	0,13'	0,11'	0,12'	0,1'	0,19'	0,14'	0,15'	0,12'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	12,30"	11,10"	10,69"	11,88"	10,04"	11,68"	11,37"	10,10"	12,10"	11,9"
	T.B.	0,21'	0,19'	0,18'	0,2'	0,17'	0,19'	0,19'	0,17'	0,2'	0,2'
Secado	V.	100	100	50	50	100	50	75	50	50	50
	C.	24,01"	22,25"	48,02"	39,66"	29,15"	49,84"	26,79"	42,13"	40,10"	47,12"
	T.B.	0,4'	0,37'	0,4'	0,33'	0,49'	0,42'	0,33'	0,35'	0,33'	0,39'
Selección	V.	75	50	100	75	100	100	75	100	100	100
	C.	32,51"	32,95"	21,41"	28,21"	24,16"	19,65"	27,59"	28,14"	26,13"	25,10"
	T.B.	0,41	0,27	0,36	0,35	0,4	0,33	0,34	0,47	0,44	0,42
T.F.	V.	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'	75'
	C.	3'39,88"	3'32,56"	3'34,85"	3'39,18"	3'35,77"	3'40,66"	3'46,73"	3'29,18"	3'35,28"	3'32,15"
	T.B.	2,7485	2,66	2,685625	2,73975	2,697125	2,76	2,834125	2,61475	2,691	2,651875
Transporte	V.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	C.	49,89"	45,34"	42,71"	43,29"	41,36"	42,29"	45,32"	43,28"	42,11"	41,18"
	T.B.	0,42'	0,38'	0,36'	0,36'	0,34'	0,35'	0,38'	0,36'	0,35'	0,34'
Secado	V.	100	100	50	100	75	100	50	50	50	50
	C.	27,34"	28,67"	58,32"	22,18"	37,46"	27,34"	56,27"	41,62"	45,48"	40,60"
	T.B.	0,46'	0,48'	0,49'	0,37'	0,47'	0,46'	0,47'	0,35'	0,38'	0,34'
Encerado	V.	75	100	50	75	75	50	75	75	75	75
	C.	33,92"	28,08"	52,07"	33,39"	32,19"	43,75"	33,50"	34,99"	35"	32,65"
	T.B.	0,42'	0,47'	0,43'	0,42'	0,4'	0,36'	0,42'	0,44'	0,44'	0,41'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	22,23"	21,70"	21,00"	23,29"	23,02"	23,22"	23,87"	22,55"	23,50"	23"
	T.B.	0,37'	0,36'	0,35'	0,39'	0,38'	0,39'	0,4'	0,38'	0,39'	0,38'

Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico

Tabla n°57: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 5/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento											Estudio núm:
Operación: Estudio de métodos núm:											Hoja núm: 2 de 7
Instalación/máquina: Núm:											Término:
											Comienzo:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Tiempo transc:
Producto/pieza: Núm:											Operario:
											Ficha núm:
Plano núm: Material:											Observado por:
											Fecha: 5/02/2011
Calidad:											Comprobado:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	17,56"	7,13"	5,98"	7,39"	7,24"	9,03"	10,66"	7,21"	9"	8"31
	T.B.	0,22'	0,12'	0,10'	0,12'	0,12'	0,15'	0,18'	0,12'	0,15'	0,14'
Transporte	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	33,28"	10,10"	11,20"	10,46"	10,85"	8,34"	10,21"	10,53"	11,45"	12,43"
	T.B.	0,42'	0,17'	0,19'	0,17'	0,18'	0,14'	0,17'	0,18'	0,19'	0,21'
Secado	V.	75	75	75	100	50	100	50	100	100	100
	C.	23,90"	30,88"	35,75"	17,86"	39,42"	28,90"	39,84"	19,14"	21,15"	21,12"
	T.B.	0,30'	0,39'	0,45'	0,30'	0,33'	0,48'	0,33'	0,32'	0,35'	0,35'
Selección	V.	50	50	75	100	75	100	100	75	75	75
	C.	30,64"	3'46,53"	29,43"	27,87"	28,59"	26,73"	22,93"	32,57"	30,35"	30,28"
	T.B.	0,26'	1,89'	0,37'	0,46'	0,36'	0,45'	0,38'	0,41'	0,38'	0,38'
T.F.	V.	50	100	75	75	75	50	75	75	75	75
	C.	4'14,63"	4'12,12"	3'48,38"	3'52,28"	3'56,59"	4'39"	3'57,84"	3'37,85"	3'35,55"	3'40,70"
	T.B.	2,12'	4,20'	2,85'	2,90'	2,96'	2,33'	2,97'	2,72'	2,69'	2,76'
Transporte	V.	100	40	50	50	50	100	50	50	50	50
	C.	19,71"	42,29"	40,44"	44,70"	45,54"	7,21"	41,78"	49,48"	45,38"	47,38"
	T.B.	0,33'	0,28'	0,34'	0,37'	0,38'	0,12'	0,35'	0,41'	0,38'	0,39'
Secado	V.	50	100	100	75	50	50	100	100	100	100
	C.	36,22"	21,38"	28,02"	28,66"	53,92"	1'08,10"	24,95"	19,77"	22,30"	21,65"
	T.B.	0,30'	0,36'	0,47'	0,36'	0,45'	0,57'	0,42'	0,33'	0,37'	0,36'
Encerado	V.	100	100	50	75	50	50	50	75	75	75
	C.	22,02"	22,38"	42,71"	28,35"	1'02,19"	2'41,18"	54,65"	39,72"	41,32"	38,53"
	T.B.	0,37'	0,37'	0,36'	0,35'	0,52'	1,34'	0,46'	0,50'	0,52'	0,48'
Secado	V.	100	100	75	75	100	100	100	100	100	100
	C.	18,53"	1,8"	32,87"	23,25"	18,38"	24,47"	21,19"	22,86"	22"	22,83"
	T.B.	0,31'	0,03'	0,41'	0,29'	0,31'	0,41'	0,35'	0,38'	0,37'	0,38'

Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico

Tabla n°58: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 8/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento										Estudio núm:	
Operación:										Estudio de métodos núm:	
Instalación/máquina:										Núm:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.										Término:	
										Comienzo:	
Producto/pieza:										Núm:	
Plano núm:										Material:	
Calidad:										Comprobado:	
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	100	100
	C.	12,83"	7,33"	7,43"	11,17"	10,83"	6,88"	13,24"	9,10"	10,41"	7,37"
	T.B.	0,21'	0,09'	0,09'	0,19'	0,14'	0,09'	0,17'	0,11'	0,17'	0,12'
Transporte	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	100	100
	C.	10,43"	11,53"	10,85"	11,59"	11,89"	9,92"	12,10"	10,76"	10,50"	11,20"
	T.B.	0,17'	0,14'	0,14'	0,19'	0,15'	0,12'	0,15'	0,13'	0,18'	0,19'
Secado	V.	100	75	75	100	75	75	75	75	75	75
	C.	32,20"	43"	28,62"	1'03,58"	27,96"	18,20"	19,42"	24,69"	30,64"	32,90"
	T.B.	0,54'	0,54'	0,36'	1,06'	0,35'	0,23'	0,24'	0,31'	0,38'	0,41'
Selección	V.	75	75	75	75	50	75	75	75	75	100
	C.	27,21"	21,22"	26,45"	28,41"	32,59"	27,47"	28,44"	24,83"	25,35"	28,60"
	T.B.	0,34'	0,27'	0,33'	0,36'	0,27'	0,34'	0,36'	0,31'	0,32'	0,48'
T.F.	V.	50	75	75	100	75	75	75	75	75	50
	C.	4'15,62"	3'35,76"	3'42,08"	3'51,24"	3'40,68"	3'56,40"	3'51,11"	3'50"	3'37"	4'39,30"
	T.B.	2,13'	2,70'	2,78'	3,85'	2,76'	2,96'	2,89'	2,88'	2,71'	2,33'
Transporte	V.	50	50	50	100	50	50	50	50	50	50
	C.	41,60"	1'01,44"	50,83"	43,23"	49,16"	47,79"	48,03"	47"	51,31"	1'03,79"
	T.B.	0,35'	0,51'	0,42'	0,72'	0,41'	0,40'	0,40'	0,39'	0,43'	0,53'
Secado	V.	75	100	50	100	100	75	100	100	100	50
	C.	25,82"	24,30"	31,62"	50,33"	22,33"	27,82"	26,78"	20"	28,20"	39,64"
	T.B.	0,32'	0,41'	0,26'	0,84'	0,37'	0,35'	0,45'	0,33'	0,47'	0,33'
Encerado	V.	100	50	50	100	100	50	50	75	100	100
	C.	37,11"	49,96"	1'08,64"	46,23"	26,03"	46,25"	45,79"	33,86"	22,63"	22,78"
	T.B.	0,62'	0,42'	0,57'	0,77'	0,43'	0,39'	0,38'	0,42'	0,38'	0,38'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	20,60"	22,69"	22,18"	21,75"	20,62"	21,89"	23,03"	22,60"	20,83"	2,52"

T.B.	0,34'	0,38'	0,37'	0,36'	0,34'	0,36'	0,38'	0,38'	0,35'	0,04'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico										

