

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"Diseño de un Sistema de Control de Piso para una Línea de Envasado
de Yogur"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Belén Yisell Lavayen Arroyave

Roberto Andrés Robles Beltrán

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios y Santa María, por acompañarme e iluminar cada paso de este ciclo académico.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional; a mi familia y amigos, por su cariño constante, en especial a Roberto por su amistad y valioso trabajo

A nuestro tutor, MSc. Edwin Desintonio, por su guía, apoyo y paciencia. Sus ideas y conocimiento han enriquecido en gran manera el desarrollo de este trabajo.

Belén Lavayen Arroyave

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por iluminar mi camino y acompañarme en esta etapa universitaria que termina con este proyecto de graduación.

A mi familia y amigos, por su constante apoyo incondicional, que ayudaron a formarme y convertirme en una persona de bien, en especial a Belén por su valioso trabajo y amistad.

A nuestro tutor, MSc. Edwin Desintonio, por su apoyo, guía y dedicación, que en gran manera nos ayudó en el desarrollo de este trabajo.

Roberto Robles Beltrán

DEDICATORIA

A mi madre Sadia Arroyave y mi padre Luis Lavayen que hicieron posible mi educación y me guiaron en cada momento de mi vida. A mi hermano Luis Rodríguez por todos los consejos y apoyo brindado en mi vida académica; y en especial a mi abuelita Leonor Díaz que en paz descanse.

Belén Lavayen Arroyave

A mi madre Teresa Beltrán por guiarme en cada momento de mi vida. A mis hermanas Carolina y Cristina por el apoyo brindado. A mi tío Manuel Beltrán por acompañarme en todo momento; y en especial a mi abuelita Adriana Paredes por sus consejos y apoyo incondicional en mi vida.

Roberto Robles Beltrán

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Srta. Belén Yisell Lavayen Arroyave

Sr. Roberto Andrés Robles Beltrán,

MSc. Edwin Orlando Desintonio León

Y, el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Srta. Belén Yisell
Lavayen Arroyave
Autora 1



Sr. Roberto Andrés
Robles Beltrán
Autor 2



MSc. Edwin Orlando
Desintonio León
Tutor de Materia
Integradora

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se efectuó en una industria de producción y envasado de yogur, y este tuvo como finalidad el de reducir la cantidad de paras no programadas en el área de envasado, mediante la identificación de los factores que lo involucran y soluciones de mejora que erradiquen o reduzcan estos factores. Se utilizó la metodología DMAIC para identificar causas, analizar y proponer soluciones, además de implementarlas y establecer un control para garantizar su buen funcionamiento, todo esto respaldado por verificaciones constantes y planes de seguimiento apoyados por la empresa. Posteriormente se propuso dos soluciones de mejora, el diseñar e implementar un sistema de control de piso, apoyado por un modelo de programación mixta entera, cuyo código está escrito en lenguaje Python; y también una propuesta de varias configuraciones para la ubicación de nuevos tanques para el área de preparación respaldadas por una simulación en Promodel. Dichas mejoras dieron como resultado una reducción de las paras no programadas, medidas en horas extras, en alrededor de un 77%, además de un ahorro proyectado anualmente de \$47000. En conclusión, se pudo identificar los factores que generan las paras no programadas, junto con soluciones que buscan reducir o eliminar dichos factores.

Palabras Clave:

Paras no programadas, control de piso, simulación, programación mixta entera.

ABSTRACT

This project was carried out in an industry of yogurt production and packaging, and had the purpose of reducing the quantity of Downtimes in the packaging area, by identifying the factors that involve it and solutions of improvement that eradicate or reduce these factors. The DMAIC methodology was used to identify causes, analyze and propose solutions, in addition to implementing them and establishing a control to ensure their proper functioning, all of this backed up by constant verifications and monitoring plans supported by the company. Later, two improvement solutions were proposed, the design and implementation of a shopfloor control system, supported by a mixed integer programming model, whose code was written in Python language; and also, a proposal of several configurations for the location of new tanks for the preparation area backed up by a simulation in Promodel. These improvements resulted in a reduction of downtimes, measured at overtime, by about 77%, in addition to an annual projected saving of \$ 47,000. In conclusion, it was possible to identify the factors that generate downtimes in packaging area, along with solutions that seek to reduce or eliminate these factors.

Keywords:

Downtimes, Shopfloor control, Simulation, Mixed integer programming model.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
ÍNDICE DE TABLAS	III
CAPÍTULO 1	2
1. Introducción	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.1.1 Variable Respuesta	4
1.1.2 Alcance	6
1.2 Objetivos.....	8
1.2.1 Objetivo General	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Resumen Ejecutivo del Proyecto	8
1.4 Marco teórico	10
CAPÍTULO 2.....	16
2. Metodología	16
2.1 Fase de Definición	17
2.1.1 Árbol de Requerimientos del Cliente	17
2.1.2 Herramienta 4W + 1H	18
2.2 Fase de Medición	19
2.2.1 Mapeo del Proceso	19
2.2.2 Plan de Recolección de Datos	20

2.2.3	Recolección de Datos	21
2.2.4	Plan de Validación de Datos	21
2.3	Fase de Análisis	26
2.3.1	Análisis de las Paras No Programadas	27
2.3.2	Plan de Verificación de Causas	34
2.3.3	Verificación In Situ.....	35
2.3.4	Análisis de 5 ¿por qué?.....	37
2.4	Fase de Mejora.....	38
2.4.1	Soluciones Propuestas.....	39
2.4.2	Evaluación y Selección de Soluciones	40
2.4.3	Soluciones Implementadas	44
2.5	Fase de control	49
2.5.1	Controles Operacionales.....	49
CAPÍTULO 3.....		51
3.	Resultados	51
CAPÍTULO 4.....		54
4.	Discusión y Conclusiones	54
4.1	Conclusiones	54
4.2	Recomendaciones	55
BIBLIOGRAFÍA.....		56
APÉNDICES		58

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
OEE	Overall Equipment Effectiveness
DMAIC	Definir, Medición, Analizar, Mejorar (Improvement) y Controlar
SFC	Shop-floor Control
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
VOC	Voice of Customer
CRT	Customer Requirement Tree
KPI	Key Performance Indicator
WIP	Work in Process
TSP	Traveling Salesman Problem
VSM	Value Stream Mapping
TH	Throughput

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Porcentaje de Paras No Programadas	4
Figura 1.2 Análisis General del OEE	5
Figura 1.3 SIPOC del Proceso de Envasado de Yogur	7
Figura 2.1 4W + 1H.....	19
Figura 2.2 Resultado de la Prueba T de 2 muestras para el Formato de 185 gr.	24
Figura 2.3 Gráfica de Probabilidad del formato de 185 gr.	26
Figura 2.4 Pareto de los Factores de las Paras No Programadas.....	28
Figura 2.5 Reuniones Operacionales de Lluvia de Ideas con el Equipo de Trabajo.	29
Figura 2.6 Pareto de Causas por Falta de Yogur.....	31
Figura 2.7 Registro de Ingreso de Tanqueros de Leche.....	35
Figura 2.8 Utilización de Tanques de Mezcla y Preparación de Sabor.....	36
Figura 2.9 Registro del Programa de Planificación Semanal de Producción	37
Figura 2.10 Reunión de Soluciones con el equipo de trabajo.....	39
Figura 2.11 Reunión con la Trainee de Mejora Continua.....	43
Figura 2.12 Conjuntos del Modelo de Asignación.....	45
Figura 2.13 Variables del Modelo de Asignación	45
Figura 2.14 Función Objetivo del Modelo de Asignación	46
Figura 2.15 Restricciones del Modelo de Asignación	46
Figura 2.16 Interfaz del Modelo de Asignación	47
Figura 2.17 Manual Operacional.....	50
Figura 3.1 Prueba de Mann-Whitney	52
Figura 3.2 Comparación de Paras entre las Configuraciones.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Project Charter del Trabajo de Titulación.....	9
Tabla 2.1 Cronograma de Actividades del Proyecto	16
Tabla 2.2 Árbol de Requerimientos del Cliente.....	17
Tabla 2.3 Datos utilizados del formato de 185 gr.....	23
Tabla 2.4 Datos del Formato de 185 gr.	25
Tabla 2.5 Factores de las Paradas No Programadas	27
Tabla 2.6 Resumen del Diagrama Ishikawa	30
Tabla 2.7 Causas de Paras por Falta de Yogur	31
Tabla 2.8 Matriz de Priorización de Causas	33
Tabla 2.9 Plan de Verificación de Causas	34
Tabla 2.10 Análisis de los 5 ¿por qué?	38
Tabla 2.11 Lista de lluvia de soluciones	40
Tabla 2.12 Matriz de Relación Causas - Soluciones.....	41
Tabla 2.13 Matriz de Priorización de Soluciones	42
Tabla 3.1 Análisis de Costos.....	53

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La manufactura es esencial para asegurar el bienestar global de una organización con fines industriales. Puede definirse como la transformación de los recursos en bienes que cumplan con las necesidades humanas y es uno de los sectores más importantes en el cual se generan riquezas y empleo, Una parte importante en cualquier proceso industrial es la planificación y control del mismo, la flexibilidad y la adaptabilidad es fundamental para poder llevar a cabo el cumplimiento total de la producción estipulada, por lo que existe un sinnúmero de métodos o sistemas para asegurar el correcto funcionamiento de los procesos productivos corriendo en una planta industrial. (Cerdas, Thiede, Juraschek, Turetsky, & Herrmann, 2017)

Por temas de confidencialidad de la empresa, se ha definido a la misma como Yogurt S.A., es una organización con actividades que datan desde el año 1962, rompiendo esquemas de la producción de leche costera, que hasta entonces era manejada por los ganaderos de la región Sierra. Después de 10 años se crea la planta de producción, operativa hasta la actualidad, en donde se producen los yogures tradicionales, así como yogures dietéticos, yogures con cereal, mantequilla y leche.

Este trabajo busca añadir a los principios y visiones de la empresa, un control sistemático que ayude a mejorar y cumplir a cabalidad sus planificaciones y lograr tener más flexibilidad a cualquier cambio o proyecto interno futuro.

1.1 Planteamiento del Problema

En la actualidad, Yogurt S.A se ve involucrada en una serie de cambios con enfoque a un mejoramiento continuo en el proceso de elaboración de yogur. Esto comprende desde la recepción de leche hasta las líneas de envasado de yogur, las cuales se encuentran actualmente trabajando en el aumento de la Eficiencia General de los Equipos [OEE] de las líneas.

El problema en Yogurt S.A se definió como: ***“De Enero a Mayo del 2017, las paras no programadas en las líneas de envasado eran en promedio 2 horas por turno, lo que da lugar a una variación en el porcentaje de disponibilidad reflejado en el OEE.*”**

La empresa realiza sus operaciones en el área de envasado de forma empírica, es decir, sin reglas de secuenciación, dando lugar a paras no programadas durante el tiempo de dosificado de yogur, lo que ocasiona un retraso en las órdenes de producción y se ven obligados a cumplir con la producción en horas extras de trabajo; elevando costos de producción y disminuyendo la disponibilidad de las máquinas. Por lo tanto, es necesario elaborar un plan de propuestas de mejora que generen una operación eficiente en todo el proceso productivo.

Se realizó un diagrama, el cual se muestra en la Figura 1.1, en donde se muestran los porcentajes de paras no programadas durante varios días, y se estableció como benchmark el valor más bajo de la serie, alrededor del 2% y se propuso reducir el 50% de la brecha entre el promedio de los datos, 18% aproximadamente.

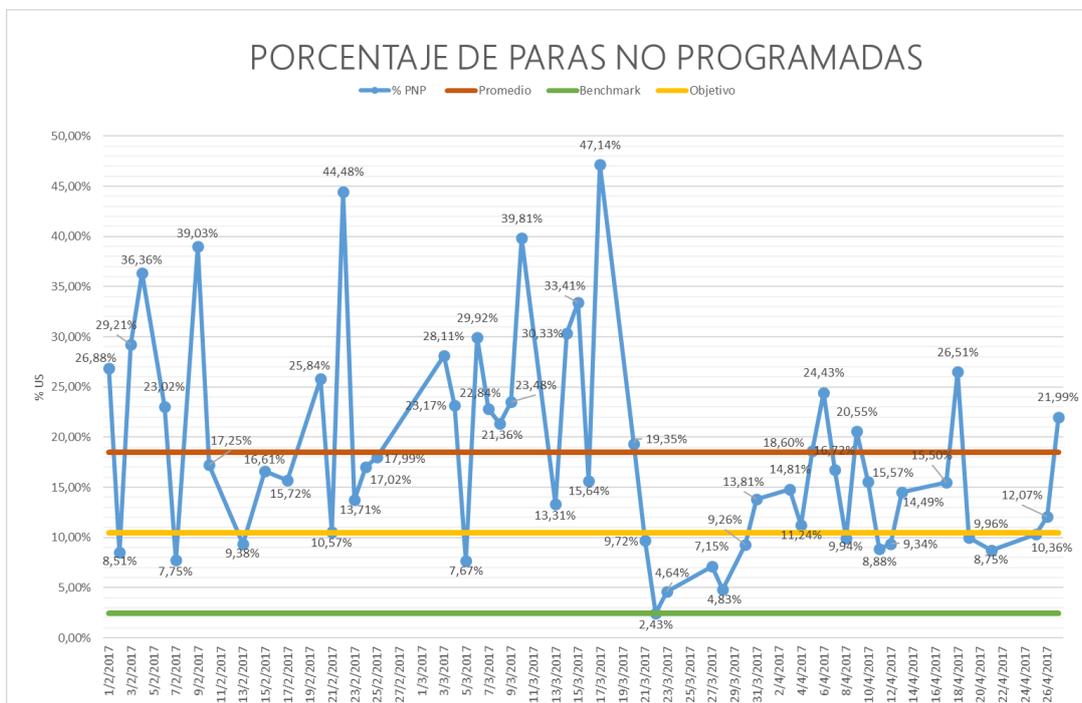


Figura 1.1 Porcentaje de Paras No Programadas

Elaborado por: Roberto Robles

1.1.1 Variable Respuesta

Una vez planteado el problema se analizaron los registros de *OEE* de las líneas de envasado, dando más énfasis a la parte de disponibilidad, dado que es en donde se encuentra vigente las paras no programadas en el proceso.

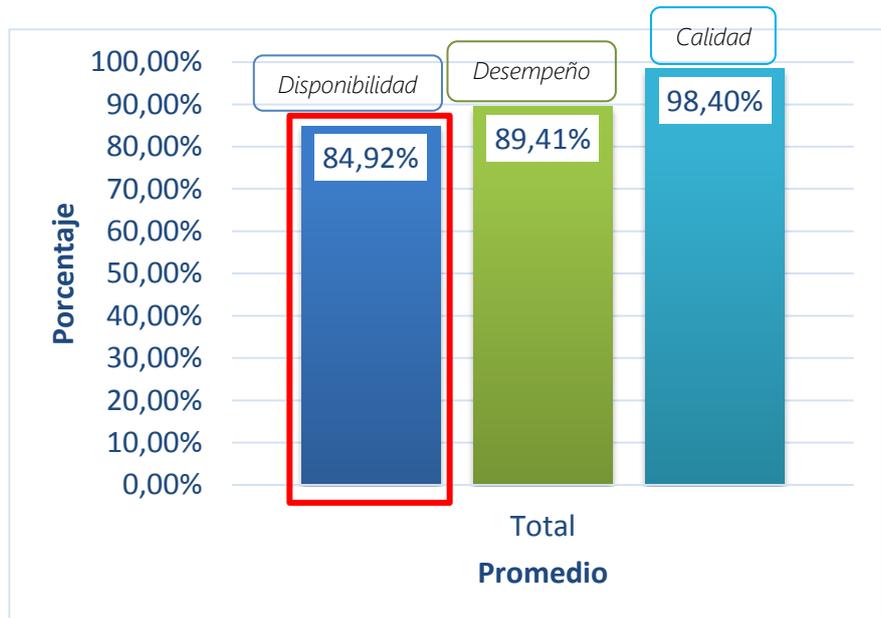


Figura 1.2 Análisis General del OEE

Elaborado por: Belén Lavayen

En la Figura 1.2 se presenta la gráfica general del *OEE* de las líneas de envasado considerando desde Enero hasta Abril del 2017, el cual da como resultado a un *OEE* del 74.7%. Para la obtención del porcentaje se empleó la siguiente ecuación:

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality$$

Ecuación 1.1

Los datos utilizados para la elaboración de la gráfica se encuentran en el Apéndice A.

Además de la segmentación del problema, se encontró una variable respuesta (Y) para determinar el éxito del proyecto que es el porcentaje de paras no programadas de las líneas de envasado, ver Ecuación 1.2:

$$Y = \frac{DownTime}{WorkTime} \times 100\%$$

Ecuación 1.2

1.1.2 Alcance

En este proyecto se pretende desarrollar ideas que brinde solución al problema anteriormente definido, con el objetivo de delimitar el proyecto, y a su vez, tomando en cuenta las limitantes de tiempo y recursos, para así poder llegar a los resultados esperados, se utilizó la herramienta SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customer Diagram*), mostrada en la Figura 1.3; para así poder visualizar los pasos secuenciales del proceso y las partes involucradas del mismo.

Con ayuda de esta herramienta se determinó que las áreas en donde el proyecto será enfocado serán en el área de preparación en conjunto con el área de envasado, específicamente, en las líneas colombianas, las cuales son las dosificadoras de yogur tanto clásico como dietético y light junto a sus distintos formatos de envase, para obtener las mejoras correspondientes.

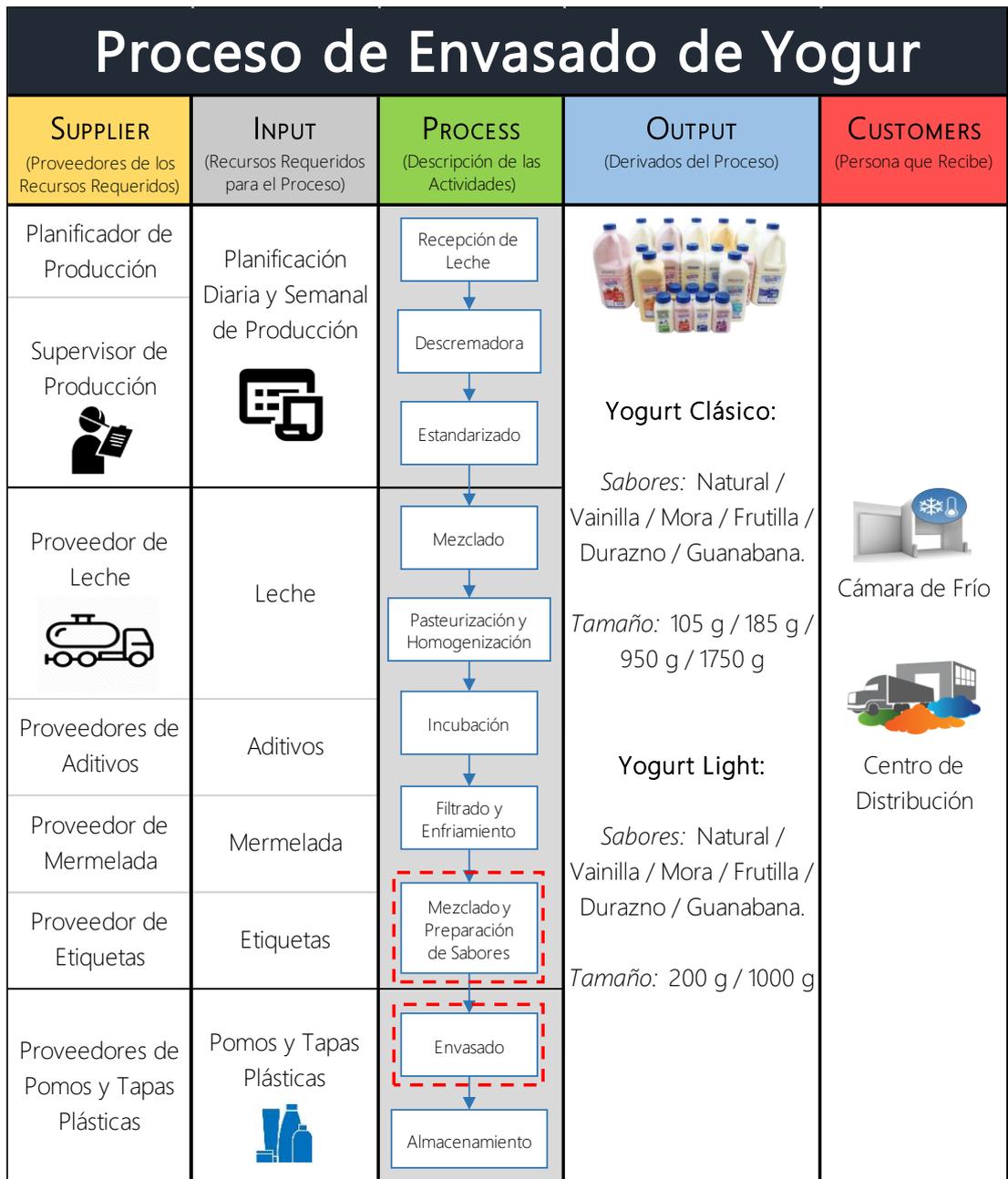


Figura 1.3 SIPOC del Proceso de Envasado de Yogur

Elaborado por: Belén Lavayen

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Reducir las paras no programadas alrededor de un 50%, dentro de los próximos 12 meses, con el fin de mejorar el OEE en las líneas de envasado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los factores que generan las paras no programadas en las líneas de envasado de yogur.
- Proponer soluciones que mejoren o eliminen los factores que generen paras no programadas en el área de envasado.