Tabla n°59: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 10/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento										Estudio núm:	
Operación:										Estudio de métodos núm:	
Instalación/máquina:										Núm:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.										Término:	
										Comienzo:	
Producto/pieza:										Núm:	
Plano núm:										Material:	
Calidad:										Comprobado:	
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	15,74"	9,63"	24,67"	8,73"	9,38"	13,90"	13,98"	9,03"	12,55"	11,45"
	T.B.	0,26'	0,12'	0,41'	0,11'	0,16'	0,17'	0,12'	0,15'	0,10'	0,10'
Transporte	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	10,70"	10,51"	11,20"	11,98"	10,41"	11,63"	10,98"	10,71"	12,29"	10,30"
	T.B.	0,18'	0,13'	0,19'	0,15'	0,17'	0,15'	0,09'	0,18'	0,10'	0,09'
Secado	V.	100	75	100	75	100	75	50	100	50	50
	C.	51,58"	31,33"	36,04"	22,92"	37,05"	26,73"	25,40"	58,31"	1'00,08"	1'08"
	T.B.	0,86'	0,39'	0,60'	0,29'	0,62'	0,33'	0,21'	0,97'	0,50'	0,57'
Selección	V.	75	75	75	75	75	50	50	75	75	75
	C.	29,96"	27,65"	29,43"	29,07"	24,97"	26,99"	31,43"	29,99"	26,79"	25,89"
	T.B.	0,37'	0,35'	0,37'	0,36'	0,31'	0,22'	0,26'	0,37'	0,33'	0,32'
T.F.	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	3'16,20"	2'24,75"	2'48,52"	2'31,06"	2'47,46"	2'49,53"	3'27,53"	4'01,98"	4'24,86"	4'22,76"
	T.B.	3,27'	2,41'	2,81'	2,52'	2,79'	2,83'	2,59'	4,03'	4,41'	4,38'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100
	C.	44,08"	20,76"	31,16"	42,27"	36,28"	1'07,65"	46,62"	6,29"	5,39"	49,98"
	T.B.	0,73'	0,35'	0,52'	0,70'	0,60'	0,85'	0,78'	0,10'	0,09'	0,83'
Secado	V.	100	100	100	100	100	75	100	100	100	100
	C.	43,04"	41,27"	23,39"	23,37"	35,88"	27,81"	25,80"	57,72"	55,32"	17,50"
	T.B.	0,72'	0,69'	0,39'	0,39'	0,60'	0,35'	0,43'	0,96'	0,92'	0,29'
Encerado	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	57,60"	21,79"	54,53"	36,31"	34,69"	35,91"	34,29"	44,90"	28,67"	27,77"
	T.B.	0,96'	0,36'	0,91'	0,61'	0,58'	0,60'	0,43'	0,75'	0,48'	0,46'
Secado	V.	100	100	100	100	100	100	75	100	100	100
	C.	21,02"	10,02"	22,11"	23,14"	21,45"	23,22"	21,79"	23,28"	22,98"	22,88"
	T.B.	0,35'	0,17'	0,37'	0,39'	0,36'	0,39'	0,27'	0,39'	0,38'	0,38'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	75	75
	C.	7,92"	12,79"	12,21"	9,27"	13,43"	8,60"	9,43"	13,22"	20,94"	21,84"
	T.B.	0,13'	0,21'	0,20'	0,15'	0,22'	0,14'	0,16'	0,22'	0,26'	0,27'
Calibrado	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	32,04"	34,02"	32,86"	35,06"	31,94"	44,64"	34,53"	35,36"	31,83"	32"

	T.B.	0,53'	0,57'	0,55'	0,58'	0,53'	0,74'	0,58'	0,59'	0,53'	0,53'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico											

Tabla n°60: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 12/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento											Estudio núm:
Operación: Estudio de métodos núm:											Hoja núm: 5 de 7
Instalación/máquina: Núm:											Término:
											Comienzo:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.											Tiempo transc:
Producto/pieza: Núm:											Operario:
											Ficha núm:
Plano núm: Material:											Observado por:
											Fecha: 12/02/2011
Calidad:											Comprobado:
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	50	50	50	75	50	50	75	75	75	75
	C.	20,63"	10,75"	10,44"	10,35"	10,20"	9,74"	23,17"	8,87"	9,10"	9,77"
	T.B.	0,17'	0,09'	0,09'	0,13'	0,09'	0,08'	0,29'	0,11'	0,11'	0,12'
Transporte	V.	50	50	50	75	50	50	75	75	75	75
	C.	10,60"	10,79"	11,62"	10,63"	10,43"	9,44"	38,96"	11,24"	11,20"	11,26"
	T.B.	0,09'	0,09'	0,10'	0,13'	0,09'	0,08'	0,49'	0,14'	0,14'	0,14'
Secado	V.	50	50	50	75	50	75	75	75	75	75
	C.	21,17"	29,95"	31,14"	49,36"	50,29"	28,83"	28,92"	59,06"	58,08"	40,15"
	T.B.	0,18'	0,25'	0,26'	0,62'	0,42'	0,36'	0,36'	0,74'	0,73'	0,50'
Selección	V.	75	75	50	50	50	0	50	100	100	100
	C.	29,05"	27,13"	29,72"	27,51"	31,70"	14'58,33"	2'60,56"	25,33"	25,36"	26,30"
	T.B.	0,36'	0,34'	0,25'	0,23'	0,26'	0,00'	1,50'	0,42'	0,42'	0,44'
T.F.	V.	100	100	75	100	50	75	100	100	100	100
	C.	3'48,63"	3'43,76"	3'52,23"	3'49,86"	3'49,93"	4'16,26"	3'37,44"	2'20,89"	3'55"	3'58"
	T.B.	3,81'	3,73'	2,92'	3,83'	1,92'	3,20'	3,62'	2,35'	3,92'	3,97'
Transporte	V.	100	100	75	50	75	100	100	100	100	50
	C.	55,33"	50,76"	49,08"	49,66"	9,62"	28,84"	26,22"	25,12"	24,23"	37,30"
	T.B.	0,92'	0,85'	0,61'	0,41'	0,12'	0,48'	0,44'	0,42'	0,40'	0,31'
Secado	V.	100	100	75	50	75	100	100	100	100	50
	C.	1'20,67"	45,04"	32,41"	1'23,90"	18,41"	37,44"	42,64"	40,50"	40"	46,30"
	T.B.	1,34'	0,75'	0,41'	0,70'	0,23'	0,62'	0,71'	0,68'	0,67'	0,39'
Encerado	V.	75	100	100	50	75	75	100	75	75	75
	C.	37,68"	28,08"	43,66"	1'05,95"	48,76"	35,56"	57,95"	56,17"	48,10"	52,18"
	T.B.	0,47'	0,47'	0,73'	0,55'	0,61'	0,44'	0,97'	0,70'	0,60'	0,65'
Secado	V.	75	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	23,53"	25,32"	22,42"	22,47"	21,90"	20,75"	21,84"	21,85"	21,40"	22"
	T.B.	0,29'	0,42'	0,37'	0,37'	0,37'	0,35'	0,36'	0,36'	0,36'	0,37'
Transporte	V.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C.	11,11"	11,30"	11,76"	11,95"	11,53"	13,62"	12,84"	13,62"	12,56"	12,52"
	T.B.	0,19'	0,19'	0,20'	0,20'	0,19'	0,23'	0,21'	0,23'	0,21'	0,21'
Calibrado	V.	50	50	75	100	100	100	100	100	100	100
	C.	40,83"	48"	54,49"	36,65"	38,15"	28,34"	27,33"	16,74"	18,65"	15,84"
	T.B.	0,34'	0,40'	0,68'	0,61'	0,64'	0,47'	0,46'	0,28'	0,31'	0,26'

Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico

Tabla n°61: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 16/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento										Estudio núm:	
Operación: Estudio de métodos núm:										Hoja núm: 6 de 7	
Instalación/máquina: Núm:										Término:	
										Comienzo:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.										Tiempo transc:	
Producto/pieza: Núm:										Operario:	
										Ficha núm:	
Plano núm: Material:										Observado por:	
										Fecha: 16/02/2011	
Calidad:										Comprobado:	
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	50	100	75	75	50					
	C.	12,16"	7,05"	14,49"	13,72"	38,79"					
	T.B.	0,10'	0,12'	0,18'	0,17'	0,32'					
Transporte	V.	50	100	75	75	50					
	C.	10,89"	11,83"	6,15"	11,55"	11,86"					
	T.B.	0,09'	0,20'	0,08'	0,14'	0,10'					
Secado	V.	50	100	75	75	50					
	C.	44,27"	43,36"	39,51"	49,65"	1'33,17"					
	T.B.	0,37'	0,72'	0,49'	0,62'	0,78'					
Selección	V.	50	100	75	75	50					
	C.	25,88"	30,23"	26,96"	20,94"	24,69"					
	T.B.	0,22'	0,50'	0,34'	0,26'	0,21'					
T.F.	V.	50	100	75	100	50					
	C.	4'13,03"	4'00,03"	3'47,84"	3'39,30"	3'40,36"					
	T.B.	2,11'	4,00'	2,85'	3,66'	1,84'					
Transporte	V.	50	75	50	50	75					
	C.	46,49"	33,25"	55,60"	1'57,09"	57,05"					
	T.B.	0,46'	0,42'	0,46'	0,98'	0,71'					
Secado	V.	75	75	50	50	75					
	C.	45,74"	34,47"	1'51,30"	1'27,90"	37,01"					
	T.B.	0,57'	0,43'	0,93'	0,73'	0,46'					
Encerado	V.	75	100	75	50	75					
	C.	1'09,85"	28,92"	35,37"	26,51"	10,62"					
	T.B.	0,87'	0,48'	0,44'	0,22'	0,13'					
Secado	V.	75	100	75	75	75					
	C.	25,16"	23,16"	12,74"	14,55"	22,62"					
	T.B.	0,31'	0,39'	0,16'	0,18'	0,28'					
Transporte	V.	75	100	75	75	75					
	C.	9,58"	15,31"	33,22"	26,46"	10,62"					
	T.B.	0,12'	0,26'	0,42'	0,33'	0,13'					
Calibrado	V.	75	75	75	50	100					

	C.	24,45''	29,82''	12,74''	50,39''	35,84''					
	T.B.	0,31'	0,37'	0,16'	0,42'	0,60'					

Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico

Tabla n°62: Valoración, cronometraje, y tiempo base de la línea de producción del 22/02/2011

Estudios de tiempos											
Departamento										Estudio núm:	
Operación:										Estudio de métodos núm:	
Instalación/máquina:										Núm:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.										Término:	
										Comienzo:	
Producto/pieza:										Núm:	
Plano núm:										Material:	
										Operario:	
										Fecha: 22/02/2011	
Calidad:										Comprobado:	
Nota: Por cada día se tomaron 10 veces los tiempos de cada etapa, en un turno de trabajo (10 h.), con un intervalo de entre 0.5 h. Y 1 h.											
Operación		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavado	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	17,38''	14,69''	38,01''	10,37''	10,27''	10,53''	11''	9,78''	10,53''	10,33''
	T.B.	0,22'	0,18'	0,48'	0,13'	0,17'	0,13'	0,14'	0,12'	0,13'	0,13'
Transporte	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	10''	11,99''	10,95''	10,67''	11,30''	11,65''	12,25''	12,10''	12''	11,45''
	T.B.	0,13'	0,15'	0,14'	0,13'	0,19'	0,15'	0,15'	0,15'	0,15'	0,14'
Secado	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	42,21''	27,86''	25,11''	1'05,50''	43,45''	24,71''	22''	25,11''	25''	23,65''
	T.B.	0,53''	0,35''	0,31''	0,82''	0,72''	0,31''	0,28''	0,31''	0,31''	0,30''
Selección	V.	75	75	75	75	100	75	75	75	75	75
	C.	26,22''	26,48''	26,38''	35,64''	26''	28,22''	26,15''	26,23''	29''	27,33''
	T.B.	0,33'	0,33'	0,33'	0,45'	0,43'	0,35'	0,33'	0,33'	0,36'	0,34'
T.F.	V.	50	75	50	75	75	75	75	75	75	75
	C.	4'02,92''	3'552,89''	4'08,72''	3'35,36''	3'30''	3'29,40''	3'35''	3'45''	3'30,48''	4'09''
	T.B.	2,02'	2,95'	2,07'	2,69'	2,63'	2,62'	2,69'	2,81'	2,63'	3,11'
Transporte	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	57,05''	47,39''	45,06''	50,75''	1'26,65''	45,16''	46,10''	43,65''	45,16''	55,10''
	T.B.	0,71'	0,59'	0,56'	0,63'	1,08'	0,56'	0,58'	0,55'	0,56'	0,69'
Secado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	37,01''	29,91''	32,11''	31,72''	30,33''	33,91''	34''	32,51''	34''	32,81''
	T.B.	0,46'	0,37'	0,40'	0,40'	0,38'	0,42'	0,43'	0,41'	0,43'	0,41'
Encerado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	35,55''	33,57''	34,53''	25,31''	1'22,35''	32,11''	31,10''	30,55''	31,51''	33''
	T.B.	0,44'	0,42'	0,43'	0,32'	1,03'	0,40'	0,39'	0,38'	0,39'	0,41'
Secado	V.	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	C.	23,05''	21,54''	22,48''	25,72''	39,64''	22,40''	21,30''	21,45''	21,45''	21,45''
	T.B.	0,29'	0,27'	0,28'	0,32'	0,50'	0,28'	0,27'	0,27'	0,27'	0,27'
Transporte	V.	75	75	75	75	75	100	100	100	100	100
	C.	11,62''	11,89''	11,60''	13,45''	10,75''	11,09''	11,09''	12,20''	10,35''	11,59''
	T.B.	0,15'	0,15'	0,15'	0,17'	0,13'	0,18'	0,18'	0,20'	0,17'	0,19'
Calibrado	V.	75	75	75	75	75	50	50	50	50	50

C.	32,89"	35,62"	33,86"	31,75"	32,63"	36,31"	34,25"	35,85"	36"	35,41"
T.B.	0,41'	0,45'	0,42'	0,40'	0,41'	0,30'	0,29'	0,30'	0,30'	0,30'

Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico

Tabla n°63: Valoración, cronometraje, y tiempo base de las líneas de empacado

Estudios de tiempos							
Departamento							Estudio núm:
Operación: Estudio de métodos núm:							Hoja núm: 1 de 4
Instalación/máquina: Núm:							Término:
							Comienzo:
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.							Tiempo transc:
Producto/pieza: Núm:							Operario:
							Ficha núm:
Plano núm: Material:							Observado por:
							Fecha:
Calidad:							Comprobado:
Nota: Por cada día se tomaron tiempos de empacado en las 3 líneas de empacado.							
Operación	V.	C.	T.B.	Operación	V.	C.	T.B.
5/02/2011					50	45,48"	0,38'
Empacado en línea 1	50	58,70"	0,49'		75	35,83"	0,45'
	75	36,04"	0,45'		75	30,45"	0,38'
	50	2'12,36"	1,10'		75	28,42"	0,36'
	75	1'17,76"	0,97'		50	38,13"	0,32'
Empacado en línea 2	100	21,41"	0,36'	Empacado en línea 2	50	1'03,10"	0,53'
	75	33,34"	0,42'		50	46,24"	0,39'
	100	24,47"	0,41'		50	40,13"	0,33'
	75	1'16,21"	0,95'		75	25,43"	0,32'
	50	1'32,22"	0,77'		75	26,45"	0,33'
	50	51,68"	0,43'		75	32,23"	0,40'
	100	23,37"	0,39'		100	15,52"	0,26'
	75	29,09"	0,36'		50	1'02,73"	0,52'
	75	36,91"	0,46'		50	44,05"	0,37'
	50	1'37,92"	0,82'		75	27,24"	0,34'
	50	2'19,51"	1,16'		50	53,10"	0,44'
	Empacado en línea 3	75	33,63"		0,42"		50
75		35,33"	0,44'	75	31,62"		0,40'
50		1'15,77"	0,63'	75	32,75"		0,41'
100		46,08"	0,77'	75	22,66"		0,28'
50		1'37,51"	0,81'	75	26,91"		0,34'
100		20,64"	0,34'	50	43,36"		0,36'
50		42,23"	0,35'	50	51,50"		0,43'
100		18,05"	0,30'	50	53,82"		0,45'
75		36,04"	0,45'	75	21,44"		0,27'
08/02/2011				50	47,46"	0,40'	
Empacado en línea 1	75	24,75"	0,31'	Empacado en línea 3	75	24,03"	0,30'
	50	50,31"	0,42'		75	28,02"	0,35'
	50	55,87"	0,47'		50	43,36"	0,36'
	75	21,81"	0,27'		50	51,50"	0,43'
	100	15,66"	0,26'		75	37,91"	0,47'
	75	22,80"	0,29'		100	16,94"	0,28'