1.3 Resumen Ejecutivo del Proyecto

El Project Charter es una herramienta donde se alinean las necesidades del proyecto y se detallan los aspectos fundamentales como se presentan en la Tabla 1.1. Con este documento se pretende exponer las delimitaciones preliminares del proyecto, así como los participantes y líderes del mismo. (Ayala & Castillo, 2016)

Tabla 1.1 Project Charter del Trabajo de Titulación

1. Información General del Proyecto	
Título del Proyecto	Diseño de un Sistema de Control de Piso para una línea de Envasado de Yogur.
Tutor del Proyecto	MSc. Edwin Desintonio León
Ciente Ejecutivo	Ing. Ericka Ortega
Ciente Departamental	Mejora Continua
Impacto del Proyecto	Este proyecto proporcionará: <ul style="list-style-type: none"> • Estabilizar la carga de trabajo del personal del área de envasado. • Mejorar el Sistema de Planificación y Control de Producción.
2. Miembros del Proyecto	
Líderes del Proyecto	Belén Yisell Lavayen Arroyave
	Roberto Andrés Robles Beltrán
Miembros del Equipo	Edgar Salazar
	Eduardo Quintero
	Félix Méndez
	Wilfrido Romero
	Eduardo Bajaña
	Daniel Chávez
3. Clientes	
Planificador de Producción	
Trainee de Mejora Continua	
Gerente de Planta	
4. Alcance del Proyecto	
Definición del Problema (Propósito) / Justificación Ejecutiva	Los operadores realizan de manera empírica sus operaciones en el área de envasado, dando lugar a paras no programadas, lo que ocasiona un retraso en las órdenes de producción, obligados a cumplirlas en horas extras, afectando a la disponibilidad de las máquinas.
Objetivos (En términos ejecutivos)	Reducir las paras no programadas en las líneas de envasado de yogur en la planta de Yogurt S.A.
Alcance	Las mejoras correspondientes serán implementadas en el área de preparación y envasado de yogur enfocado en las tres líneas colombianas.
5. Entregables	
Modelo de Simulación donde se representará la situación actual de la empresa.	
Diseñar un modelo de programación lineal para obtener reglas de secuenciación que permita disminuir las paras no programadas.	
Modelo de Simulación donde se representará la estrategia propuesta.	

Continuación Tabla 1.1

6. Riesgos Posibles (Incluyendo suposiciones significativas)	
Clasificación	Riesgos
Alto	Órdenes de Producción sin respaldo digital.
Medio	Manejo de un nivel mínimo de los tanques de preparación de yogur.
Bajo	Regla de secuenciación para los sabores de yogur.

Elaborado por: Belén Lavayen

1.4 Marco teórico

Dado que el presente proyecto se desarrolla en un taller del diseño sistema de control de piso [*Shop-floor Control*], es necesario utilizar un enfoque formal al análisis de desempeño del sistema y a la búsqueda de maneras de mejorar dicho desempeño (Ocampo & Pavón, 2012), por lo tanto, es preciso aclarar que para el desarrollo de este proyecto se da el enfoque DMAIC de la metodología Six Sigma como herramienta principal de solución de problemas. En ese sentido es preciso aclarar algunos conceptos.

Six Sigma

Es una metodología con el fin de gestionar un negocio o departamento para incrementar la satisfacción del cliente, mediante el uso hechos y datos para impulsar mejores soluciones. Six sigma tiene tres áreas de enfoque: 1) incrementar la satisfacción del cliente, 2) reducir los tiempos de ciclo, 3) reducir los defectos; las cuales generalmente representan ahorros a empresas, así como oportunidades para retener a los clientes, capturar nuevos mercados y construir una reputación para mejores productos y servicios. (Pande & Holpp, 2002)

Al realizar un proyecto con la metodología Six Sigma, el enfoque debe de ser la identificación de causas y mitigarlas. Por ello, el resultado deseado será conocido como variable respuesta o característica de calidad “Y”, a su vez los factores independientes que influirán en el resultado como “X’s”. [4] Durante el proceso se podrán encontrar diversas variables independientes que podrían

tener relación con la variable respuesta, por lo cual se establecerá una función matemática en donde se refleje la relación ellas y que afecte significativamente a la característica de calidad. (Evans)

Metodología DMAIC

Es un sistema que ofrece un incremento medible y significativo a los procesos existentes y puede utilizarse cuando un producto o proceso está en existencia en una empresa, pero no cumplen con las especificaciones del cliente o bien no funciona adecuadamente. (Peterka, 2012)

Definición (*Define*): Es la fase inicial de la metodología Six Sigma en donde se define la naturaleza de los objetivos de manera clara, se justifican las razones o beneficios para la ejecución del proyecto, así como el alcance del mismo y se identifican los requerimientos del cliente.

Algunas herramientas empleadas durante esta fase de la metodología son:

- ***Project Charter***: Es un documento donde se alinean las necesidades del proyecto y se detallan los aspectos fundamentales. Este documento permite delimitar el alcance, definir objetivos, establecer los entregables, asignar responsabilidades, definir planes de acción y las consideraciones. (García Ramírez, 2013)
- **Diagrama SIPOC**: Es una herramienta en donde se identifica el proceso a investigar en la primera etapa de la metodología DMAIC. Permite visualizar los pasos secuenciales de un proceso definiendo claramente sus entradas, salidas, proveedores y clientes. Recoge detalles importantes sobre el inicio y el final del proceso. (Sandrine, 2016)
- *Voice of Customer* [VOC]: Es donde se describen y enumeran los requerimientos del cliente. La recolección de las opiniones se basa en técnicas de investigación cualitativa y su objetivo no es definir un conjunto de prioridades de mejora, sino identificar un completo rango

de atributos que potencialmente inciden en la satisfacción del cliente. (Mentory, 2014)

- *Customer to Quality* [CTQ]: Es una herramienta para obtener gráficamente los requerimientos del cliente y las métricas asociadas para el proceso, en donde las entrevistas realizadas permiten elaborar un árbol de requerimientos que identificará la variable respuesta Y o los KPI del proceso. (Wedgwood, 2006)

Medición (*Measure*): Una vez identificado el problema, se debe determinar cuáles son las características y/o requisitos del proceso que el cliente percibe como claves, las cuales son las variables de desempeño y a su vez parámetros que lo afectan, los cuales serían las variables de entrada. (Ocampo & Pavón, 2012)

Entre las herramientas comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

- **Plan de Recolección de Datos:** Implica elaborar un procedimiento que servirá para reunir datos con un propósito específico. Se debe determinar las fuentes y localización, los medios o métodos para recolectar los datos, el instrumento de medición. Para desarrollar el plan se debe tener en consideración las variables de investigación, la muestra y los recursos disponibles. (Gamero, 2014)
- **Gráficos de Pareto:** Es método gráfico que proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas, centrado en los aspectos cuya mejora tendrá más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos. Se basa en el principio de que el 80% de los efectos están producidos por el 20% de las causas. (Desconocido, 2017)

Análisis (*Analyze*): Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos en la fase anterior de medición, así como también se determinan las causas y las oportunidades de mejoramiento. Se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en la siguiente fase, determinando

previamente los factores críticos para el desempeño final del proceso. (Ocampo & Pavón, 2012)

Algunas herramientas empleadas durante esta etapa de la metodología son:

- **Diagrama Ishikawa:** Es la representación de varios elementos de un sistema que pueden contribuir al problema. Este diagrama se complementa con el diagrama de Pareto en donde se priorizaron las medidas de acción relevantes a las causas más potenciales. (Tutoriales, 2017)

Mejorar (*Improvement*): En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso, de estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en este punto es donde se proporcionan las soluciones al problema. (Ocampo & Pavón, 2012)

Entre las pruebas comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

- **Lluvia de ideas:** Método empleado con el fin de generar un gran número de ideas en un corto período de tiempo. (Desconocido, ASQ, 2017)
- **Los 5 ¿por qué?:** Constituyen un proceso interrogatorio diseñado para profundizar en los detalles de un problema o una solución y despegar las capas de síntomas (Bialek, Duffy, & Moran, 2009)

Controlar (*Control*): En la última fase de la metodología se necesita encontrar como asegurar que la solución ya establecida en la fase de mejora pueda sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto se debe de diseñar e implementar una estrategia de control que asegure la eficiencia de los procesos. (Ocampo & Pavón, 2012)

Algunas de las actividades a realizar durante esta fase de la metodología son:

- Cartas de control
- Manuales y procedimientos de uso.

Shop-floor Control: Es un sistema en donde los datos de producción son utilizados para mantener, administrar y comunicar la información de planeación, programación, ejecución y control. (Higgins, Roy, & Tierney, 1996)

Se identifican cuatro funciones generales que se llevan a cabo en el control de planta:

- **Coordinar los recursos de fabricación:** Este paso implica la identificación de materiales, conocimientos técnicos, mano de obra y datos históricos u órdenes de producción. En su momento esta función proporciona un mecanismo donde se decidirá que trabajo liberar, qué material debe de moverse entre las estaciones de trabajo y la secuencia en la que los trabajos deben de realizarse.
- **Control en tiempo real:** Sirve para crear una base del comportamiento de la planta de producción por medio de una simulación, que analizará tres conjuntos de datos:
 1. Standard *Work in Process* [WIP]
 2. Supervisión de estado
 3. Seguimiento al rendimiento
- **Retroalimentación de la capacidad:** Involucra la recolección de datos para actualizar la capacidad estimada con el fin de garantizar coherencia en la planificación y la ejecución.
- **Control de Calidad:** Permite que el operador de aguas abajo tenga la autoridad de rechazar partes de aguas arriba de la estación con base a una calidad inadecuada.

Modelo del Agente Viajero: o como con sus siglas en inglés *Traveling Salesman Problem* [TSP] tiene como objetivo encontrar un recorrido que

conecte todos los nodos de una red, visitándolos tan solo una vez y volviendo al punto de partida. Además, minimiza la distancia total de la ruta (Salazar López, s.f.). Este tipo de problemas tiene gran aplicación en el ámbito de la logística y distribución, así como en la programación de curvas de producción.

El Modelo del Agente Viajero puede asociarse con facilidad a múltiples problemas prácticos como: (Chiossone, 2013)

- Programación de tareas en máquinas.
- Recolección de órdenes en bodegas y centros de distribución
- Optimización de rutas en el problema de enrutamiento de vehículos

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

En este capítulo se llevó a la metodología de Lean Six Sigma, DMAIC, la cual comprende las fases de Definir Medir, Analizar, Implementar y Controlar. Se especificará a continuación en la Tabla 2.1, la planificación establecida con las actividades realizadas en cada una de las etapas.

Tabla 2.1 Cronograma de Actividades del Proyecto

FASE	ACTIVIDAD
Definir	2.1.1 Árbol de Requerimientos del Cliente
	2.1.2 Herramienta 4W + 1H
Medir	2.2.1 Mapeo del Proceso
	2.2.2 Plan de Recolección de Datos
	2.2.3 Recolección de Datos
	2.2.4 Plan de Validación de Datos
Analizar	2.3.1 Análisis de las Paras No Programadas
	2.3.2 Plan de Verificación de Causas
	2.3.3 Verificación In Situ
	2.3.4 Análisis de 5 ¿por qué?
Implementar	2.4.1 Soluciones Propuestas
	2.4.2 Evaluación y Selección de Soluciones
	2.4.3 Soluciones Implementadas
Controlar	2.5.1 Controles Operacionales

Elaborado por: Belén Lavayen

2.1 Fase de Definición

En esta primera etapa del proyecto se definió el problema de estudio y se acotó el desarrollo del mismo. Para lograr esto, se revisaron y procesaron los datos históricos de la compañía y así poder cuantificar la magnitud del problema para escoger la forma más adecuada para ser estudiada durante el proyecto.

2.1.1 Árbol de Requerimientos del Cliente

Para encontrar la manera de evaluar la eficacia del sistema o encontrar variables cuantitativas, se decidió recoger ideas aportadas por diferentes personas de la organización los cuales son partes interesadas en los resultados del proyecto, en este caso se entrevistó a 3 personas y se elaboró un CRT [*Customer Requirement Tree*], el cual se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Árbol de Requerimientos del Cliente

Árbol de Requerimientos del Cliente		
CUSTOMERS	DRIVERS	REQUIREMENT
Trainee de Mejora Continua	Retroalimentación de Calidad	Asegurar la capacidad actual de los procesos
	Control de Calidad	Dar responsabilidades a los operadores
Gerente General	Control en Tiempo Real	Monitorear el flujo de trabajo del proceso
Planificador de Producción	Coordinación de Recursos de Producción	Estatus actual de todos los recursos usados durante el proceso

Elaborado por: Belén Lavayen

Como primera instancia la *Trainee* de mejora continua busca que los resultados del proyecto ayuden a mejorar el *OEE* de las líneas de envasado, llamada colombianas, donde existe una baja en el indicador de disponibilidad que poseen las líneas, íntimamente relacionado con el porcentaje de paras no programadas que reside en dichas líneas.

De la misma manera la Gerente de planta tiene previsto reducir las horas de trabajo de los operadores, esto debido a una mala planificación de envasado, lo que conlleva a necesitar más horas operativas para cumplir con las ordenes de producción.

Por consiguiente, el planificador de producción acota que se tiene problemas por falta de materiales en el proceso, tales como tapas, envases, baldes, etc., ya que no se lleva un control de inventario de estos recursos.

2.1.2 Herramienta 4W + 1H

Además de recoger los intereses de las partes interesadas dentro de la organización, se procedió a utilizar la herramienta 4W + 1H, la cual se nos ayuda a generar contenidos con información completa.

En la Figura 2.1 se detalla la herramienta utilizada, dando cabida al planteamiento del problema el cual se lo definió en la sección anterior.

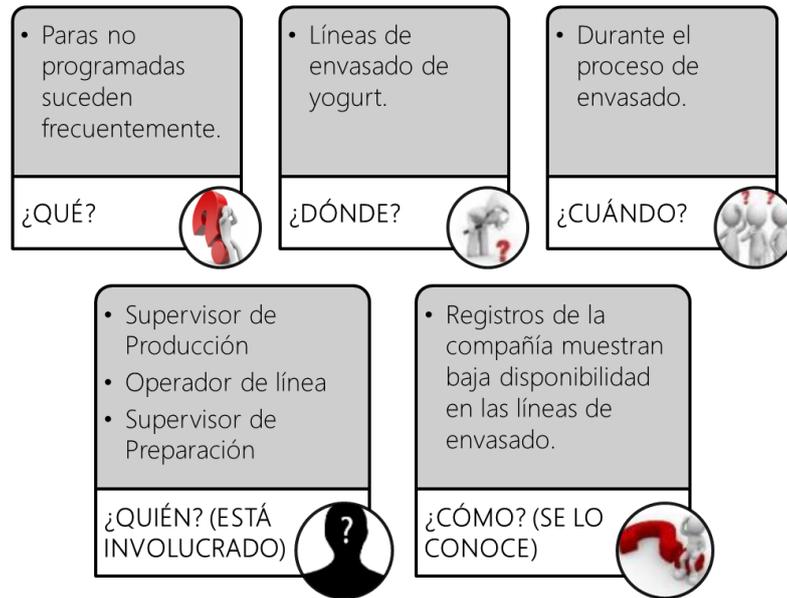


Figura 2.1 4W + 1H

Elaborado por: Belén Lavayen

2.2 Fase de Medición

En esta etapa se recolectó información sobre el proceso de envasado de yogurt para obtener un mejor enfoque de los posibles causantes del problema de alto porcentaje de paradas no programadas y además se diseñó un plan de recolección de datos en el que se detallan las actividades realizadas, para consecutivamente analizarlos y poder determinar aquellos factores que tienen influencia.

2.2.1 Mapeo del Proceso

Con el fin de comprender el proceso de preparación y envasado de yogurt, se realizó un estudio del mismo para determinar su estado actual y posibles oportunidades de mejora, actualmente el proceso se lleva a cabo en dos áreas consecutivas; el área de preparación y el área de envasado o dosificado, en ambos sectores, se tienen dos turnos rotativos.

Cada semana el Planificador de Producción realiza una planificación basada en pronósticos de la demanda, por lo que el personal consta con una programación de los productos a producir por día, que está sujeto a cambios que se pueden requerir en el momento en que se hace presente algún inconveniente.

En el Apéndice B se presenta el diagrama de flujo de este proceso, adicional a este, se presenta en el Apéndice C el diagrama de recorrido de las dos áreas a tratar.

2.2.2 Plan de Recolección de Datos

Para analizar qué factores de las áreas de preparación y envasado generan influencias en las paras no programadas, se elaboró un plan de recolección de datos en el que se detalla la información a recolectar, luego, con la información compilada se diseñó el formato de recolección de datos con el que se medirán los factores.

Factores

Los factores que influyen en las paras no programadas serán obtenidos de dos maneras. Una de ellas es por medio de la base de datos facilitado por la empresa y la segunda son factores que pueden llegar a intervenir dentro de las líneas de envasado.

Previamente se comentó del plan de recolección de datos, tendremos un plan para las dos maneras que realizaremos para obtener la información requerida. En la base de datos ofrecida por la empresa se considerarán los siguientes factores:

- X_i : Tiempo de envasado del formato i .
- O : Número de órdenes recibidas por día.
- K : Número de camiones recibidos por día.
- TP : Tiempo de limpieza de los tanques de preparación.

- *TH*: *Throught put* en kilogramo por hora.

Para los datos que serán recolectados en las líneas de envasado tenemos los siguientes factores a considerar:

- C_i : Tiempo *set up* del formato *i*.
- S_j : Tiempo *set up* del sabor *j*.
- *PP*: Tiempo de paras programadas
- *PNP*: Tiempo de paras no programadas.

En el Apéndice D se presenta el plan de recolección de datos para la base de datos proporcionada por la empresa, mientras que en el Apéndice E se presenta el plan para los datos que se recolectarán en las líneas de envasado.

2.2.3 Recolección de Datos

Las personas encargadas de la recolección de datos fueron los líderes de proyecto. Anteriormente se nombró un formato para la recopilación de los datos, en el Apéndice F se presenta el formato utilizado.

2.2.4 Plan de Validación de Datos

Para realizar el análisis de confiabilidad de datos se elaboró un plan en donde se detallan los factores considerados de la base de datos y de la información recolectada de las líneas de envasado.

En el Apéndice G se presenta el plan de validación de datos utilizados en la fase.

Análisis de Confiabilidad de Datos

Para garantizar que las mediciones fuesen consistentes y confiables, indiferentemente de quien las haya recolectado, se hicieron gráficas de distribución de probabilidad mientras que, para los datos proporcionados por la empresa se realizaron pruebas T de 2 muestras con los datos recolectados.

Prueba T de 2 Muestras

Para los datos proporcionados por la empresa, se realizó una prueba T de 2 muestras junto con los datos recolectados con el fin de contrastar si existen diferencias significativas entre las medias de estas dos muestras. (Walpole, Myers, Myers, & Ye, 2012)

La fórmula de la prueba t para dos muestras independientes se muestra en la Ecuación 2.1:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Ecuación 2.1

Donde M_1 y M_2 son las medias de ambos grupos, s_1 y s_2 las desviaciones típicas y n_1 y n_2 los números de casos.

Para la elaboración de la Prueba T de 2 muestras, se utilizó un software estadístico, debido a que los datos utilizados para el proceso fueron los tiempos de envasado por tipo de formato y se procederá a explicar una de las pruebas realizadas, el resto de las pruebas se encontrarán en el Apéndice H.

Los datos utilizados para la prueba T de 2 muestras del tiempo de envasado del formato de 185 gr, se encuentran en la Tabla 2.3:

Tabla 2.3 Datos utilizados del formato de 185 gr.

Formato de 185 gr.			
Base de Datos		Datos Recolectados	
18,87	16,53	16,78	17,28
17,06	17,12	16,9	16,85
17,11	16,74	16,98	16,65
17,1	17,05	17,22	17,01
17,15	17,24	17,02	17,58
17,18	16,86	16,95	16,52
16,99	16,99	16,85	17,25
16,81	16,46	17,06	17,09
16,87	17,17	16,68	17,84
17,58	16,66	16,05	16,98

Elaborado por: Roberto Robles

Para el procedimiento de toma de decisión se tomaron como hipótesis las siguientes:

- $H_0 = p > 0,05$
No hay diferencias significativas entre las medias de las 2 muestras.
- $H_1 = p < 0,05$
Hay diferencias significativas entre las medias de las 2 muestras.

Prueba T e IC de dos muestras: Base de Datos;

Datos Recolectados

T de dos muestras para Base de Datos vs. Datos Recolectados

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Base de Datos	20	17,077	0,496	0,11
Datos Recolectados	20	16,977	0,377	0,084

Diferencia = μ (Base de Datos) - μ (Datos Recolectados)

Estimado de la diferencia: 0,100

IC de 95% para la diferencia: (-0,183; 0,383)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0,72

Valor P = 0,477 GL = 35

Figura 2.2 Resultado de la Prueba T de 2 muestras para el Formato de 185 gr.

Elaborado por: Roberto Robles

Los resultados obtenidos del software utilizado, minitab, para la realización de la prueba T de 2 muestras se observan en la Figura 2.2. El valor P de la prueba es mayor a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula. Debido a lo anterior se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre los valores de las medias de ambas muestras.

Gráfica de Probabilidad

Una gráfica de distribución de probabilidad es aquella que puede ser utilizada para ver y comparar las formas de curvas de distribución. Esta gráfica muestra funciones de densidad que describen la probabilidad de cada valor de los datos (Soporte de Minitab 17, 2017).

En la Tabla 2.4 se presentan los datos utilizados para la elaboración de la gráfica de probabilidad para el formato de 185 gr, estos datos fueron recolectados por los líderes del proyecto.

Tabla 2.4 Datos del Formato de 185 gr.

Datos Formato 185 gr.	
9,435	8,43
8,53	8,495
8,555	8,23
8,55	8,585
8,575	8,33
8,59	8,53
8,495	8,56
8,405	8,44
8,435	8,595
8,79	8,255
8,265	8,53
8,56	8,43
8,37	8,425
8,525	8,56
8,62	8,455

Elaborado por: Roberto Robles

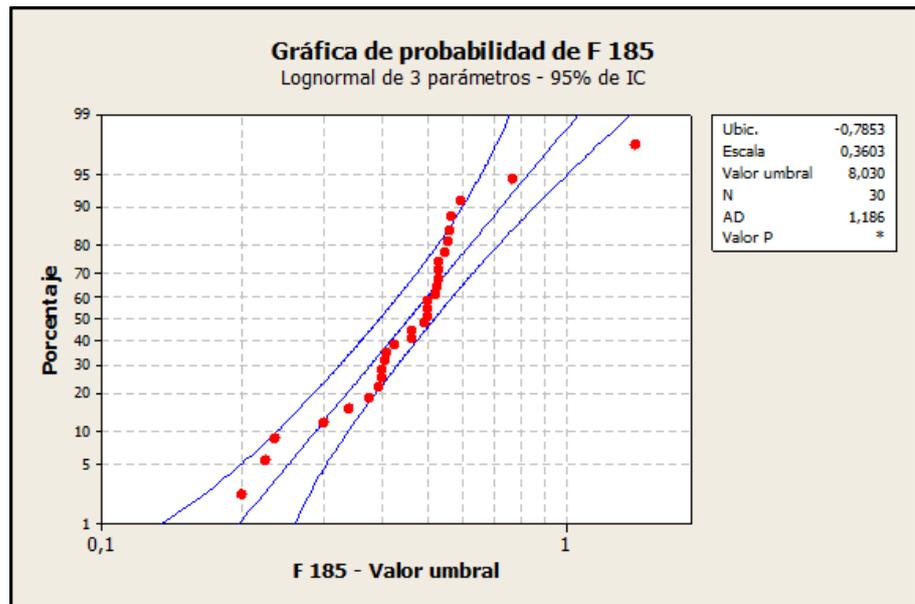


Figura 2.3 Gráfica de Probabilidad del formato de 185 gr.

Elaborado por: Roberto Robles

Los resultados obtenidos del software utilizado, minitab, para la realización de las gráficas de probabilidad de envasado de los distintos formatos, en este caso el formato de 185 gr. es mostrado en la Figura 2.3, e infieren a que los datos recolectados se aproximan a una distribución Lognormal de 3 parámetros.

En el Apéndice I se presentan las tablas de datos de los formatos evaluados con sus respectivas gráficas de probabilidad.

2.3 Fase de Análisis

En esta sección se elaboró una base de datos donde se compiló toda la información para proceder con la fase de Análisis, dentro de esta etapa también se determinó un plan de verificación de causas para validar las mismas. Además, en esta sección se mostrará qué factores tienen más influencia significativa sobre la variable respuesta.

2.3.1 Análisis de las Paras No Programadas

Debido a que el enfoque principal de este proyecto es la reducción de las paras no programadas, se realizó una evaluación previa a la verificación de las causas con el fin de conocer los factores principales que generan el problema. A partir del análisis realizado se encontraron causas relevantes a los dos factores principales descubiertos, los cuales fueron evaluados directamente con los operadores de las dos áreas a tratar.

Pareto de las Paras No Programadas

A continuación, en la Tabla 2.5, se presentan los datos proporcionados por la empresa y evaluados en la fase anterior y el Pareto respectivo, en la Figura 2.4, para descubrir los factores que causan el 80 por ciento de las paras no programadas.

Tabla 2.5 Factores de las Paradas No Programadas

Paradas	Tiempo de Parada (min)	Porcentaje
FALTA DE YOGUR	10761	48,12%
FALTA DE MATERIALES	3451	63,55%
LIMPIEZA DE MÁQUINA Y LÍNEA	1373	69,69%
TIEMPO DE <i>SET UP</i> DE LA MÁQUINA	1273	75,39%
DAÑADO DE MÁQUINA	1178	80,65%
TIEMPO DE <i>SET UP</i> DE SABOR Y FORMATO	893	84,65%
TIEMPO DE <i>SET UP</i> DE SABOR	730	87,91%
OTROS	534	90,30%
PARAS PROGRAMADAS	500	92,54%
CIRCUITO	357	94,13%
REUNIÓN	226	95,14%
LIMPIEZA FINAL	209	96,08%
FALTA DE AIRE	205	96,99%
TIEMPO DE <i>SET UP</i> DE FORMATO	159	97,71%
PROBLEMAS DE CALIDAD	139	98,33%
ALMUERZO	130	98,91%
FALTA DE PERSONAL	87	99,30%

Continuación Tabla 2.5

Paradas	Tiempo de Parada (min)	Porcentaje
PRUEBA DE PRODUCTOS	65	99,59%
FALLO DE ENERGÍA	52	99,82%
PROBLEMAS DEL PERSONAL	40	100,00%

Elaborado por: Belén Lavayen

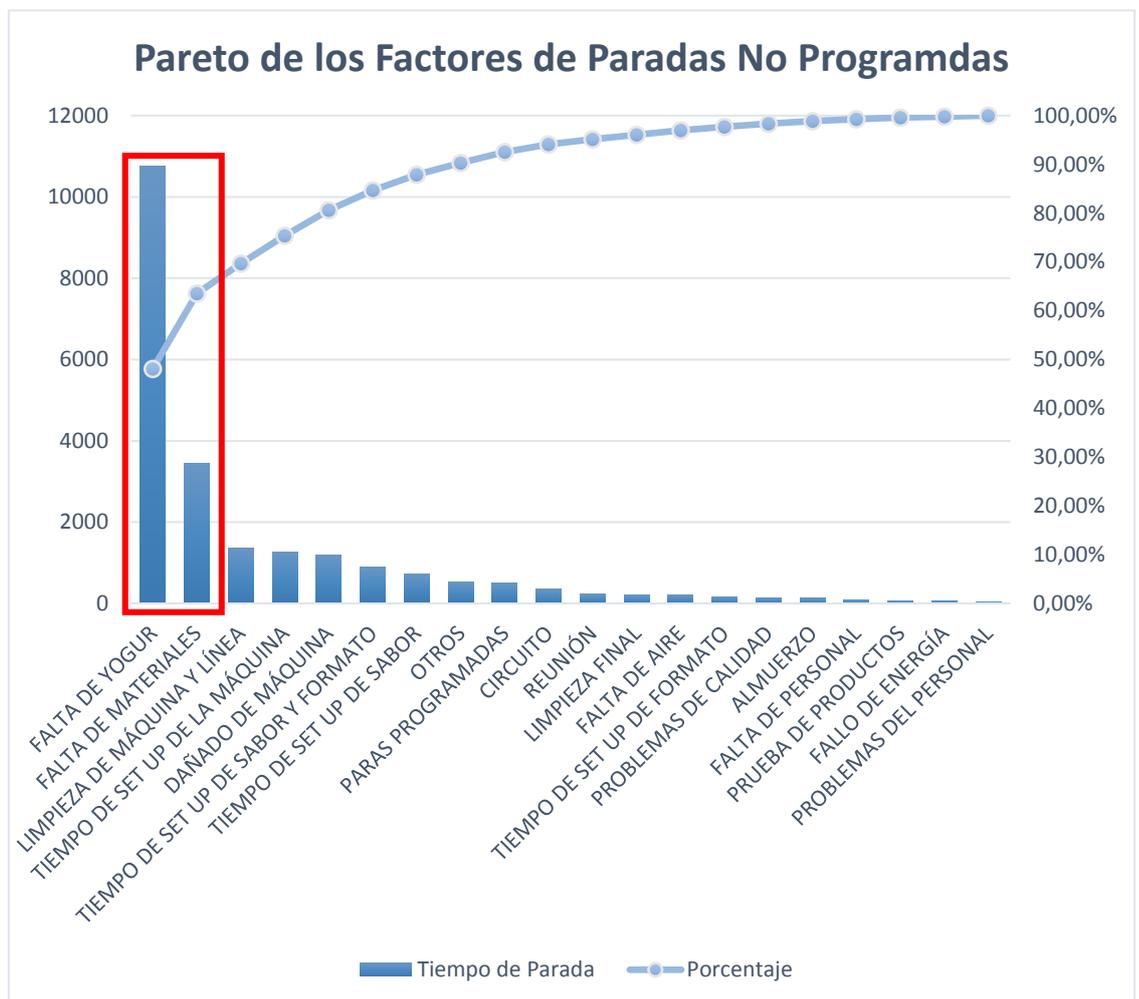


Figura 2.4 Pareto de los Factores de las Paras No Programadas

Elaborado por: Belén Lavayen

Por medio del Pareto se puede evidenciar que el 80 por ciento de las paras no programadas se ven reflejadas por dos factores claves que son: Falta de Yogur y Falta de Materiales.

Estratificación de Factores

Para un mejor análisis de los factores encontrados, se realizaron reuniones operacionales con el equipo de trabajo, como se muestra en la Figura 2.5, en donde están involucrados los operadores de las áreas a enfocadas, en las que se hizo mención al problema de las paras no programas, debido a que el equipo de trabajo tiene conocimiento del tema a tratar por medio al programa de mejora continua que lleva actualmente la empresa en cuestión y dan instrucciones al respecto.



Figura 2.5 Reuniones Operacionales de Lluvia de Ideas con el Equipo de Trabajo

En las reuniones con el equipo de trabajo se realizaron lluvias de ideas para determinar las causas potenciales al problema a realizar. Con esta información, se elaboró un diagrama Ishikawa para determinar la relación de las causas asociadas al problema y clasificarlas según cinco categorías de las seis que nos brinda la herramienta, las cuales son: método, mano de obra, materiales, máquina y medio ambiente.

A continuación, en la Tabla 2.6, se mostrará la lista de las causas clasificadas en el diagrama Ishikawa.

Tabla 2.6 Resumen del Diagrama Ishikawa

Materiales:
<ul style="list-style-type: none"> • Tanquero de leche llega tarde • Faltante de esencia y saborizante • Falta de base por falta de brix • Falta de cultivo • Falta de mermelada • Falta de base porque leche viene con antibióticos
Máquina:
<ul style="list-style-type: none"> • Tanques insuficientes, no se desocupan rápido • Problemas de aire, compresor • Daño de descremadora, se atrasan lotes • Daño de Chiller, se atrasa base • Falla en caldero, base se atrasa
Medio Ambiente:
<ul style="list-style-type: none"> • Falla de energía
Método:
<ul style="list-style-type: none"> • Planificación ineficiente, muchos sabores en un mismo día • No hay control de piso para tomar decisiones
Mano de obra:
<ul style="list-style-type: none"> • Personal incompleto para envasar • Falta de comunicación • Espera a persona de calidad que libera producto (solo hay uno en la noche) • Escasez de personal para limpieza

Elaborado por: Belén Lavayen

En el Apéndice J se presenta el diagrama Ishikawa con la clasificación de las causas que surgieron de las lluvias de ideas, en el cual se observó que las ramas de Materiales y Máquinas contienen una gran cantidad de causas.

Por medio de la información proporcionada por la empresa se descubrieron las causas por las cuales estos factores ocurren con mayor frecuencia y sus

respectivas graficas de Pareto, lo cual nos permitió realizar una comparación con la lluvia de ideas realizada en las reuniones operacionales.

Parada por Falta de Yogur

En la Tabla 2.7 se presentarán las causas por las cuales se presentan paras por falta de yogur las cuales nos ayudarán a realizar el Pareto

Tabla 2.7 Causas de Paras por Falta de Yogur

Causas	Tiempo de Paradas (min)	Porcentaje
LECHE LLEGA TARDE	1303	34%
FALTA DE MERMELADA	981	60%
FALTA DE ADITIVOS	974	86%
FALTA DE TANQUES	322	94%
ATRASO EN PREPARACIÓN	195	100%
PRUEBA DE CALIDAD	13	100%
TIEMPO DE SET UP DE TANQUES DE PREP.	3	100%

Elaborado por: Belén Lavayen

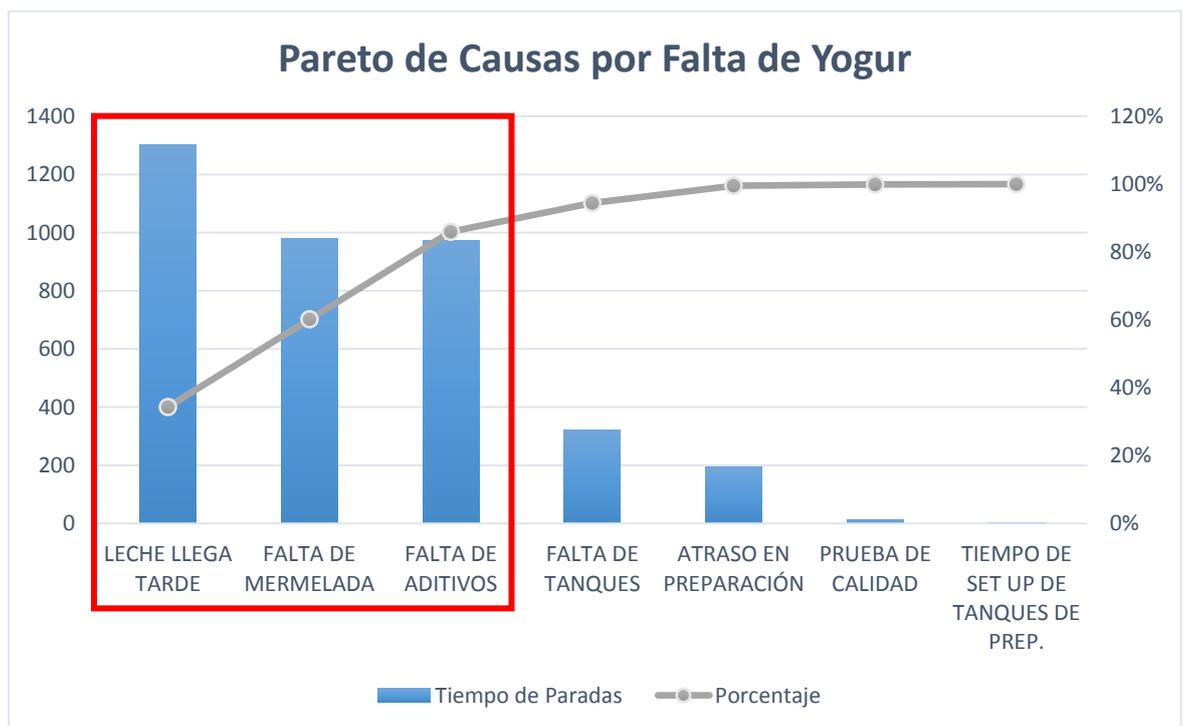


Figura 2.6 Pareto de Causas por Falta de Yogur

Elaborado por: Belén Lavayen

En el Pareto presentado en la Figura 2.6 se puede concluir que el 80 por ciento de las paras por falta de yogur se ven afectadas por tres causas, las cuales son: Leche llega tarde, Falta de Mermelada y Falta de Aditivos.

Matriz de Priorización de Causas

Una vez que se identificó las posibles causas en el diagrama Ishikawa por falta de Yogur con el Equipo de proyecto, se elaboró una matriz de priorización de causas, en donde se catalogaron las causas a base de dos criterios definidos como: impacto y control requerido.

Las causas del problema presentadas en el diagrama Ishikawa, y que a su vez fueron catalogadas en la matriz de priorización mostrada en la Tabla 2.8, son las siguientes:

1. Tanques no se desocupan rápido
2. Tanque de leche llega tarde
3. Pobre comunicación entre las áreas
4. Planificación de Producción Ineficiente
5. No existe un sistema de control para la toma de decisiones
6. Varios sabores por envasar en un día
7. Faltante de esencia y saborizante
8. Falta de base por falta de brix
9. Falta de cultivo
10. Falta de mermelada
11. Falta de base porque leche viene con antibióticos
12. Espera a persona de calidad que libere producto (solo hay uno en la noche)
13. Falla de energía
14. Personal incompleto para envasar
15. Escasez de personal para limpieza
16. Problemas de aire, compresor
17. Daño de descremadora, se atrasan lotes

- 18. Daño de Chiller, se atrasa base
- 19. Falla en caldero, base se atrasa

En el eje vertical de la matriz tenemos el criterio impacto el cual supone el grado de influencia que tienen las causas en la ocurrencia del problema. Adicional, el criterio de control, ubicado en el eje horizontal de la matriz, supone el grado de dificultad para intervenir en contra de esa causa. La matriz presenta una distribución con cuatro cuadrantes, en donde el superior izquierdo adquiere más atención.

Tabla 2.8 Matriz de Priorización de Causas

IMPACTO	ALTO	<ul style="list-style-type: none"> Tanques no se desocupan rápido Tanquero de leche llega tarde Baja comunicación entre las áreas Planificación Ineficiente No existe un sistema de control para la toma de decisiones Varios sabores por envasar en un día 	<ul style="list-style-type: none"> Faltante de esencia y saborizante Falta de base por falta de brix Falta de cultivo Falta de mermelada Falta de base porque leche viene con antibióticos
	BAJO	<ul style="list-style-type: none"> Espera a persona de calidad que libere product (solo hay uno en la noche) 	<ul style="list-style-type: none"> Falla de energía Personal incomplete para envasar Escasez de personal para limpieza Problemas de aire, compresor Daño de descremadora, se atrasan lotes Daño de chiller, se atrasa base Falla en caldero, base se atrasa
		FÁCIL	DIFÍCIL
CONTROL			

Elaborado por: Belén Lavayen

2.3.2 Plan de Verificación de Causas

Cada factor de estratificación fue analizado como anteriormente fue explicado, en esta sección se utilizaron herramientas para comprobar la existencia de las causas. Se validaron aquellas que se ubicaron en el primer cuadrante de la matriz de priorización por lo que representa un alto impacto al problema en cuestión.

En la Tabla 2.9 se presenta el plan de verificación de causas en el que se puede observar los tipos de análisis que se efectuarán a los factores estratificados.

Tabla 2.9 Plan de Verificación de Causas

PLAN DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS			
CAUSA	DESCRIPCIÓN	MODO DE VALIDACIÓN	TÉRMINO (JUNIO)
Tanques de preparación no se desocupan rápido	Los nuevos lotes de base esperan por tanques desocupados	Utilización de Tanques mostrado en el <i>Value Stream Mapping</i> [VSM]	1era Semana
Tanquero de leche llega tarde	La producción se atrasa porque no hay leche disponible para el proceso de preparación	Registros de llegada de tanques de leche	1era Semana

Continuación Tabla 2.9

CAUSA	DESCRIPCIÓN	MODO DE VALIDACIÓN	TÉRMINO (JUNIO)
Planificación Ineficiente	El plan de producción no puede ser completado en un turno regular	Registros de Planes de Producción	2da Semana

Elaborado por: Roberto Robles

2.3.3 Verificación In Situ

A continuación, se mostrará las causas verificadas en el sitio de trabajo:

- **Tanquero de leche llega tarde**

Día	Fecha	Hora Llegada Planificada	Hora Entrada	Hora Salida	Empresa
Lunes	2/1/2017	16:00	18:42:00	23:00:00	
Martes	3/1/2017	16:00	15:00:00	20:20:00	
Martes	3/1/2017	16:00	15:40:00	21:24:00	
Martes	3/1/2017	17:00	18:21:00	22:54:00	
Miércoles	4/1/2017	16:00	17:16:00	20:30:00	
Miércoles	4/1/2017	17:00	18:07:00	00:10:00	
Jueves	5/1/2017	16:00	16:30:00	21:25:00	
Jueves	5/1/2017	17:00	18:40:00	00:53:00	
Viernes	6/1/2017	16:00	19:29:00	23:15:00	
Lunes	9/1/2017	16:00	19:17:00	00:00:00	
Lunes	9/1/2017	17:00	19:17:00	00:00:00	
Martes	10/1/2017	16:00	20:50:00	00:50:00	
Miércoles	11/1/2017	16:00	16:55:00	21:45:00	
Miércoles	11/1/2017	17:00	19:32:00	04:10:00	
Jueves	12/1/2017	16:00	18:10:00	20:53:00	
Lunes	16/1/2017	16:00	17:22:00	21:13:00	

Figura 2.7 Registro de Ingreso de Tanqueros de Leche

Elaborado por: Belén Lavayen

En la Figura 2.7 se detalla el registro de ingreso de los tanqueros de leche, está establecido por la compañía que los dos proveedores de leche deben de llegar a las 4pm y 5pm respectivamente, según el horario que haya realizado el planificador de producción. En el recuadro rojo sombreado de amarillo se muestra la hora de llegada planificada y la hora de entrada de los camiones de aquellos que llegaron a una hora pasada de la planificada.

- **Tanques de preparación no desocupan rápido**

Filtración y Enfriamiento		Mezcla y Preparación de Sabor	
Capacidad línea (kg)	4200	Capacidad Tanque (kg)	4200
Tiempo de Ciclo (min)	54,94	Tiempo de Ciclo (min)	295,20
# Líneas	1	# Tanques	4
TH (kg/hr)	4587	TH (kg/hr)	3415
# Personas	1	# Personas	1
Turnos	2	Turnos	2
de 12 hrs			
Limpieza y Desinfección (min)	120	Limpieza (min)	10
Enfriamiento (min)	30	CIP (min)	120
		Enfriamiento luego de CIP (min)	30
		Disponibilidad	78%
		Disponibilidad	78%
		Turnos (12 h)	Tecnología
		Kg Programados	2
		Kg Reales	62777
			26389,6
			25934,8

Figura 2.8 Utilización de Tanques de Mezcla y Preparación de Sabor

Elaborado por: Belén Lavayen

En la Figura 2.8 se recogen parte de los datos proporcionados por la empresa y se detalla el *throughput* [TH], esto es; el ratio con el que una unidad de producto pasa por una estación de trabajo; del proceso de filtración con respecto a los tanques de preparación, dos fases de suma importancia en la elaboración de la base de yogur ya que aquí se refleja un estancamiento o cuello de botella del proceso en sí, al ser el TH de filtración mayor al de preparación.