	75	20,85"	0,26'		75	27,42"	0,34'
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico							

Tabla n°64: Valoración, cronometraje, y tiempo base de las líneas de empacado

Estudios de tiempos							
Departamento						Estudio núm:	
Operación:						Estudio de métodos núm:	
Instalación/máquina:						Núm:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.						Término:	
Producto/pieza:						Núm:	
Plano núm:						Material:	
Calidad:						Comprobado:	
Nota: A partir del 10/02/11 se incorporó otra línea de empacado, y pasaron a ser 4 líneas de empacado.							
Operación	V.	C.	T.B.	Operación	V.	C.	T.B.
8/02/2011					50	1'45,13"	0,88'
Empacado en línea 3	50	49,85"	0,42'	Empacado en línea 3	100	18,94"	0,32'
	50	42,85"	0,36'		75	22,11"	0,28'
	50	43,62"	0,36'		75	32,04"	0,40'
	50	1'20,66"	0,67'		50	49,83"	0,42'
	100	16,01"	0,27'		50	1'09,79"	0,58'
	75	31,46"	0,39'		100	18,20"	0,30'
10/02/2011				100	18,13"	0,30'	
Empacado en línea 1	100	8,15"	0,14'	Empacado en línea 4	50	1'03,30"	0,53'
	75	34,12"	0,43'		75	39,88"	0,50'
	100	17,18"	0,29'		75	38,25"	0,48'
	75	29,73"	0,37'		50	1'26,47"	0,72'
	100	14,97"	0,25'		75	31,12"	0,39'
	75	28,60"	0,36'		75	38,50"	0,48'
	75	20,17"	0,25'		100	22,92"	0,38'
	50	53,02"	0,44'		0	1'20,58"	0,00'
	50	45,59"	0,38'		100	21,54'	0,36'
	100	14,10"	0,24'		75	1'04,18"	0,80'
	100	8,57"	0,14'		50	44,97"	0,37'
	75	34,14"	0,43'		75	22,25"	0,28'
Empacado en línea 2	50	1'01,38"	0,51'				
	75	48,06"	0,60'				
	50	53,55"	0,45'				
	75	35,49"	0,44'				
	75	38,42"	0,48'				
	50	52,30"	0,44'				
	50	1'08,01"	0,57'				
	75	34,06"	0,43'				
	50	1'18,30"	0,65'				
	50	47,64"	0,40'				
100	28,43"	0,47'					

Nota:	V. = Valoración	C. =Cronometraje	T.B. =Tiempo básico
-------	-----------------	------------------	---------------------

Tabla n°65: Valoración, cronometraje, y tiempo base de las líneas de empacado

Estudios de tiempos								
Departamento						Estudio núm:		
Operación:						Hoja núm: 3 de 4		
Estudio de métodos núm:								
Instalación/máquina:						Término:		
Núm:						Comienzo:		
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.						Tiempo transc:		
Producto/pieza:						Operario:		
Núm:						Ficha núm:		
Plano núm:						Observado por:		
Material:						Fecha:		
Calidad:						Comprobado:		
Nota: A partir del 10/02/11 se incorporó otra línea de empacado, y pasaron a ser 4 líneas de empacado.								
Operación	V.	C.	T.B.	Operación	V.	C.	T.B.	
12/02/2011					50	57,80"	0,48'	
Empacado en líneas 1	50	1'41,90"	0,85'	Empacado en línea 4	50	44,05"	0,37'	
	50	2'31,23"	1,26'		50	40,54"	0,34'	
	75	39,02"	0,49'		50	42,54"	0,35'	
	50	2'20,87"	1,17'					
	50	2'10,76"	1,09'					
Empacado en línea 2	50	2'18,70"	1,16'					
	50	2'10,35"	1,09'					
	50	1'32"	0,77'					
	50	48,37"	0,40'					
	50	1'68,32"	1,07'					
	50	2'20,48"	1,17'					
Empacado en líneas 3	50	1'09,66"	0,58'					
	50	1'06,43"	0,55'					
	50	2'33,65"	1,28'					
	50	1'46,31"	0,89'					
	50	2'38,69"	1,32'					
	50	1'16,78"	0,64'					
	50	1'32"	0,50'					
	50	59,23"	0,49'					
Empacado en línea 4	50	1'10,38"	0,59'					
	50	1'29,99"	0,75'					
	75	48,37"	0,60'					
	75	36,26"	0,45'					
16/02/2011								
Empacado en línea 1	50	59,43"	0,50'					
	50	47,71"	0,40'					
	75	24,03"	0,30'					
Empacado en línea 2	50	1'08,10"	0,57'					
	100	27,71"	0,46'					
	50	42,07"	0,35'					
Empacado en línea 3	100	17,50"	0,29'					