- Planificación Ineficiente

PROGRAMA DE PLANIFICACIÓN SEMANA 22												95,00		
LOTE:		1	2	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Nº		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FECHA:		LUNES 29/5/2017		MARTES 30/5/2017		MIÉRCOLES 31/5/2017		JUEVES 1/6/2017		VIERNES 2/6/2017		TOTAL	%	
CODIGO TROP	CODIGO PROLA	PRODUCTO	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	DIA	NOCHE	TOTAL	CUMPLIMIENTO
1.950 Kg. CLASICO														
VPCLAYCVA001	PPTLAYOVA001	VAINILLA	0	1.800	0	0	1.300	0	0	0	0	0	3.100	86,3%
VPCLAYCCL001	PPTLAYOCL002	CLASICO	2.402	0	0	1.500	0	0	1.030	0	0	0	4.932	100,0%
VPCLAYCD001	PPTLAYODI001	DIETETICO	0	0	0	2.000	0	0	0	0	0	0	2.000	78,8%
VPCLAYCM001	PPTLAYOM002	MORA	0	1.646	0	0	1.300	0	1.600	0	0	0	4.546	95,5%
VPCLAYCFR001	PPTLAYOFR002	FRUTILLA	2.303	0	0	0	1.300	0	2.500	0	0	0	6.103	96,5%
VPCLAYCDUZ01	PPTLAYODZ002	DURAZNO	0	2.200	0	0	0	1.900	0	0	0	0	4.100	99,2%
VPCLAYCGU001	PPTLAYOGU001	GUANABANA	1.808	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.808	100,2%
TOTAL			6.513	5.646	3.500	0	5.800	0	5.130	0	11	0	26588	
950 g. CLASICO														
VPCLAYCVAG08	PPTYOCLVA008	VAINILLA	0	1.844	0	0	1.500	0	0	0	0	0	3.344	90,9%
VPCLAYCNTG08	PPTYOCLNA008	CLASICO	3.600	0	0	3.000	0	0	3.000	0	0	0	9.600	99,3%
VPCLAYCDTG00	PPTYOCLDI006	DIETETICO	0	0	0	2.430	0	0	0	0	0	0	2.430	100,3%
VPCLAYCMOG11	PPTYOCLM007	MORA	0	2.500	0	0	2.000	0	2.000	0	0	0	6.500	99,0%
VPCLAYCFRG12	PPTYOCLFR006	FRUTILLA	2.400	2.834	0	0	2.804	0	0	0	0	0	8.038	93,8%
VPCLAYCDUG13	PPTYOCLDZ005	DURAZNO	0	2.500	0	0	0	2.000	0	2.500	0	0	7.000	97,9%
VPCLAYCGUG14	PPTYOCLGN005	GUANABANA	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	800	100,2%
TOTAL			6.800	9.678	0	5.430	0	8.304	0	7.500	0	0	37712	

Figura 2.9 Registro del Programa de Planificación Semanal de Producción

Elaborado por: Belén Lavayen

En la Figura 2.9 se detalla el registro del programa de planificación semanal de producción. En el recuadro rojo se muestra el cumplimiento semanal de los productos envasados, en este caso se presentan los sabores envasados de los formatos de 1750 gr. y 950 gr. durante la semana 22 del año en curso. Las celdas sombreadas de amarillo resaltan el porcentaje de cumplimiento de aquellos productos que no alcanzaron el 100%.

2.3.4 Análisis de causa raíz

Como parte de esta sección tenemos el análisis de los 5 ¿por qué?, para determinar causas raíces, en este análisis se realiza preguntas consecutivas para el problema y a las hipótesis que van surgiendo de manera que al final se obtiene una causa raíz al problema inicial. Como resultado de este análisis se obtuvo que la principal causa raíz del problema es la falta de un control de piso que intervenga en el proceso de producción.

Se presentará a continuación en la Tabla 2.10 dos de las causas analizadas y en el Apéndice K se detallará el Análisis de los 5 ¿por qué?, con su respectiva causa raíz para cada factor priorizado.

Tabla 2.10 Análisis de los 5 ¿por qué?

CAUSA	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿POR QUÉ?	CAUSA RAIZ
Tanques de preparación no se desocupan rápido	Líneas de envasado no vacían el tanque con rapidez	El tiempo de vaciado del tanque va acorde al formato que se está envasando			El número actual de tanques no cubren toda la demanda
No hay control para la toma de decisiones	Supervisor desconoce que órdenes se están realizando al momento	Las órdenes no siguen un método de asignación	Las órdenes se realizan bajo el criterio del operador		No existe una asignación de órdenes de envasado

Elaborado por: Belén Lavayen

2.4 Fase de Mejora

Una vez que se encontró las causas raíces al problema de Falta de Yogur, se propusieron soluciones para éstas por medio de una lluvia de ideas en conjunto con el Equipo de Proyecto. En esta sección se encuentra al detalle el Modelo de Asignación y Control de Piso, las cuales fueron seleccionadas como las soluciones de mayor impacto para el problema de paras no programadas.

2.4.1 Soluciones Propuestas

Para una mejor búsqueda de soluciones, se realizó una reunión operacional con el equipo de trabajo, como se muestra en la Figura 2.10



Figura 2.10 Reunión de Soluciones con el equipo de trabajo

Lluvia de ideas

Por medio de entrevistas y reuniones entre el equipo de trabajo y personal representativo, se realizó una lluvia de ideas para armar una lista con posibles soluciones a implementar y que ayuden a cumplir el objetivo tal como se muestra a continuación en la Tabla 2.11:

Tabla 2.11 Lista de lluvia de soluciones

Lista de Lluvia de Ideas		
N°	Soluciones	Descripción
1	Ubicación de nuevos tanques de preparación	Balancear el proceso entre la etapa de incubación y preparación.
2	Implementar un sistema de control total de proveedores	Controlar y dar seguimiento a los proveedores de leche para reducir los arribos tardíos.
3	Diseñar e implementar un Sistema de Control de Piso	Los operadores toman las decisiones de envasado que en muchas ocasiones afectan el ratio de salida del producto.
4	Adquirir una línea de envasado para apoyo	Con la instalación de nuevos tanques de preparación se requiere aumentar el ratio de salida de producto de las líneas de envasado.
5	Instalar una línea de agua para efectos de limpieza	En reiteradas ocasiones se paraliza la limpieza en los cambios puesto que el área de preparación mantiene ocupada la línea de agua disponible para limpieza.
6	Fijar un día para dar mantenimiento a las líneas de envasado	Crear un programa de mantenimiento preventivo para las líneas de envasado y evitar paros por fallas en la máquina.

Elaborado por: Belén Lavayen

2.4.2 Evaluación y Selección de Soluciones

Relación Causa - Solución

Se elaboró una matriz donde se muestra una relación de uno a uno entre las ideas generadas de la lluvia de ideas con todas las causas validadas que afectan a la falta de Yogur. Las casillas en la matriz se llenan cuando la posible solución permita eliminar o disminuir el efecto de la causa, tal como se muestra en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Matriz de Relación Causas - Soluciones

CAUSAS SOLUCIONES	El número actual de tanques no cubre la demanda de trabajo	No existe un control formal para los proveedores de leche	No hay un proceso estandarizado que comunique actividades entre áreas	No hay sistema para secuenciar las órdenes de envasado	No hay una línea de agua exclusiva para el área de envasado
Ubicación de nuevos tanques de preparación	X				
Implementar un sistema de control total de proveedores		X			
Diseñar e implementar un Sistema de Control de Piso			X	X	
Adquirir una línea de envasado para apoyo					
Instalar una línea de agua para efectos de limpieza					X
Fijar un día para dar mantenimiento a las líneas de envasado					

Elaborado por: Roberto Robles

Matriz de Priorización de Soluciones

Se elaboró una matriz de priorización de soluciones, en donde se clasificaron a base de dos criterios: impacto y esfuerzo.

En la Tabla 2.13, se presenta la matriz de priorización de soluciones.

Tabla 2.13 Matriz de Priorización de Soluciones

IMPACTO	ALTO	<ul style="list-style-type: none">• Diseñar e implementar un Sistema de Control de Piso	<ul style="list-style-type: none">• Ubicación de nuevos tanques de preparación• Adquirir una línea de envasado para apoyo• Implementar un sistema de control total de proveedores
	BAJO	<ul style="list-style-type: none">• Fijar un día para dar mantenimiento a las líneas de envasado	<ul style="list-style-type: none">• Instalar una línea de agua para efectos de limpieza
		FÁCIL	DIFÍCIL
IMPLEMENTACIÓN			

Elaborado por: Belén Lavayen

El impacto hace referencia al nivel de contribución de la posible solución al objetivo, para este criterio se tomó en cuenta los resultados obtenidos de la matriz de relación causa-solución, es decir, tiene más impacto mientras solución varía causas. El segundo se refiere a la cantidad de recursos necesarios para poder implementarlo, estos pueden ser materiales, recurso humano y monetario, esto quiere decir, que cuantos más recursos use la solución, más difícil es su implementación.

Los cuadrantes superiores poseen las soluciones más fiables, así que, para el desarrollo del proyecto se decidió considerar únicamente las soluciones que tengan un alto impacto debido a la necesidad eliminar el problema, y menor

esfuerzo en la implementación. Sin embargo, se tomó una solución del cuadrante superior derecho puesto que la empresa cuenta con fondos necesarios para la implementación de proyectos de mejora continua.

En la Figura 2.11, se muestra la reunión que se logró con la Trainee de Mejora Continua y en donde se confirmó el proyecto en proceso de la implementación de nuevos tanques en el área de preparación.



Figura 2.11 Reunión con la Trainee de Mejora Continua

Plan de Implementación de Soluciones

El siguiente plan contiene las soluciones escogidas después del análisis, que partes están involucradas, en que área tendrá impacto, cuánto es el costo de implementación y los pasos que seguir para cumplir con la ejecución total de la solución.

En el Apéndice L se presenta a detalle el plan a utilizar en esta fase de mejora. Se elaboró un cronograma de implementación en donde se muestran las actividades a realizarse para la ejecución de las soluciones, el cual está ubicado en el Apéndice M.

2.4.3 Soluciones Implementadas

Restricciones

- **Secuenciación de sabores:** una restricción importante es el orden de sabores que debe seguirse al momento de envasado de yogur, este es estipulado por el Departamento de calidad, a causa de prevenir la presencia de partículas de fruta del sabor anterior envasado, aun después de la limpieza de los tanques de preparación.
- **Capacidad mínima de uso:** una condición importante al momento de planificar la producción semanal es el manejo de un nivel mínimo de los tanques de preparación de yogur. El envasado de yogur está relacionado directamente con los niveles de los tanques puesto que eso determina la cantidad disponible para poder envasar.

Limitaciones

- **No financiamiento:** una limitación de proyecto es la de no poseer poder de financiamiento para la implementación de las soluciones de mejora que resulten del desarrollo del proyecto, por lo que como consecuencia se tiene la planificación del desarrollo de un modelo de simulación para evaluar los resultados
- **Órdenes de producción sin respaldo digital:** actualmente la empresa mantiene una cultura de registros en documentos físicos, lo que dificulta el acceso o análisis de datos en los registros tanto por legibilidad o longevidad.
- **Recursos humanos:** la organización tiene como política de horas de trabajo para los operadores de 8 horas, las cuales pueden extenderse en horas extras
- **Políticas de inventario:** la planificación de la producción está regulada bajo políticas de inventario rígidas que varían durante todo el año, debido a, por ejemplo, inicio de clases, estaciones climáticas, etc.

2.4.3.1 Sistema de Control de Piso

Modelo de Asignación de Órdenes

Para poder desarrollar el sistema de control de piso fue necesario definir el modelo de programación mixta entera con el que se efectuara la asignación o control de ordenes en el área de envasado.

- **Conjuntos y variables**

Como se muestran en la Figura 2.12 y Figura 2.13, se definió los subíndices o conjuntos a ser utilizados, además de las variables respectivas

$i \in I$; órdenes	$I = O_1, O_2, O_3, \dots, O_n$
$j \in J$; líneas de envasado	$J = C_1, C_2, C_3$
$k \in K$; formato	$K = F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6$
$l \in L$; sabor	$L = S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, \dots, S_{12}$

Figura 2.12 Conjuntos del Modelo de Asignación

Elaborado por: Roberto Robles

X_{ijkl} = cantidad de la orden i en la línea de envasado j del formato k y sabor l
Y_{ijkl} = Si se realiza la orden i en la línea de envasado j del formato k y sabor l
$Orden_{ikl}$ = Orden i ingresada de formato k sabor l
$TProd_{kl}$ = Tiempo de producción de formato k sabor l
$Setup$ = Tiempo de preparación de cambio de sabor o formato
$Turno$ = Minutos operativas de un turno de trabajo

Figura 2.13 Variables del Modelo de Asignación

Elaborado por: Roberto Robles

- **Función objetivo**

El modelo, como se aprecia en la Figura 2.14 tiene como finalidad maximizar la cantidad de envases a producir, en otras palabras, buscara cumplir con la demanda diaria impuesta, el cual es una combinación entre todos los sabores y el tipo de formato a envasar, utilizando las 3 líneas envasadoras con las que cuenta.

$$Max Z = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l X_{ijkl}$$

Figura 2.14 Función Objetivo del Modelo de Asignación

Elaborado por: Roberto Robles

- **Restricciones**

Para poder llegar a la respuesta más favorable, se planteó restricciones de acuerdo con las limitaciones físicas de la planta, ya sea debido a limpiezas obligatorias, velocidad de funcionamiento de las líneas envasadoras, entre otras, como se detallan en la Figura 2.15.

$$\begin{aligned}
 X_{ijkl} &\in \mathbb{Z}; \forall i, j, k, l \\
 Y_{ijkl} &\in \{0,1\} \\
 Orden_{ikl} &\in \mathbb{Z}; \forall i, j, k, l \\
 Turno &\in \mathbb{Z} \\
 TProd_{kl} &= [...] \\
 Setup &= 10 \\
 \sum_j X_{ijkl} &\leq Orden_{ikl} \\
 \sum_k \sum_l (X_{ijkl} * TProd_{kl} + Y_{ijkl} * Setup) &\leq Shift
 \end{aligned}$$

Figura 2.15 Restricciones del Modelo de Asignación

Elaborado por: Roberto Robles

- **Interfaz Gráfica de usuario**

Como medida para poder facilitar la entrada de datos al modelo de asignación, se desarrolló una interfaz amigable con el usuario, como se muestra en la Figura 2.16, de tal modo que se evite la entrada errónea de datos que pueda conllevar a un mal funcionamiento del modelo o programa.

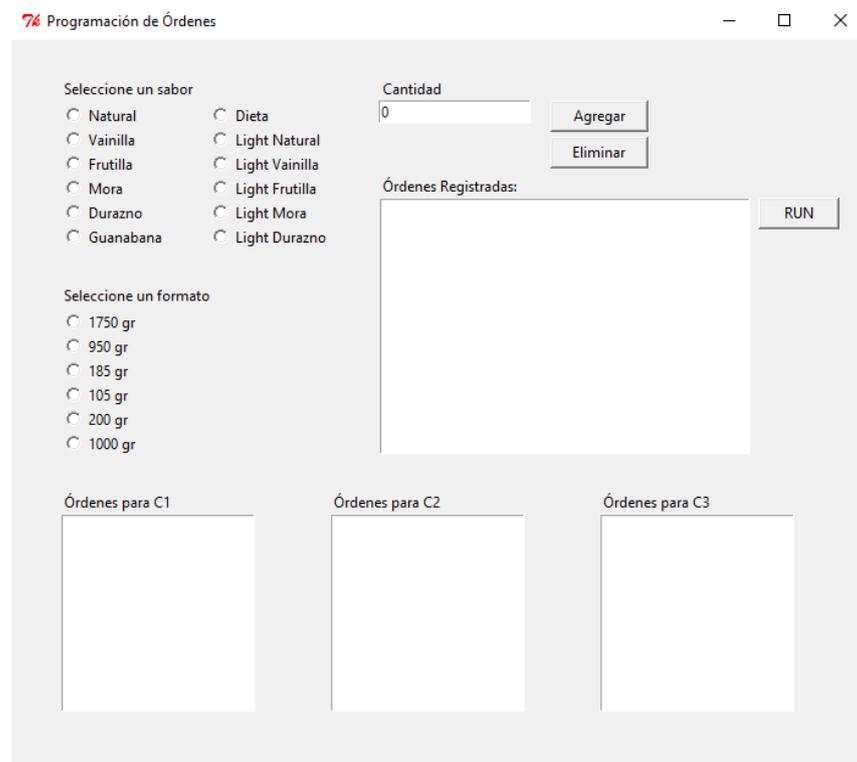


Figura 2.16 Interfaz del Modelo de Asignación

Elaborado por: Roberto Robles

Tanto la interfaz como la programación del modelo fueron escritas en código Python, al ser este un software de acceso gratuito y de uso fácil.

Ubicación de nuevos tanques en área de preparación.

Como se mencionó anteriormente, la empresa cuenta con nuevos tanques para ser usados en el proceso de preparación de bases, se propuso 4 diferentes configuraciones para ubicar los nuevos tanques para posteriormente compararlo con la configuración actual con la que cuenta la empresa.

- **Configuración 1**

Se ubica un tanque exclusivo para ser usado como tanque de preparación y el restante será tomado como un tanque flexible que alternará entre tanque de preparación y tanque de incubación.

- **Configuración 2**

Se ubica un tanque exclusivo para ser usado como tanque de preparación y el restante será exclusivo como un tanque de incubación.

- **Configuración 3**

Se ubican ambos tanques exclusivos para ser usados como tanques de incubación.

- **Configuración 4**

Se ubican ambos tanques exclusivos para ser usados como tanques de preparación.

Simulación

Para poder comparar las configuraciones y tomar una decisión se decidió por utilizar una simulación programada en el software Promodel, construyendo las diferentes configuraciones propuestas y la actual, tal como se muestran en los Apéndices N, O, P, detallando además las entidades, locaciones y atributos usados en la misma en los Apéndices Q, R, S.

Debido a la complejidad del modelo de simulación y del número de entidades y locaciones, se optó por simular 5 días laborables, las órdenes de producción fueron obtenidas aleatoriamente mediante proporciones porcentuales usando datos históricos, tal como se detallan en los Apéndices T, V, U, W, X, Y. Los resultados de la simulación y su análisis se detallarán más adelante, además de las conclusiones y recomendaciones consiguientes a los resultados.

2.5 Fase de control

En esta fase se presentan las herramientas desarrolladas y propuestas para garantizar el correcto funcionamiento de las soluciones implementadas o ser verificadas después de pasar por una prueba piloto.

2.5.1 Controles Operacionales

Se entregó un manual para poder utilizar la interfaz que controla el modelo de asignación de órdenes, como se muestra en la Figura 2.17, conjunto con una capacitación para dar soporte a la implementación del mismo.

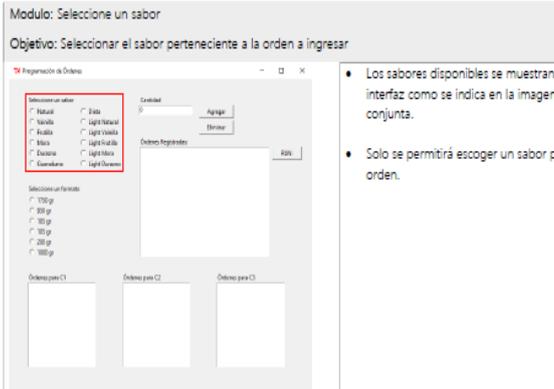
MANUAL OPERACIONAL

Programa de Asignación de Órdenes para las Líneas de Envasado

Página 1

1. **Alcance:**
Asignación de órdenes de envasado en "Líneas Colombianas".
2. **Prerrequisitos:**
Órdenes diarias individuales provistas por la planificación de producción de la planta.
3. **Usuario:**
Supervisor(a) de Producción
4. **Pasos para la planificación diaria de envasado**

Modulo: Seleccione un sabor
Objetivo: Seleccionar el sabor perteneciente a la orden a ingresar



- Los sabores disponibles se muestran en la interfaz como se indica en la imagen conjunta.
- Solo se permitirá escoger un sabor por orden.

MANUAL OPERACIONAL

Programa de Asignación de Órdenes para las Líneas de Envasado

Página 2 de 3

Modulo: Seleccione un formato

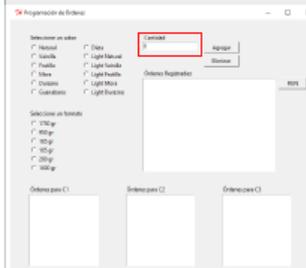
Objetivo: Seleccionar el formato perteneciente a la orden a ingresar



- Los formatos disponibles se muestran en la interfaz como se indica en la imagen conjunta.
- Solo se permitirá escoger un formato por orden.
- Se mostrará una ventana de advertencia en caso de haber una combinación de sabor – formato no posible.

Modulo: Ingrese la cantidad

Objetivo: Ingresar la cantidad perteneciente a la orden a ingresar



- La cantidad debe ingresarse en el cuadro en blanco como se muestra en la imagen conjunta.
- Solo se permitirá ingresar números enteros positivos y no caracteres.

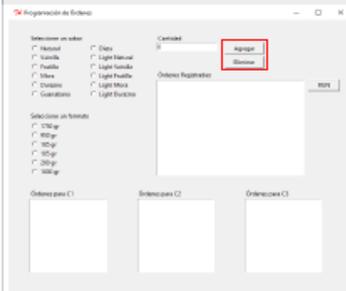
MANUAL OPERACIONAL

Programa de Asignación de Órdenes para las Líneas de Envasado

Página 3 de 3

Modulo: Opciones de Agregar o Eliminar

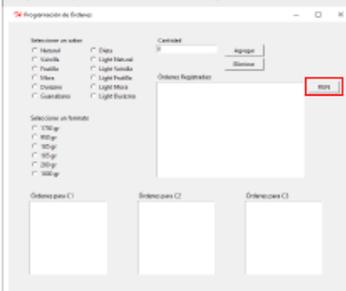
Objetivo: Agregar y Eliminar órdenes



- El botón agregar permite añadir una orden a la interfaz como se muestra en la imagen conjunta.
- El botón eliminar permite borrar una orden ya ingresada previamente de la interfaz como se muestra en la imagen conjunta.

Modulo: Opción RUN

Objetivo: Ejecutar el modelo de asignación de órdenes



- El botón RUN permite ejecutar el programa de asignación de órdenes, las órdenes se dividirán entre las 3 líneas de envasado como se muestra en la imagen conjunta.

Figura 2.17 Manual Operacional

Elaborado por: Belén Lavayen

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

Como se mencionó en el capítulo anterior, se construyó un modelo de simulación para determinar qué tipo de configuración es la más acertada al momento de reducir las paras no programadas, cabe mencionar que las ordenes de producción de las 4 configuraciones pasaron a través del control de piso.

Para poder determinar la variación de las paras no programadas, es necesario analizar las horas extras que le tomo a la configuración completar la producción, esto es, las horas consiguientes a las 8 horas laborales dictadas por la ley.

En el Apéndice Q se detallan los resultados después de la simulación, tanto de la configuración actual como de las 4 propuestas.

Se observó, que la configuración 2 contaba con el menor número de horas extras para poder cumplir con las ordenes de producción por lo que se procedió a compararlo con la configuración actual y determinar si existía diferencias entre ambas.

Se decidió aplicar una prueba estadística no paramétrica Mann-Whitney para verificar si existen diferencias significativas entre las medianas de los datos de horas extras recogidos de la configuración 2 y la actual.

Para la prueba se tiene como hipótesis:

- $H_0: Me_1 = Me_2$
- $H_1: Me_1 \neq Me_2$

Con un nivel de confianza del 95% se obtuvo el siguiente resultado detallado en la Figura 3.1

Prueba de Mann-Whitney e IC: ACTUAL; CONF 2

	N	Mediana
ACTUAL	5	2,5667
CONF 2	5	0,6000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es 1,9667
96,3 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (1,5333;2,2668)
W = 40,0
Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0,0122

Figura 3.1 Prueba de Mann-Whitney

Elaborado por: Roberto Robles

En conclusión, se rechaza H_0 , por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para concluir que existe diferencias significativas entre las medianas de los datos de horas extras de la configuración actual con la configuración 2.

Como parte de la terminación del proyecto se debió corroborar un posible cambio del porcentaje de paras no programas calculado al inicio del trabajo, debido a que no se cuenta con suficiente tiempo para recolectar la cantidad de datos equivalentes a los iniciales, se procedió a calcular la diferencia porcentual de las horas extras en ambas configuraciones, mostrado en la Figura 3.2 dando como resultado una reducción del 77% aproximadamente.

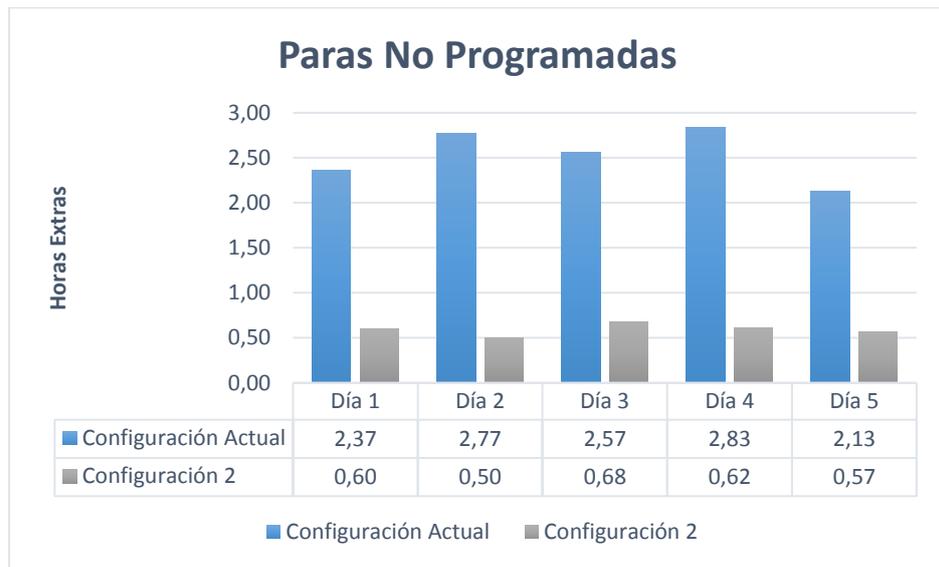


Figura 3.2 Comparación de Paras entre las Configuraciones

Elaborado por: Belén Lavayen

Para tener una mejor idea del alcance de la solución se realizó una tabla comparativa entre todas las configuraciones tal como está en la Tabla 3.1, detallando los costos que conllevan y el ahorro que eventualmente representarían, proyectados anualmente, en caso de seleccionar algunas de las 4 configuraciones. La opción 2 es la que traería más ahorro a la empresa con aproximadamente \$47000.

Tabla 3.1 Análisis de Costos

ANÁLISIS DE COSTOS	Horas Extras	Costo Semanal	Proyección Anual	Ahorro
Configuración Actual	12,67	\$ 1.189,40	\$ 61.848,80	\$0,00
Configuración 1	7,05	\$ 662,00	\$ 34.423,74	-\$27.425,06
Configuración 2	2,97	\$ 278,57	\$ 14.485,64	-\$47.363,16
Configuración 3	6,23	\$ 585,31	\$ 30.436,12	-\$31.412,68
Configuración 4	11,37	\$ 1.067,33	\$ 55.501,16	-\$6.347,64

Elaborado por: Roberto Robles

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

- La falta de yogurt fue determinada como el factor principal que genera la mayor cantidad de paras no programadas en las líneas de envasado.
- Se dieron dos soluciones de mejora para reducir las paras no programadas, un sistema de control de piso y una configuración para la ubicación de los nuevos tanques que irán al área de preparación.
- El control de piso está fundamentado por un modelo de programación mixta entera, que va acorde a las limitaciones y restricciones de la empresa.
- El modelo de asignación junto con la configuración seleccionada, mostraron una reducción de alrededor del 50% de paras no programadas, mostrados a través de horas extras en los resultados previamente expuestos.
- Los resultados de la mejor configuración mostraron un ahorro anual proyectado del pago de horas extras, de alrededor de \$47000.

4.2 Recomendaciones

- Se sugiere utilizar el modelo de asignación de ordenes al comienzo del turno de trabajo, siguiendo el manual otorgado a la empresa.
- Después de realizar un análisis estadístico y financiero, se sugiere la colocación de los nuevos tanques en el área de preparación tal como se detallan en la configuración 2.
- Debido a la inclusión de nuevos elementos en la planta, se recomienda realizar un nuevo mapa de flujo de valor (VSM) para analizar los cambios y señalar las nuevas partes del proceso que requieran más atención.
- Con la apertura a nuevos proyectos de mejora continua en la planta, se sugiere recaudar y digitalizar la información no documentada en oficinas de la empresa, para una mejor facilidad en estudios y análisis posteriores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala , A., & Castillo, R. (2016). Modelo de Planificación y Control de Personal de Enfermería en el Corto Plazo en el Hospital León Becerra de la Ciudad de Guayaquil". Guayaquil.
2. Bialek, R., Duffy, G., & Moran, J. (2009). ASQ. Obtenido de <http://asq.org/healthcare-use/why-quality/five-whys.html>
3. Cerdas, F., Thiede, S., Juraschek, M., Turetskyy, A., & Herrmann, C. (2017). Shop-floor Life Cycle Assessment. Braunschweig, Germany: ELSERVIER.
4. Chiossone, A. (05 de Abril de 2013). Agente Viajero: Simple y Múltiple. Obtenido de Blogspot: <http://opti-lineal.blogspot.com/2013/04/agente-viajero-simple-y-multiple-grupo-5.html>
5. Desconocido. (2017). ASQ. Obtenido de <http://asq.org/learn-about-quality/idea-creation-tools/overview/brainstorm.html>
6. Desconocido. (2017). ASQ. Obtenido de <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/pareto.html>
7. Evans, J. (s.f.). Six Sigma Revealed. Internation Six Sigma Institute.
8. Gamero, H. (19 de Junio de 2014). Proceso de recoleccion de datos. Obtenido de SlideShare: Proceso de recoleccion de datos
9. García Ramírez, J. A. (15 de Abril de 2013). El Project Charter. Obtenido de EOI: <http://www.eoi.es/blogs/madeon/2013/04/15/el-project-charter/>
10. Higgins, P., Roy, P. L., & Tierney, L. (1996). Manufacturing Planning and Control.
11. Mentory. (26 de Febrero de 2014). La voz del cliente. Obtenido de Mentory: <http://mentory.online/2014/02/la-voz-del-cliente.html>
12. Ocampo, J. R., & Pavón, A. E. (2012). Integrando la Metodología DMAIC de Seis Sigma con la Simulación de Eventos Discretos en Flexsim. San Pedro, Honduras: Universidad Tecnologica Centroamericana.
13. Pande, P., & Holpp, L. (2002). What is Six Sigma? New York: McGraw Hill.
14. Peterka, P. (21 de 02 de 2012). Six Sigma - Capacitación y Certificación. Obtenido de <https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/>

15. Salazar López, I. (s.f.). Problema del Agente Viajero - TSP. Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/problema-del-agente-viajero-tsp/>
16. Sandrine. (1 de Marzo de 2016). SIPOC – Mapa de proceso a alto nivel. Obtenido de Caletec: <http://www.caletec.com/blog/otros/sipoc-mapa-de-proceso-a-alto-nivel/>
17. Soporte de Minitab 17. (02 de Agosto de 2017). Obtenido de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/graphs/graphs-of-distributions/probability-distribution-plots/probability-distribution-plot/>
18. Tutoriales, G. (03 de Marzo de 2017). Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto. Obtenido de Gestión de Operaciones: <http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
19. Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., & Ye, K. (2012). Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias. Pearson.
20. Wedgwood, P. (2006). Customer Requirements Tree. En P. I. Wedgwood, Lean Sigma: A Practitioner's Guide (pág. 183). New Jersey: Prentice Hall. Obtenido de Flylib: <http://flylib.com/books/en/3.470.1.69/1/>

APÉNDICES

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
84,2%	88,0%	89,9%
58,6%	99,8%	94,8%
66,2%	86,2%	98,7%
89,3%	87,3%	98,7%
49,8%	88,4%	98,8%
74,5%	92,5%	96,2%
88,5%	90,8%	98,4%
98,7%	95,7%	98,8%
98,6%	90,7%	98,8%
97,2%	87,0%	99,2%
97,8%	82,8%	98,5%
100,0%	92,3%	98,9%
78,5%	89,5%	98,7%
98,8%	84,1%	99,0%
100,0%	88,4%	85,6%
82,6%	88,0%	99,2%
85,4%	89,0%	99,4%
77,4%	89,6%	99,9%
69,5%	85,4%	99,6%
80,2%	91,2%	99,6%
93,5%	95,0%	99,9%
82,8%	93,1%	99,8%
91,9%	92,0%	98,7%
88,4%	92,6%	98,6%
92,2%	87,5%	93,5%
71,8%	90,3%	97,7%
78,7%	88,9%	96,5%
67,6%	95,1%	98,9%
89,4%	95,2%	94,9%
91,1%	95,3%	99,2%
88,4%	94,5%	99,5%
95,9%	95,7%	98,7%
91,5%	95,5%	98,8%
82,4%	90,5%	98,5%
98,8%	87,7%	99,4%
88,5%	86,0%	96,8%
66,4%	87,6%	96,8%
53,2%	86,2%	99,6%
76,7%	92,1%	99,1%
53,3%	85,7%	99,4%
76,8%	81,6%	99,8%

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
90,6%	91,0%	99,7%
98,2%	87,2%	99,3%
95,0%	87,9%	99,9%
89,2%	79,9%	99,6%
86,7%	91,0%	98,0%
94,8%	95,5%	100,0%
98,1%	91,3%	99,0%
94,3%	87,2%	99,6%
65,4%	91,5%	99,6%
77,5%	84,6%	100,0%
83,0%	88,0%	99,9%
77,6%	81,9%	98,9%
72,7%	87,8%	99,9%
81,5%	86,7%	99,3%
87,0%	93,9%	99,8%
87,3%	93,8%	99,5%
87,5%	86,5%	99,9%
89,1%	92,1%	99,9%
87,5%	80,4%	100,0%
78,6%	91,8%	100,0%
70,0%	91,8%	99,8%
88,5%	97,1%	99,9%
97,9%	90,3%	100,0%
86,3%	85,5%	100,0%
97,4%	87,3%	99,8%
91,2%	92,9%	99,8%
84,1%	93,5%	99,9%
62,5%	96,1%	100,0%
90,9%	87,6%	97,0%
69,8%	91,0%	97,6%
52,6%	93,9%	97,8%
72,3%	90,2%	97,2%
38,3%	92,8%	97,6%
78,6%	85,8%	96,6%
86,2%	89,1%	97,3%
92,6%	88,2%	98,0%
88,9%	90,6%	98,4%
92,8%	86,7%	95,9%
87,6%	90,5%	97,7%
89,8%	84,7%	98,3%
82,9%	88,5%	95,0%

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
72,6%	88,3%	96,3%
82,6%	89,6%	98,7%
85,3%	83,5%	97,5%
83,2%	91,1%	97,5%
76,2%	91,1%	95,2%
71,0%	94,4%	97,0%
78,8%	90,9%	97,7%
83,0%	94,1%	97,6%
50,7%	89,3%	96,1%
83,8%	81,2%	97,8%
90,4%	93,2%	97,0%
82,4%	91,1%	96,6%
81,0%	88,3%	95,5%
84,7%	85,1%	95,0%
69,2%	89,5%	95,0%
82,6%	74,3%	92,1%
97,6%	91,8%	98,7%
95,9%	85,6%	99,5%
94,0%	89,4%	95,7%
80,0%	91,5%	96,7%
85,9%	90,5%	97,9%
61,5%	96,4%	97,3%
81,2%	84,5%	97,5%
96,5%	98,4%	94,9%
90,0%	96,8%	96,6%
91,7%	93,4%	97,6%
85,0%	92,8%	85,0%
97,8%	93,0%	94,4%
98,7%	93,8%	98,5%
94,8%	92,8%	95,4%
97,3%	93,8%	98,1%
82,0%	90,8%	97,6%
84,9%	91,1%	98,4%
91,4%	86,3%	98,9%
94,4%	88,3%	98,4%
82,3%	88,1%	97,6%
96,1%	88,8%	98,4%
86,8%	92,7%	97,9%
97,8%	92,3%	98,6%
92,6%	94,4%	97,9%
83,3%	89,5%	97,3%

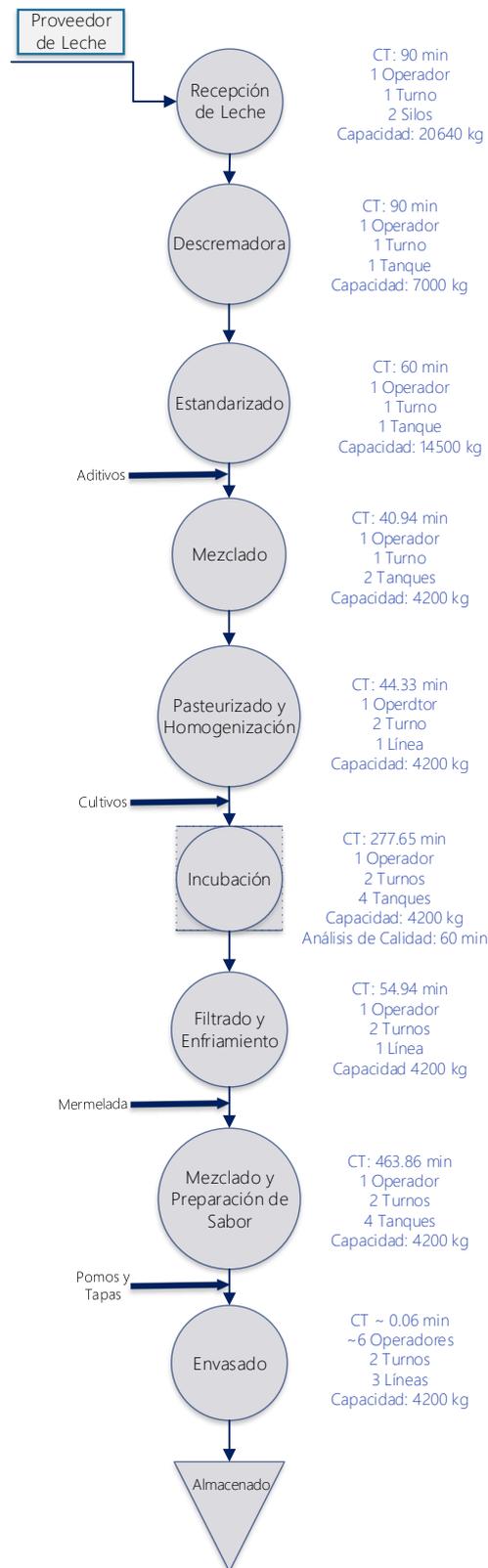
Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
85,7%	92,3%	98,8%
93,6%	93,8%	98,8%
96,4%	91,0%	99,2%
89,8%	92,0%	98,5%
85,8%	93,5%	98,7%
97,3%	84,8%	98,8%
79,5%	90,9%	99,0%
54,2%	96,4%	98,2%
90,5%	96,4%	97,9%
90,2%	84,8%	98,3%
87,0%	84,3%	98,4%
82,1%	85,6%	98,3%
87,6%	86,5%	99,2%
86,0%	83,7%	99,2%
93,8%	88,8%	98,0%
96,7%	90,2%	99,1%
91,8%	87,2%	98,4%
71,4%	89,9%	98,5%
84,9%	90,5%	97,9%
97,4%	89,1%	98,3%
86,7%	92,4%	99,2%
98,9%	88,8%	99,0%
98,3%	96,7%	99,3%
85,0%	88,3%	98,4%
93,3%	86,3%	97,8%
85,5%	93,0%	99,6%
91,1%	87,8%	94,3%
76,6%	97,8%	99,5%
96,7%	88,6%	99,1%
97,2%	96,5%	99,5%
84,0%	92,8%	99,5%
97,4%	82,4%	99,8%
91,9%	85,8%	99,7%
92,3%	88,9%	99,0%
85,9%	89,0%	99,6%
76,9%	93,9%	99,3%
85,4%	82,8%	99,8%
92,8%	73,7%	99,6%
92,4%	93,8%	99,3%
88,3%	91,7%	99,3%
91,3%	94,1%	99,8%

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
83,1%	91,8%	99,3%
90,6%	94,6%	99,8%
90,2%	94,8%	99,3%
93,8%	84,6%	99,8%
97,0%	81,7%	99,3%
87,4%	83,2%	99,5%
80,5%	81,8%	99,3%
63,9%	91,1%	96,7%
72,6%	89,4%	99,8%
77,9%	90,1%	99,2%
87,4%	82,6%	99,2%
81,7%	82,2%	99,5%
82,7%	91,0%	99,8%
86,7%	93,2%	99,6%
40,1%	88,4%	99,4%
94,1%	85,1%	99,0%
97,8%	88,5%	99,6%
98,9%	93,0%	99,5%
94,3%	89,1%	99,7%
91,9%	94,1%	98,7%
34,3%	76,6%	99,0%
90,5%	83,1%	99,2%
93,9%	84,2%	97,5%
97,9%	91,1%	99,2%
96,8%	89,4%	99,4%
84,4%	91,0%	96,9%
92,5%	89,7%	96,3%
86,1%	94,2%	99,2%
79,8%	91,1%	98,7%
37,2%	86,1%	99,3%
94,8%	94,5%	97,4%
93,4%	78,3%	98,0%
94,2%	92,0%	99,3%
95,9%	94,4%	98,8%
75,1%	95,1%	98,8%
87,3%	92,0%	99,3%
84,7%	92,7%	99,1%
88,7%	85,0%	99,2%
84,5%	94,4%	99,3%
93,8%	94,6%	99,2%
84,3%	89,9%	99,6%

Availability Rate	Performance Rate	Quality Rate
97,5%	74,5%	99,5%
89,0%	96,7%	99,3%
69,1%	96,5%	99,4%
87,9%	94,4%	99,4%
92,7%	83,8%	98,9%
92,6%	94,4%	99,2%
95,2%	88,4%	99,4%
83,4%	90,3%	99,1%
91,9%	98,1%	99,5%
81,1%	90,1%	99,5%
91,7%	85,5%	98,9%
72,0%	87,0%	99,1%
78,6%	77,8%	99,1%
74,1%	84,4%	97,7%
85,3%	88,6%	99,5%
83,6%	91,9%	99,4%
80,0%	84,9%	99,4%
85,5%	82,9%	99,5%
89,6%	92,1%	99,4%
90,8%	92,4%	99,8%
82,6%	82,7%	99,4%
67,7%	91,5%	99,6%
80,7%	85,9%	99,0%
82,3%	89,8%	99,9%
84,4%	82,7%	99,1%
82,3%	79,3%	99,1%
87,8%	80,5%	99,1%
89,4%	84,1%	98,5%
94,8%	84,0%	99,98%

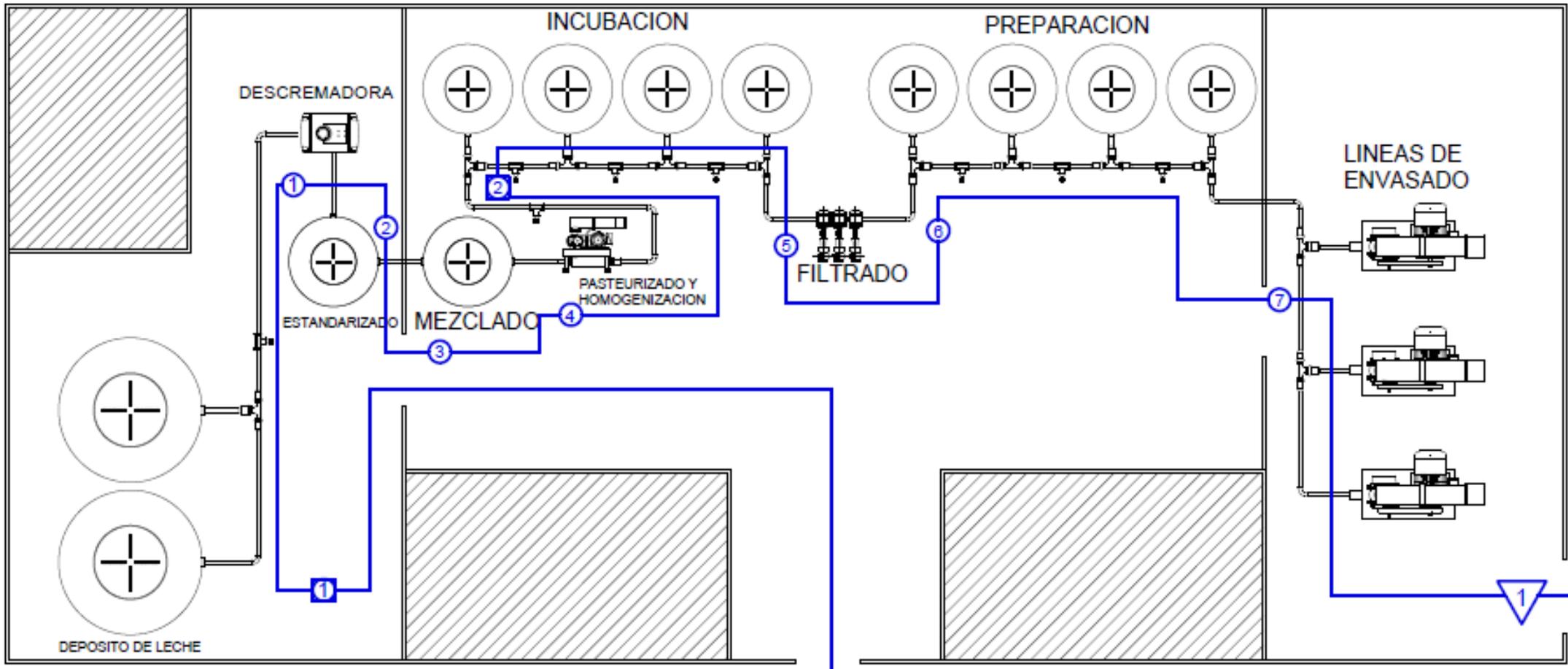
Apéndice A Datos utilizados para elaborar la Gráfica General del OEE

Elaborado por: Yogurt S.A.