	75	30,32"	0,38'					
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico								

Tabla n°66: Valoración, cronometraje, y tiempo base de las líneas de empackado

Estudios de tiempos							
Departamento						Estudio núm:	
Operación:						Estudio de métodos núm:	
						Hoja núm: 4 de 4	
Instalación/máquina:						Núm:	
						Término:	
						Comienzo:	
Herramientas y calibradores: Se utilizó un cronómetro de vuelta para la toma de los tiempos.						Tiempo transc:	
Producto/pieza:						Núm:	
						Operario:	
						Ficha núm:	
Plano núm:						Material:	
						Observado por:	
						Fecha:	
Calidad:						Comprobado:	
Nota: A partir del 10/02/11 se incorporó otra línea de empackado, y pasaron a ser 4 líneas de empackado.							
Operación	V.	C.	T.B.	Opéración	V.	C.	T.B.
22/02/2011					100	15,05"	0,25'
Empacado en línea 1	100	15,74"	0,26'	Empacado en línea 4	50	53,55"	0,45'
	75	23,21"	0,29'		75	37,83"	0,47'
	50	50,02"	0,42'		50	1'06,35"	0,55'
	50	48,96"	0,41'		100	15,33"	0,26'
	50	2'26,42"	1,22'		75	31,43"	0,39'
	100	15,09"	0,25'		100	18,10"	0,30'
	50	1'18,44"	0,65'		75	41,92"	0,52'
	75	39,07"	0,49'		100	20,42"	0,34'
	50	41,67"	0,35'				
Empacado en línea 2	100	22,94"	0,38'				
	50	1'12,95"	0,61'				
	100	16,58"	0,28'				
	75	33,41"	0,42'				
	100	19,19"	0,32'				
	100	28,02"	0,47'				
	50	52,45"	0,44'				
	50	1'14,32"	0,62'				
	75	28,02"	0,35'				
	75	31,86"	0,40'				
	50	39,26"	0,33'				
	75	25,15"	0,31'				
Empacado en línea 3	100	22,21"	0,37'				
	75	32,49"	0,41'				
	50	1'36,35"	0,80'				
	50	47,97"	0,40'				
	75	27,85"	0,35'				
	50	53,55"	0,45'				
	100	18,33"	0,31'				
	50	56,10"	0,47'				
	75	25,35"	0,32'				

	50	56,22"	0,47'					
Nota: V. = Valoración C. =Cronometraje T.B. =Tiempo básico								

ANEXO 4: CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE TRABAJADORES

Tabla n°67: Número de trabajadores del 3 de febrero al 8 de febrero del 2011

Fuerza de trabajo en proceso de producción de mango fresco			
Puesto	N° de trabajadores		
	03/02/2011	05/02/2011	08/02/2011
registrador	1	1	1
transportador	1	1	1
descargadores	3	3	3
vaciador de jabas	1	1	1
descargador de jabas	1	1	1
apilador de jabas	1	1	1
acomodador de jabas	2	2	2
calibradora	12	12	12
vaciador de jabas	1	1	1
recogedor de jabas	1	1	1
apilador jabas descarte	1	1	1
seleccionadora	5	4	5
operario de encerado	2	2	2
acaparadora	3	3	3
empacadora	20	18	16
pesadora	5	5	3
apilado y armado pallets	8	7	6
camareros	2	2	2
aprovisionadores materiales	2	2	5
Total	72	68	67

Tabla n°68: Número de trabajadores del 10 de febrero al 22 de febrero del 2011

Fuerza de trabajo en proceso de producción de mango fresco				
Puesto	N° de trabajadores			
	10/02/2011	12/02/2011	16/02/2011	22/02/2011
registrador	1	1	1	1
transportador	1	1	1	1
descargadores	3	3	3	3
vaciador	1	1	1	1
recogedor	1	1	1	1
apilador descarte	1	1	2	2
seleccionadora	5	5	5	6
operario encerado	2	2	1	1
acaparadoras	3	3	2	3
empacadoras	22	22	22	26
proveedores cajas	1	1	1	1
pesadora	5	5	4	5
Apilado y armado pallets	8	8	8	7
camareros	2	2	2	3
provisión de materiales	2	2	6	7
sanidad			2	2
Total	58	58	62	70