Apéndice B Diagrama de Flujo del Proceso de Preparación y Envasado de Yogur

Elaborado por: Belén Lavayen



Apéndice C Diagrama de Recorrido

Elaborado por: Roberto Robles

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Base de Datos

Who	What				When	Where	Why	How	
Person in charge	Factor	Operational meaning	Measure unit	Data type	When to collect?	Where to measure?	Why to collect?	Observation method	Collection method
Belén & Roberto	Xi	Tiempo de envasado del formato i.	Minutos	Continua	Comienzo de la fase de medición.	Base de Datos	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Entrevista	Datos Históricos
Belén & Roberto	O	Número de órdenes por día.	Documentos	Discreta	Comienzo de la fase de medición.	Base de Datos	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Entrevista	Datos Históricos
Belén & Roberto	K	Número de camiones recibidos por día.	Camiones	Discreta	Comienzo de la fase de medición.	Base de Datos	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Entrevista	Datos Históricos
Belén & Roberto	TP	Tiempo de limpieza de los tanques de preparación.	Minutos	Continua	Comienzo de la fase de medición.	Base de Datos	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Entrevista	Datos Históricos
Belén & Roberto	TH	<i>Thought put</i> en kilogramos por hora.	Kilogramos	Discreta	Comienzo de la fase de medición.	Base de Datos	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Entrevista	Datos Históricos

Apéndice D Plan de Recolección de Datos para la Base de Datos

Elaborado por: Belén Lavayen

PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Líneas de Envasado

Who	What				When	Where	Why	How	
Person in charge	Factor	Operational meaning	Measure unit	Data type	When to collect?	Where to measure?	Why to collect?	Observation method	Collection method
Belén & Roberto	Ci	Tiempo de <i>set up</i> formato i	Minutos	Continua	Durante el <i>set up</i> del formato i	Líneas de envasado #1, 2 y 3	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Observación directa	Por cronómetro, medir tiempo de <i>set up</i>
Belén & Roberto	Sj	Tiempo de <i>set up</i> del sabor j	Minutos	Continua	Durante el <i>set up</i> del sabor j	Líneas de envasado #1, 2 y 3	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Observación directa	Por cronómetro, medir tiempo de <i>set up</i>
Belén & Roberto	PP	Tiempo de paras programadas	Minutos	Continua	Durante la para programada	Líneas de envasado #1, 2 y 3	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Observación directa	Por cronómetro, medir tiempo de paras programadas
Belén & Roberto	PNP	Tiempo de Paras no Programadas	Minutos	Continua	Durante la para no programada	Líneas de envasado #1, 2 y 3	Ayuda a la construcción del modelo de simulación y asignación	Observación directa	Por cronómetro, medir tiempo de paras no programadas

Apéndice E Plan de Recolección de Datos para las Líneas de Envasado

Elaborado por: Belén Lavayen

PLAN DE VALIDACIÓN DE DATOS

Who	DATABASE					MANUAL MEASUREMENT			
Person in charge	Factor	Operational meaning	Method	Why?	If not reliable?	Factor	Operational meaning	Method	Why?
Belén & Roberto	Xi	Tiempo de envasado del formato i	Prueba T de 2 Muestras	Determinar confiabilidad de los datos	Prueba Piloto	Ci	Tiempo de <i>set up</i> del formato i	Prueba de Probabilidad	Determinar distribución de los datos recolectados
Belén & Roberto	O	Número de órdenes recibidas por día	Prueba T de 2 Muestras	Determinar confiabilidad de los datos	Prueba Piloto	Sj	Tiempo de <i>set up</i> de sabor j	Prueba de Probabilidad	Determinar distribución de los datos recolectados
Belén & Roberto	K	Número de camiones de leche recibidos por día	Prueba T de 2 Muestras	Determinar confiabilidad de los datos	Prueba Piloto	PP	Tiempo de paras programadas	Prueba de Probabilidad	Determinar distribución de los datos recolectados
Belén & Roberto	TP	Tiempo de limpieza de los tanques de preparación	Prueba T de 2 Muestras	Determinar confiabilidad de los datos	Prueba Piloto	PNP	Tiempo de paras no programadas	Prueba de Probabilidad	Determinar distribución de los datos recolectados

Apéndice G Plan de Validación de Datos

Elaborado por: Roberto Robles

Formato de 105 gr.	
Base de Datos	Datos Recolectados
13,32	13,8
13,22	14,75
13,42	14,04
13,52	14,42
13,5	14,03
13,79	13,92
13,05	13,59
13,38	13,78
12,99	13,98
13,31	13,65
13,92	13,98
13,8	13,84
14,39	14,12
13,25	13,58
13,55	14,05
13,02	13,98
13,24	13,75
13,02	13,74
13,88	13,91
13,67	13,79

Prueba T e IC de dos muestras: Base de Datos; Datos Recolectados

T de dos muestras para Base de Datos vs. Datos Recolectados

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Base de Datos	20	13,462	0,364	0,081
Datos Recolectados	20	13,935	0,276	0,062

Diferencia = μ (Base de Datos) - μ (Datos Recolectados)

Estimado de la diferencia: -0,473

IC de 95% para la diferencia: (-0,680; -0,266)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -4,64 Valor P = 0,000 GL = 35

Formato de 950 gr.	
Base de Datos	Datos Recolectados
18,85	16,2
15,48	16,3
15,54	16,1
15,8	15,6
15,77	14,9
15,76	16,3
15,8	16,2
15,69	15,1
15,8	16,3
15,44	16
15,44	16,3
15,68	16,3
15,88	15,6
15,69	16,7
15,62	16,2
15,74	15,6
15,81	16,1
15,76	15,6
15,28	15,1
16,27	15,6

Prueba T e IC de dos muestras: Base de Datos; Datos Recolectados

T de dos muestras para Base de Datos vs. Datos Recolectados

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Base de Datos	20	15,855	0,734	0,16
Datos Recolectados	20	15,905	0,488	0,11

Diferencia = μ (Base de Datos) - μ (Datos Recolectados)

Estimado de la diferencia: -0,050

IC de 95% para la diferencia: (-0,451; 0,351)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -0,25 Valor P = 0,801 GL = 33

Formato de 1750 gr.	
Base de Datos	Datos Recolectados
30,04	30,04
29,33	30,06
28,68	29,98
29,08	28,88
29,99	30,1
30,45	30,15
29,47	30,25
29,85	30,18
30,02	30,23
29,73	30,31
29,19	30,17
30,25	30,22
28,96	29,98
29,73	30,04
29,37	30,02
29,06	30,29
30,38	29,2
29,52	29,98
30,35	29,84
29,79	29,72

Prueba T e IC de dos muestras: Base de Datos; Datos Recolectados

T de dos muestras para Base de Datos vs. Datos Recolectados

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Base de Datos	20	29,662	0,514	0,12
Datos Recolectados	20	29,982	0,358	0,080

Diferencia = μ (Base de Datos) - μ (Datos Recolectados)

Estimado de la diferencia: -0,320

IC de 95% para la diferencia: (-0,605; -0,035)

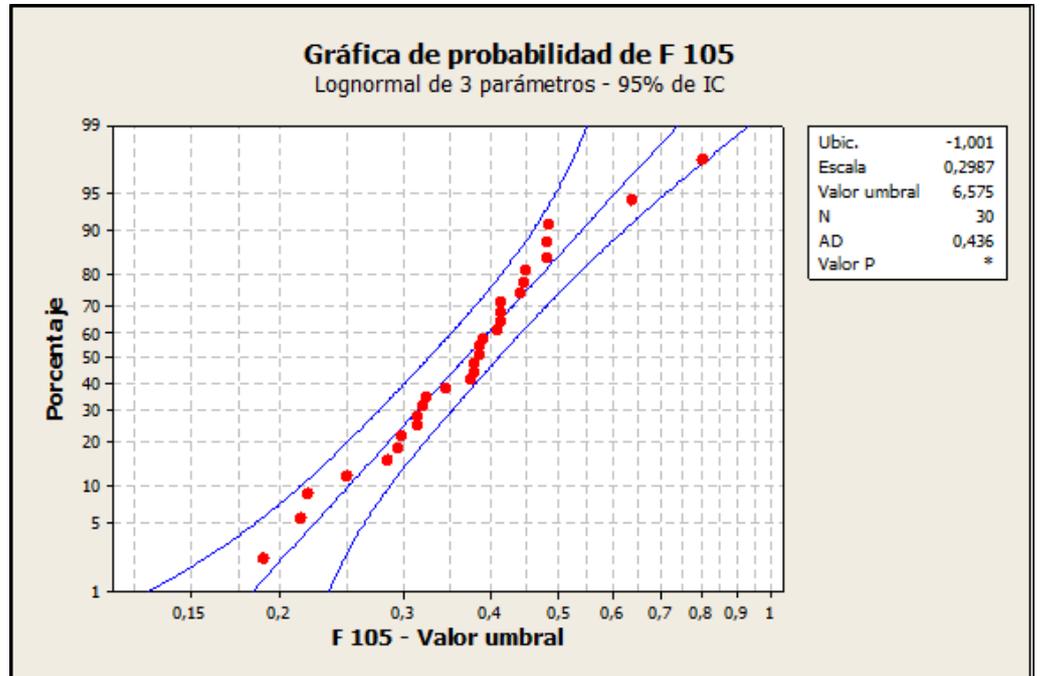
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -2,28 Valor P = 0,029 GL = 33

Apéndice H Prueba T de 2 muestras para los distintos formatos

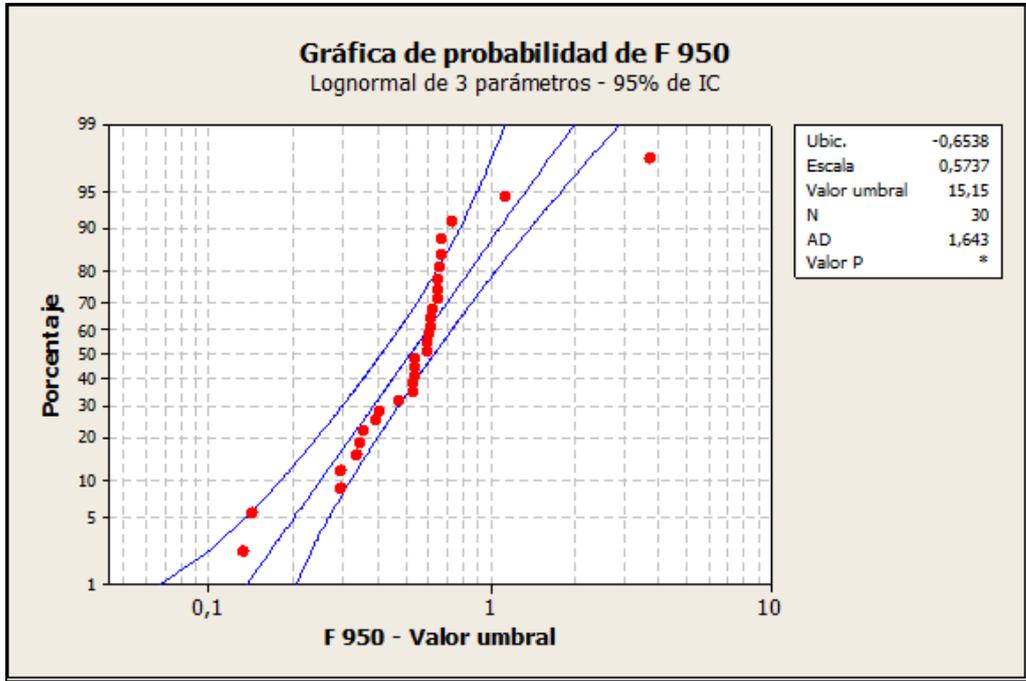
Elaborado por: Roberto Robles

Datos Formato
105 gr.

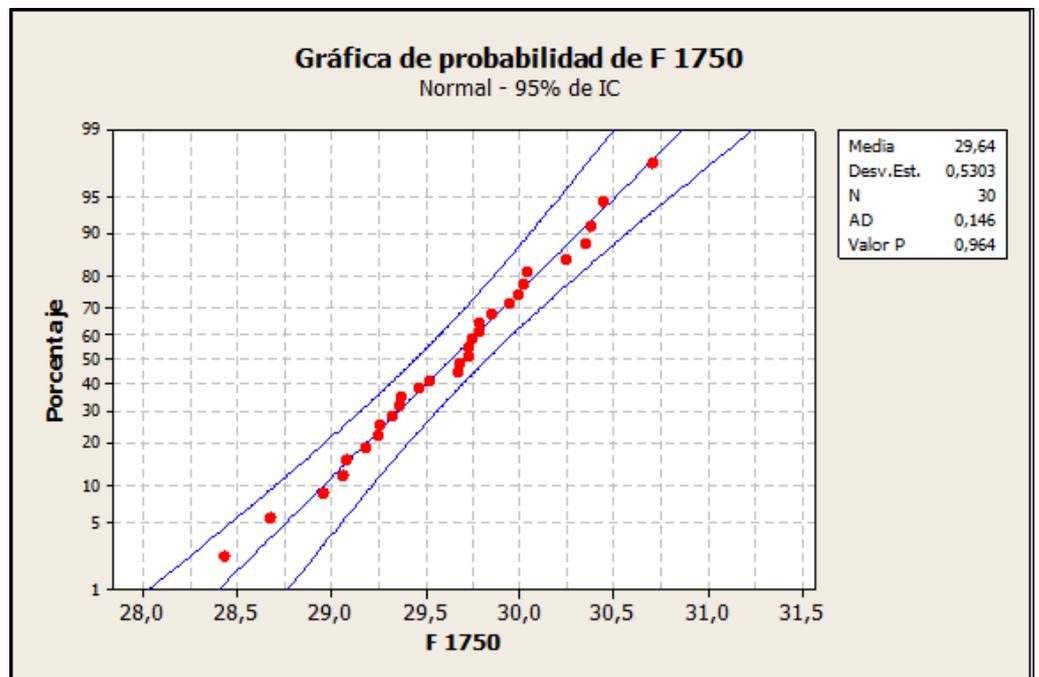
6,9
7,375
7,02
7,21
7,015
6,96
6,795
6,89
6,99
6,825
6,99
6,92
7,06
6,79
7,025
6,99
6,875
6,87
6,955
6,895
6,955
6,985
6,96
6,89
6,965
7,055
6,765
6,95
7,055
6,86



Datos Formato 950 gr.
18,85
15,48
15,54
15,8
15,77
15,76
15,8
15,69
15,8
15,44
15,44
15,68
15,88
15,69
15,62
15,74
15,81
15,76
15,28
16,27
15,49
15,82
15,5
15,75
15,29
15,68
15,82
15,74
15,69
15,55

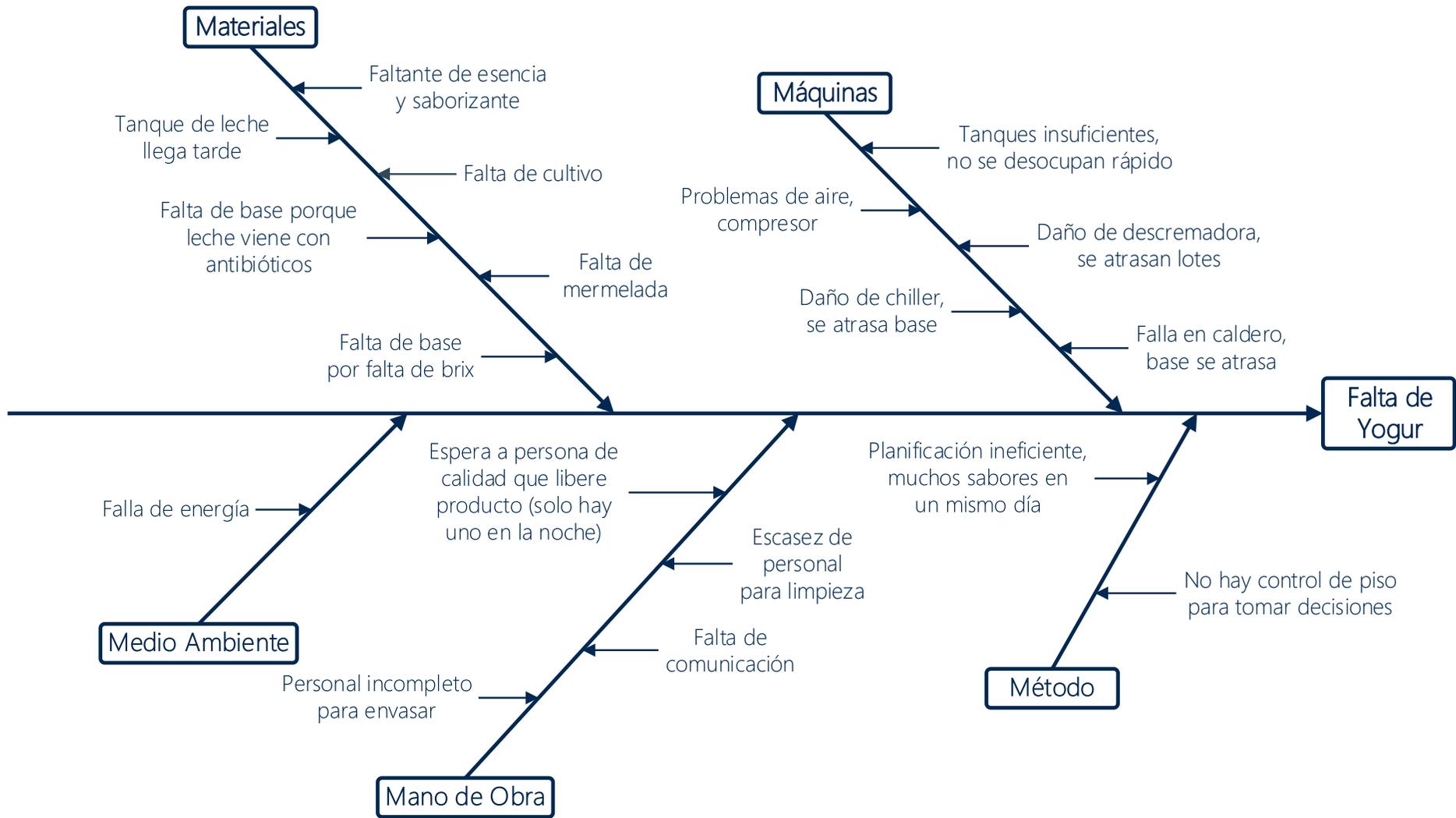


Datos Formato 1750 gr.
30,04
29,33
28,68
29,08
29,99
30,45
29,47
29,85
30,02
29,73
29,19
30,25
28,96
29,73
29,37
29,06
30,38
29,52
30,35
29,79
29,75
29,25
29,79
30,71
29,36
28,43
29,68
29,95
29,67
29,26



Apéndice I Gráficas de Probabilidad para los distintos formatos

Elaborado por: Roberto Robles



Apéndice J Diagrama Ishikawa por Falta de Yogur

Elaborado por: Belén Lavayen

CAUSE	WHY 1	WHY 2	WHY 3	WHY 4	WHY 5	ROOT CAUSE
Tanques de preparación no se desocupan rápido	Líneas de envasado no vacían el tanque con rapidez	El tiempo de vaciado del tanque va acorde al formato que se está envasando				El número actual de tanques no cubren toda la demanda
Retraso en el proceso al tener que envasar varios sabores en el día	Retraso en las limpiezas en el área de envasado	El área de preparación utiliza la única línea de agua disponible para limpieza				No existe una línea de agua exclusiva para el área de envasado
Tanquero de leche llega tarde	Proveedores están lejos de la empresa	Proveedores cercanos fueron reemplazados por los lejanos	La leche venía con antibióticos o con un mayor porcentaje de grasa			No existe un control para los proveedores de leche (porcentaje de grasa, antibióticos, etc.)
Baja comunicación entre las áreas	Los operadores no comunican las actividades que se están realizando	Los operadores están ocupados	Actividades en ambas áreas demandan mucho tiempo			No existe un proceso estandarizado para la comunicación entre áreas
Planificación Ineficiente	En un turno se envasan varios sabores	Se necesitan horas extras para cumplir las órdenes	Las líneas de envasado no trabajan con la misma cantidad	Los operadores deciden qué envasar		No existe un sistema para la asignación de órdenes de envasado
No hay control para la toma de decisiones	Supervisor desconoce que órdenes se están realizando al momento	Las órdenes no siguen un método de asignación	Las órdenes se realizan bajo el criterio del operador	Por tener más experiencia en el manejo de la máquina, la decisión la toman ellos		No existe un sistema para la asignación de órdenes de envasado