ANEXO 5: TABLAS DE RESUMEN DEL CÁLCULO DE TIEMPOS ESTÁNDAR

Tabla n°69: Tiempo estándar de selección manual en faja transportadora

Selección manual en faja	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,38	1	0,38		
05/02/2011	0,38	1	0,38		
08/02/2011	0,34	1,1	0,37		
10/02/2011	0,33	1,1	0,36		
12/02/2011	0,34	1,1	0,37		
16/02/2011	0,30	1,2	0,37		
22/02/2011	0,36	1	0,36		
Media			0,37		

Tabla n°70: Tiempo estándar de lavado

Sumergido en solución	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,14	1,2	0,16		
05/02/2011	0,14	1,2	0,17		
08/02/2011	0,14	1,2	0,17		
10/02/2011	0,17	1	0,17		
12/02/2011	0,13	1,2	0,15		
16/02/2011	0,18	1	0,18		
22/02/2011	0,18	1	0,18		
Media			0,17		

Tabla n°71: Tiempo estándar de transporte a rodillos

Transporte a rodillos	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,19	1	0,19		
05/02/2011	0,20	1	0,20		
08/02/2011	0,16	1,2	0,19		
10/02/2011	0,14	1,2	0,17		
12/02/2011	0,15	1,2	0,18		
16/02/2011	0,12	1,2	0,15		
22/02/2011	0,15	1,2	0,18		
Media			0,18		

Tabla n°72: Tiempo estándar de secado en rodillos

Secado en rodillos	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,38	1,1	0,42		
05/02/2011	0,36	1,2	0,43		
08/02/2011	0,37	1,2	0,45		
10/02/2011	0,56	1	0,56		
12/02/2011	0,44	1	0,44		
16/02/2011	0,60	1	0,60		
22/02/2011	0,38	1.1	0,42		
Media			0,47		

Tabla n°73: Tiempo estándar de tratamiento fúngico

Tratamiento fúngico	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	2,71	1,2	3,25		
05/02/2011	2,85	1,2	3,42		
08/02/2011	2,80	1,2	3,36		
10/02/2011	3,18	1	3,18		
12/02/2011	3,33	1	3,33		
16/02/2011	2,89	1,2	3,47		
22/02/2011	2,62	1,2	3,15		
Media			3,31		

Tabla n°74: Tiempo estándar de transporte a secado

Transporte a secado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,36	1.2	0,44		
05/02/2011	0,34	1.2	0,40		
08/02/2011	0,46	1.1	0,50		
10/02/2011	0,54	1	0,54		
12/02/2011	0,51	1	0,51		
16/02/2011	0,53	1	0,53		
22/02/2011	0,60	1	0,60		
Media			0,50		

Tabla n°75: Tiempo estándar de secado previo a encerado

Secado previo encerado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,43	1,1	0,47		
05/02/2011	0,40	1,2	0,48		
08/02/2011	0,43	1,1	0,48		
10/02/2011	0,61	1	0,61		
12/02/2011	0,56	1	0,56		
16/02/2011	0,61	1	0,61		
22/02/2011	0,41	1,2	0,49		
Media			0,53	0,62	37,2

Tabla n°76: Tiempo estándar de encerado

Encerado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,42	1,2	0,51		
05/02/2011	0,44	1,1	0,48		
08/02/2011	0,48	1	0,48		
10/02/2011	0,62	1	0,62		
12/02/2011	0,62	1	0,62		
16/02/2011	0,44	1,1	0,48		
22/02/2011	0,42	1,2	0,50		
Media			0,53	0,62	37,2

Tabla n°77: Tiempo estándar de secado después de encerado

Secado después de encerado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011	0,38	1	0,38		
05/02/2011	0,32	1,1	0,36		
08/02/2011	0,33	1	0,33		
10/02/2011	0,35	1	0,35		
12/02/2011	0,36	1	0,36		
16/02/2011	0,26	1,2	0,32		
22/02/2011	0,30	1,2	0,36		
Media			0,35	0,41	24,6

Tabla n°78: Tiempo estándar de transporte a calibradora

Transporte a calibradora	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011			0,00		
05/02/2011			0,00		
08/02/2011			0,00		
10/02/2011	0,20	1,2	0,24		
12/02/2011	0,20	1,2	0,25		
16/02/2011	0,25	1,1	0,28		
22/02/2011	0,17	1,2	0,20		
Media			0,14	0,16	9,6

Tabla n°79: Tiempo estándar de calibrado

Calibrado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011			0,00		
05/02/2011			0,00		
08/02/2011			0,00		
10/02/2011	0,57	1,2	0,69		
12/02/2011	0,44	1,2	0,53		
16/02/2011	0,37	1,2	0,45		
22/02/2011	0,36	1,2	0,43		
Media			0,30	0,35	21

Tabla n°80: Tiempo estándar de empacado

Empacado	Te (min)	Calificación	Tiempo normal (min)	TE (min)	TE (s)
03/02/2011			0,00		
05/02/2011	0,59	1	0,59		
08/02/2011	0,38	1,2	0,46		
10/02/2011	0,42	1,1	0,46		
12/02/2011	0,83	1	0,83		
16/02/2011	0,40	1,2	0,48		
22/02/2011	0,43	1,1	0,47		
Media			0,47	0,55	33