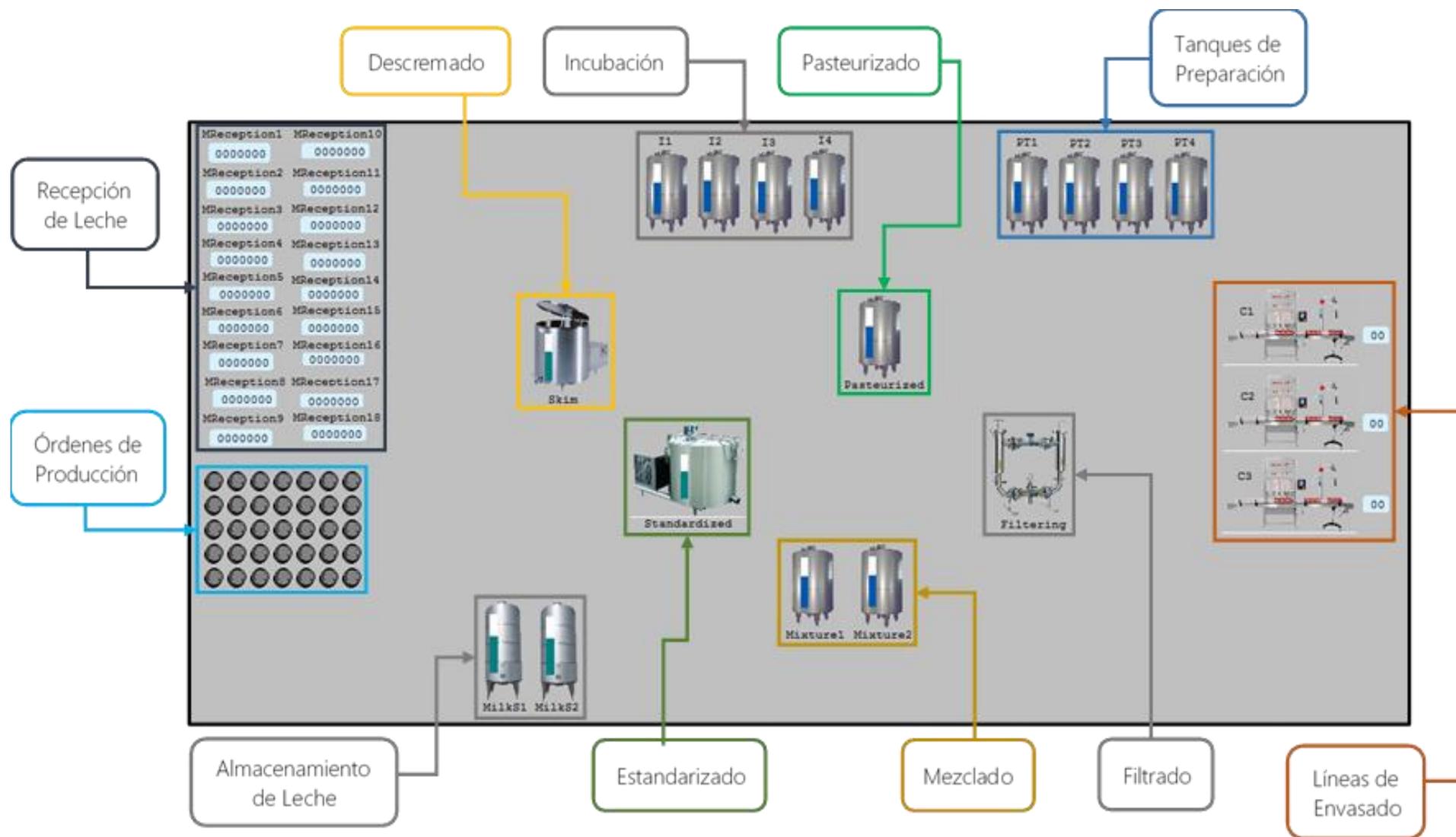
Apéndice K Análisis del 5 ¿por qué?

Elaborado por: Belén Lavayen

Root Cause	What? (is the solution)	Where?	Who?	How?	How much?
El número actual de tanques no cubre la demanda de trabajo	Ubicación de nuevos tanques de preparación	Área de Preparación	Gerente General	Instalar los tanques adquiridos por la empresa para dar soporte al proceso	\$12.000
No hay sistema para secuenciar las órdenes de envasado	Diseño e implementación de un Sistema de control de piso	Área de Preparación	Supervisor de Producción	Implementar un modelo de programación mixta entera para las órdenes de las líneas de envasado	\$ ---
No hay un proceso estandarizado que comunique actividades entre áreas		Área de Preparación	Supervisor de Producción	Declarar protocolos para dar a conocer las actividades a través de un Sistema de comunicación básico	\$ ---

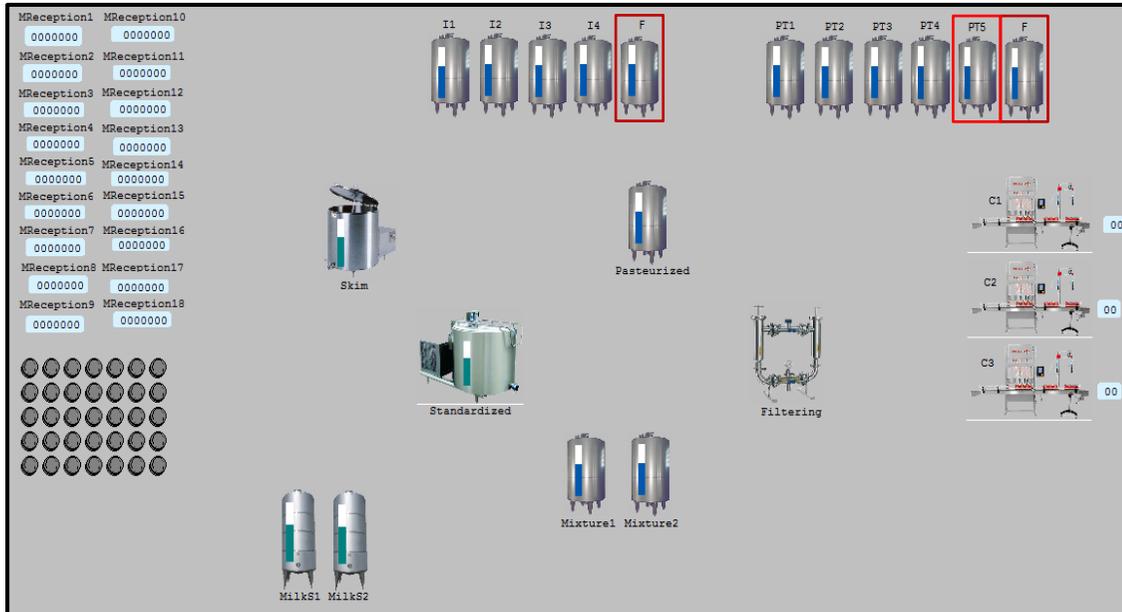
Apéndice L Plan de Implementación de Soluciones

Elaborado por: Belén Lavayen



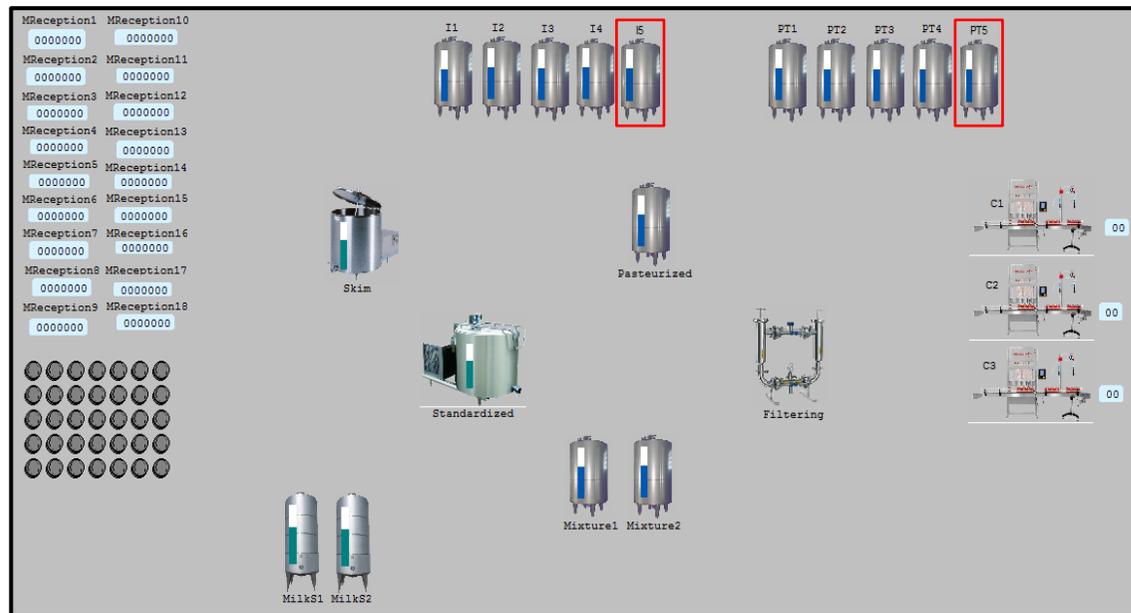
Apéndice N Configuración Actual de la Planta

Elaborado por: Roberto Robles



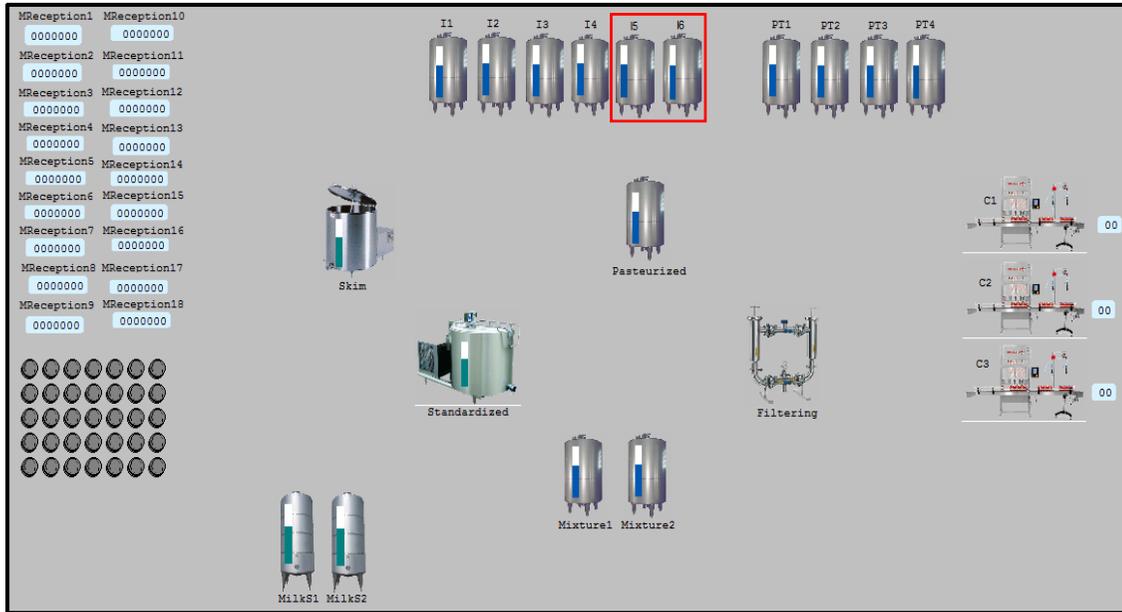
Configuración 1

Configuración 2



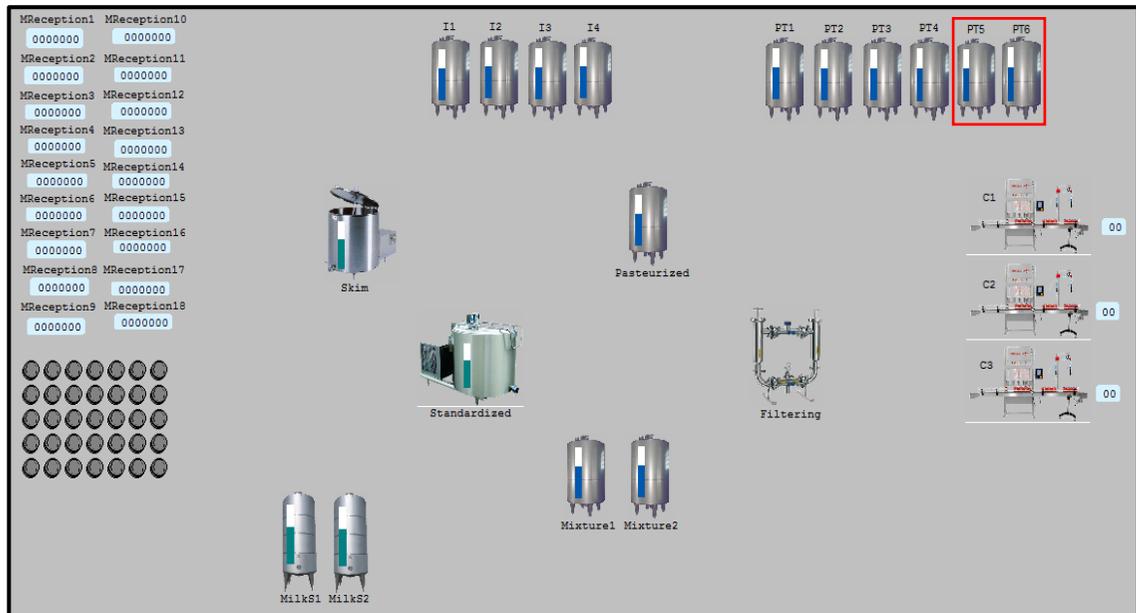
Apéndice O Configuración 1 y 2

Elaborado por: Roberto Robles



Configuración 3

Configuración 4



Apéndice P Cnfiguración 3 y 4

Elaborado por: Roberto Robles

Gráfico	Nombre	Descripción
	F1750_V	Envase de 1750gr sabor Vainilla.
	F1750_N	Envase de 1750gr sabor Natural.
	F1750_M	Envase de 1750gr sabor Mora.
	F1750_F	Envase de 1750gr sabor Frutilla.
	F1750_Du	Envase de 1750gr sabor Durazno.
	F950_V	Envase de 950gr sabor Vainilla.
	F950_N	Envase de 950gr sabor Natural.
	F950_M	Envase de 950gr sabor Mora.
	F950_F	Envase de 950gr sabor Frutilla.
	F950_Du	Envase de 950gr sabor Durazno.
	F185_V	Envase de 185gr sabor Vainilla.
	F185_N	Envase de 185gr sabor Natural.
	F185_M	Envase de 185gr sabor Mora.
	F185_F	Envase de 185gr sabor Frutilla.
	F185_Du	Envase de 185gr sabor Durazno.
	F105_N	Envase de 105gr sabor Natural.
	F105_M	Envase de 105gr sabor Mora.
	F105_F	Envase de 105gr sabor Frutilla.
	F105_Du	Envase de 105gr sabor Durazno.
	F1000_V	Envase de 1000gr sabor Vainilla.
	F1000_N	Envase de 1000gr sabor Natural.
	F1000_M	Envase de 1000gr sabor Mora.
	F1000_F	Envase de 1000gr sabor Frutilla.
	F1000_Du	Envase de 1000gr sabor Durazno.
	F200_V	Envase de 200gr sabor Vainilla.
	F200_N	Envase de 200gr sabor Natural.
	F200_M	Envase de 200gr sabor Mora.
	F200_F	Envase de 200gr sabor Frutilla.
	F200_Du	Envase de 200gr sabor Durazno.

Gráfico	Nombre	Descripción
	F1750_G	Envase de 1750gr sabor Guanabana.
	F950_G	Envase de 950gr sabor Guanabana.
	F185_G	Envase de 185gr sabor Guanabana.
	F1750_Di	Envase de 1750gr sabor Dieta.
	F950_Di	Envase de 950gr sabor Dieta.
	F185_Di	Envase de 185gr sabor Dieta.
	BASE_B_N	Base blanca sabor natural que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_B_V	Base blanca sabor vainilla que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_M	Base fruta sabor mora que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_F	Base fruta sabor frutilla que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_Du	Base fruta sabor durazno que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_G	Base fruta sabor guanabana que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_Di	Base sin azucar sabor dieta que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_L_B_N	Base light sabor natural que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_L_B_V	Base light sabor vainilla que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_L_M	Base light sabor mora que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_L_F	Base light sabor frutilla que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_L_Du	Base light sabor durazno que sera unida a las entidades envases de su sabor respectivo.
	BASE_Y	Base blanca que sera para uso de la maquina de postres y restringida a un tanque de preparacion.
	LECHE 1	Materia prima que pasa por las 3 primeras locaciones del proceso.
	LECHE 2	Materia prima que pasa por las 3 primeras locaciones del proceso.
	LECHE 3	Materia prima que pasa por las 3 primeras locaciones del proceso.
	LECHE 4	Materia prima que pasa por las 3 primeras locaciones del proceso.
	LECHE 5	Materia prima que pasa por las 3 primeras locaciones del proceso.
	AG_F1750_V	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_V para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_Du para ingresar en las locaciones de envasado.

Gráfico	Nombre	Descripción
	AG_F950_V	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_V para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_Du para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_V	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_V para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_Du para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F105_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F105_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F105_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F105_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F105_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F105_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F105_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F105_Du para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1000_V	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1000_V para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1000_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1000_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1000_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1000_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1000_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1000_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1000_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1000_Du para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F200_V	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F200_V para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F200_N	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F200_N para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F200_M	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F200_M para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F200_F	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F200_F para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F200_Du	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F200_Du para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_G	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_G para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_G	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_G para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_G	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_G para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F1750_Di	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F1750_Di para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F950_Di	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F950_Di para ingresar en las locaciones de envasado.
	AG_F185_Di	Entidad ficticia, agrupacion de 10 unidades de F185_Di para ingresar en las locaciones de envasado.

Apéndice Q Entidades Empleadas en la Simulación

Elaborado por: Roberto Robles

Gráfico	Nombre	Capacidad	Descripción
	MReception1	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor vainilla.
	MReception2	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor natural.
	MReception3	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor mora.
	MReception4	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor frutilla.
	MReception5	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor durazno.
	Mereception6	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor guanabana.
	MReception7	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor dieta.
	MReception8	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor light vainilla.
	MReception9	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor light natural.
	MReception10	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor light mora.
	MReception11	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor light frutilla.
	MReception12	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur de sabor light durazno.
	MReception13	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa leche
	MReception14	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa leche
	MReception15	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa leche
	MReception16	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa leche
	MReception17	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa leche
	MReception18	Infinita	Locacion donde arriban entidades que representa bases de yogur para maquina de postres.
	MilkS1	206400	Locacion donde se efectua, la recepcion de leche.
	MilkS2	206400	Locacion donde se efectua, la recepcion de leche.
	Skim	70000	Locacion donde se efectua, el descremado de leche.
	Standardized	145000	Locacion donde se efectua el estandarizado de leche.
	Mixture1	42200	Locacion donde se efectua el mezclado de las bases.
	Mixture2	42200	Locacion donde se efectua el mezclado de las bases.
	Pasteurized	42200	Locacion donde se efectua el pasteurizado de las bases.
	I1	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.

Gráfico	Nombre	Capacidad	Descripción
	I2	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.
	I3	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.
	I4	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.
	I5	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.
	I6	42200	Locacion donde se efectua la incubacion de las bases.
	F	42200	Locacion que actua como tanque flexible entre incubacion y preparacion.
	Filtering	42200	Locacion donde se efectua la filtracion de las bases.
	PT1	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	PT2	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	PT3	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	PT4	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	PT5	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	PT6	42200	Locacion donde se efectua la preparacion de las bases a yogur.
	F	42200	Locacion que actua como tanque flexible entre incubacion y preparacion.
	C1	1	Locacion en donde se efectua el envasado del yogur en los diferentes envases.
	C2	1	Locacion en donde se efectua el envasado del yogur en los diferentes envases.
	C3	1	Locacion en donde se efectua el envasado del yogur en los diferentes envases.
	PORDER1	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER2	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER3	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER4	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER5	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER6	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER7	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER8	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER9	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.

Gráfico	Nombre	Capacidad	Descripción
	PORDER10	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER11	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER12	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER13	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER14	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER15	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER16	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER17	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER18	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER19	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER20	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER21	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER22	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER23	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER24	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER25	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER26	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER27	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER28	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER29	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER30	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER31	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER32	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER33	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER34	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.
	PORDER35	Infinita	Locacion donde arriban entidades de envases de un solo tipo.

Apéndice R Locaciones Empleadas en la Simulación

Elaborado por: Roberto Robles

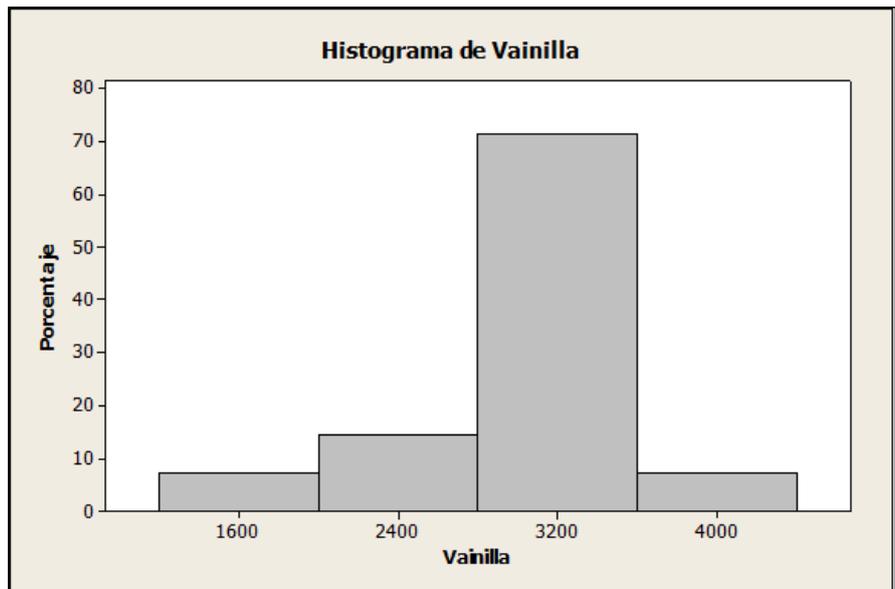
Nombre	Descripción
Att1	Atributo que controla el orden de priorización de envases que ingresen al proceso de envasado.
Att2	Atributo que controla el orden de priorización de sabores de bases que ingresen al proceso.

Apéndice S Atributos Empleados en la Simulación

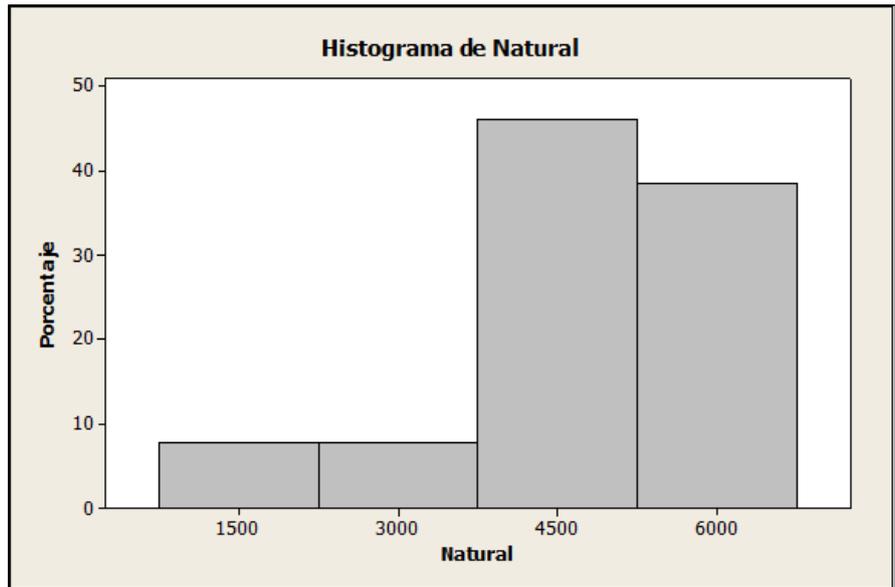
Elaborado por: Roberto Robles

1750 gr						
Vainilla	Natural	Dietético	Mora	Frutilla	Durazno	Guanabana
3380	3995	1770	3495	4920	3140	2630
3126	4504	3540	4726	5929	4246	1436
3112	6020	1920	4112	5012	2006	1500
3000	6400	900	6000	9000	4000	1220
3402	3950	2700	5204	7200	4706	2200
2900	6604	1334	6236	6172	4000	1320
1406	1106	1304	1104	1909	1004	1706
2140	0	1180	1400	2300	1650	780
3300	3400	1900	4602	3802	4007	930
3111	4450	1900	3642	5152	2700	1700
2582	3816	1850	3386	4572	2462	1703
3100	4932	2000	4546	6103	4100	1808
3804	5506	2672	5152	6646	4656	2222
3352	5275	1742	4772	6685	4282	1604

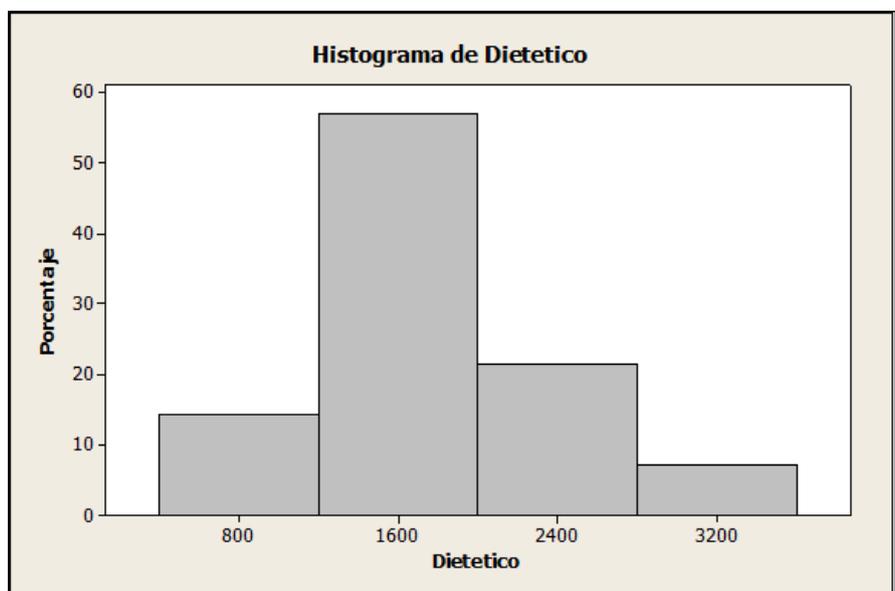
Dist_O_1750V	
1600	0,05
2400	0,2
3200	0,7
4000	0,05



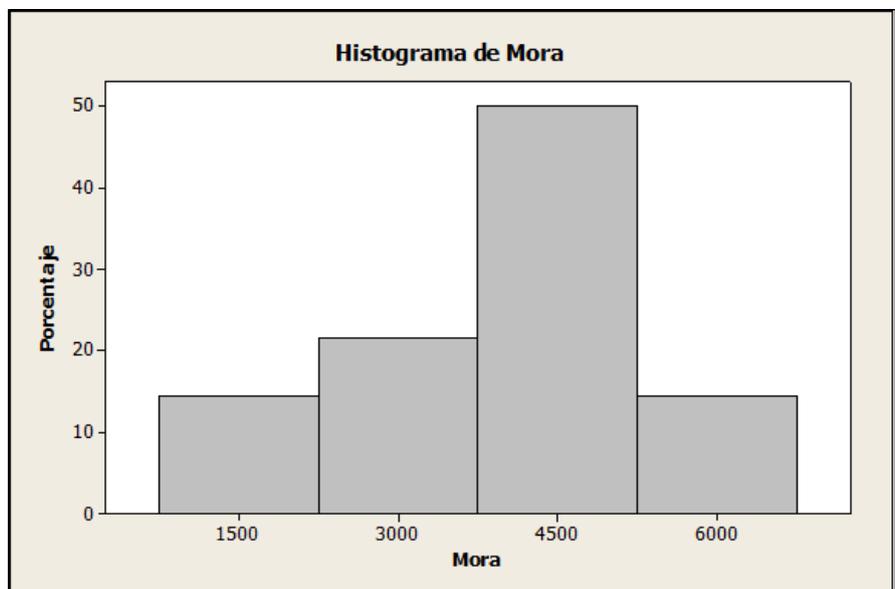
Dist_O_1750N	
1500	0,1
3000	0,1
4500	0,45
6000	0,35



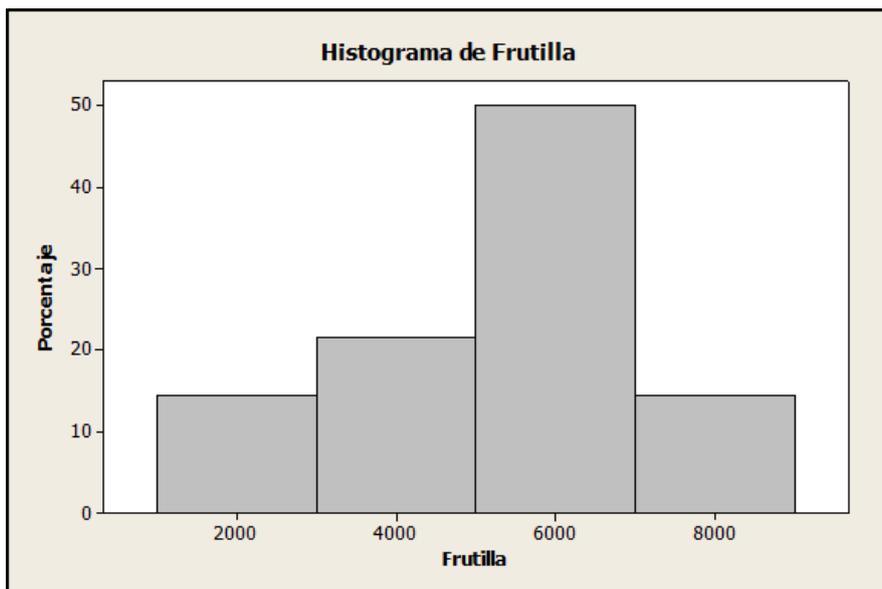
Dist_O_1750Di	
800	0,2
1600	0,55
2400	0,2
3200	0,05



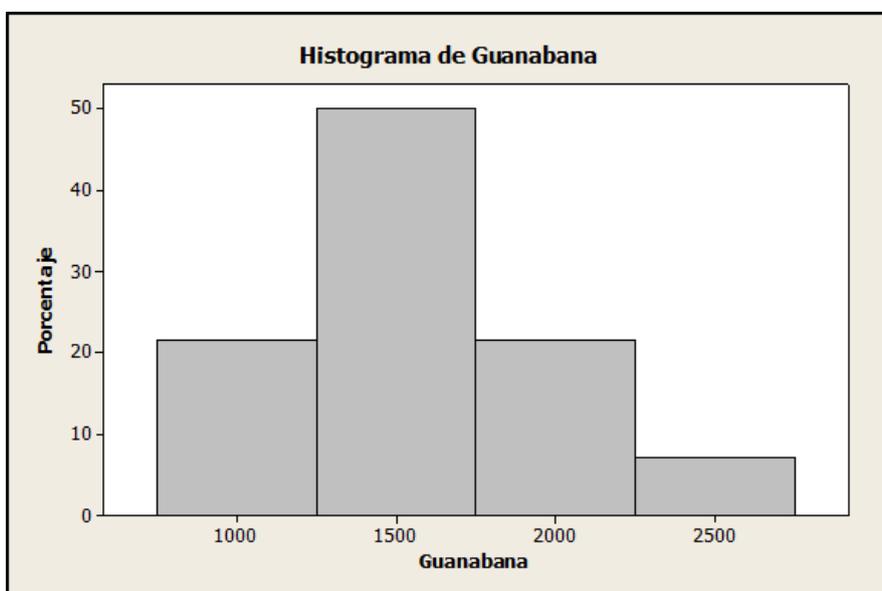
Dist_O_1750M	
1500	0,15
3000	0,2
4500	0,5
6000	0,15



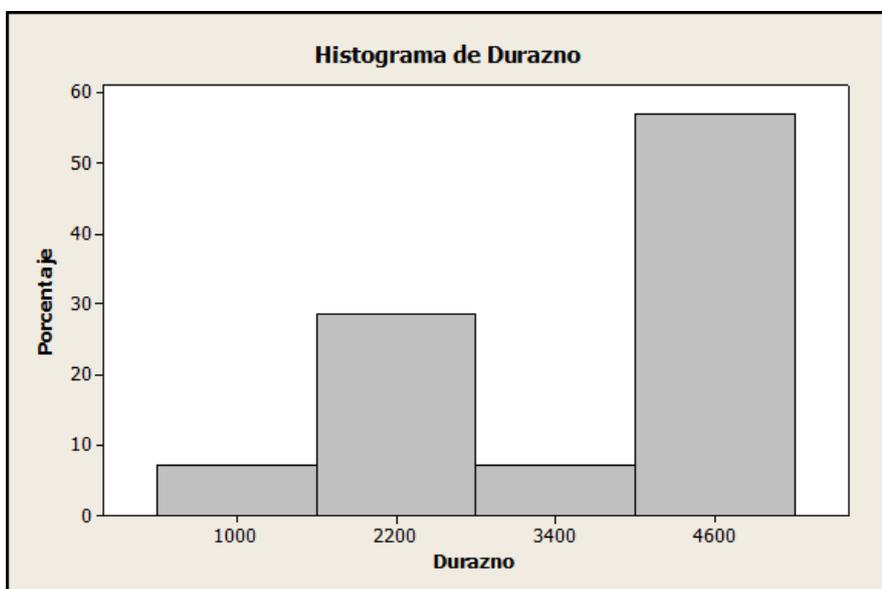
Dist_O_1750F	
2000	0,15
4000	0,2
6000	0,5
8000	0,15



Dist_O_1750G	
1000	0,2
1500	0,5
2000	0,2
2500	0,1



Dist_O_1750Du	
1000	0,075
2200	0,3
3400	0,075
4600	0,55

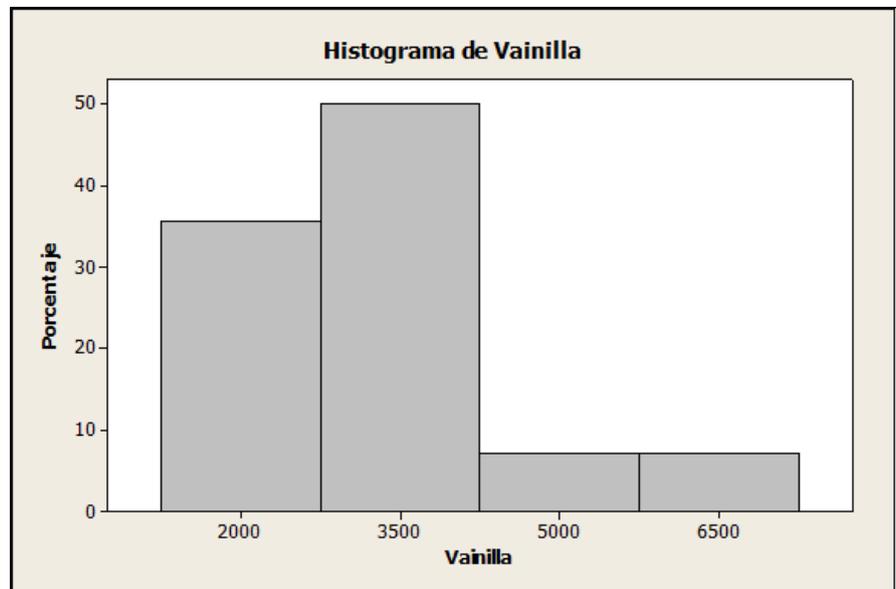


Apéndice T Histogramas del Formato 1750 gr.

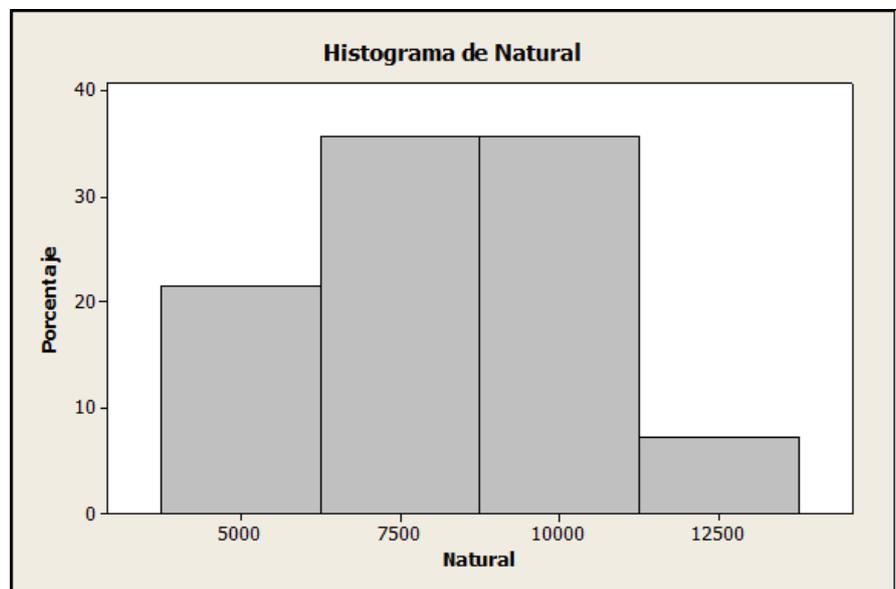
Elaborado por: Roberto Robles

950 gr						
Vainilla	Natural	Dietetico	Mora	Frutilla	Durazno	Guanabana
5200	10350	3600	7800	9800	7500	1600
4006	7752	4400	5062	8504	6862	524
2012	9252	4000	5012	8704	5512	1297
6412	12500	3500	13012	14004	10980	1040
2504	3800	3100	902	6106	1904	1800
2530	8300	2700	5500	4800	5670	930
3680	5504	3000	4300	7006	4350	1034
2320	6204	2150	5420	7810	6220	540
4103	9476	2480	7925	9805	7230	560
2202	7850	2858	4584	6743	5170	690
2844	6911	3790	3184	5634	3883	1106
3344	9600	2430	6500	8038	7000	800
3706	8705	3464	6206	10603	7050	1193
2802	8905	2600	6406	9302	5009	1004

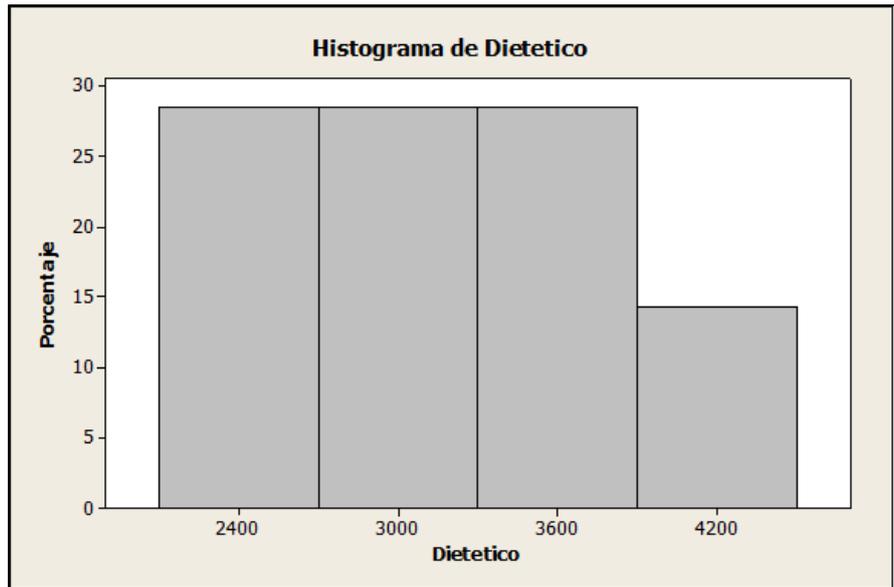
Dist_O_950V	
2000	0,35
3500	0,5
5000	0,075
6500	0,075



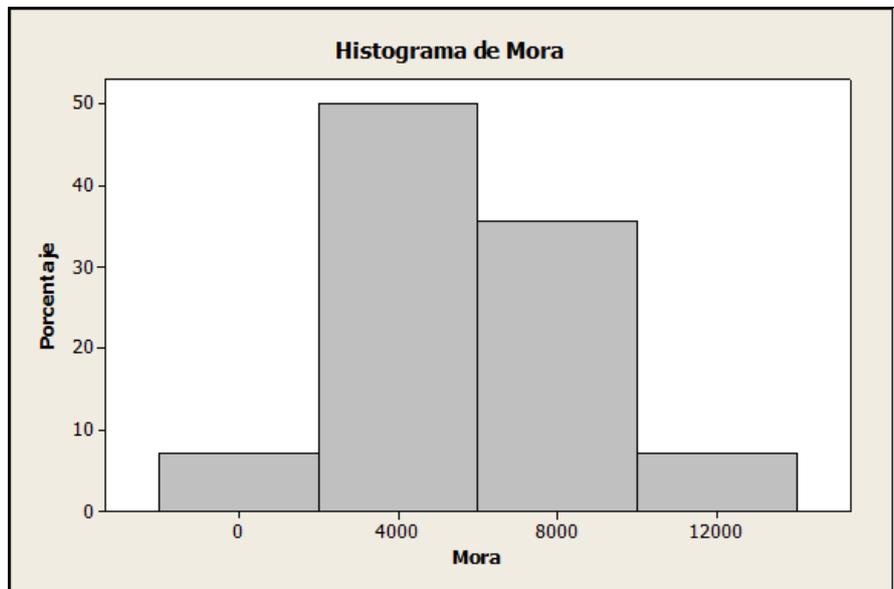
Dist_O_950N	
5000	0,2
7500	0,35
10000	0,35
12500	0,1



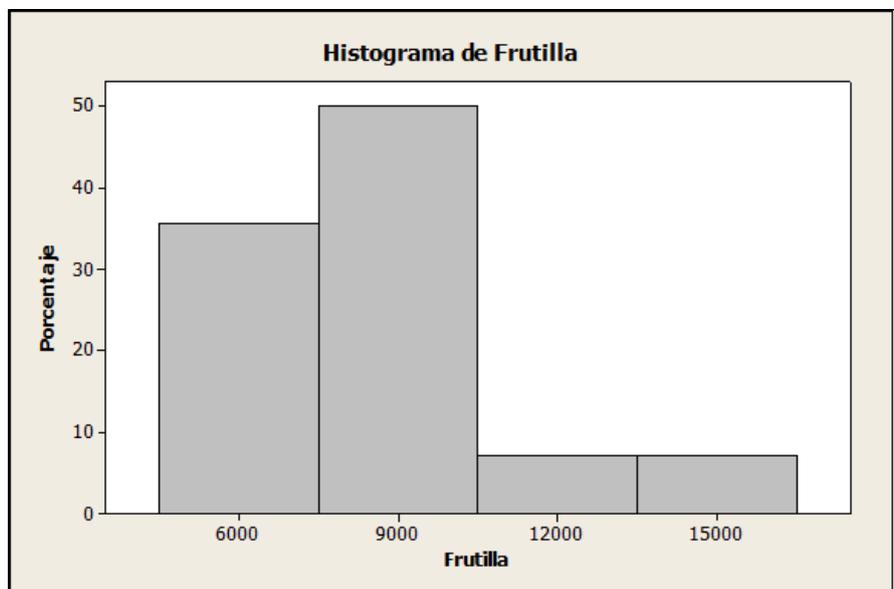
Dist_O_950Di	
2400	0,3
3000	0,3
3600	0,3
4200	0,1



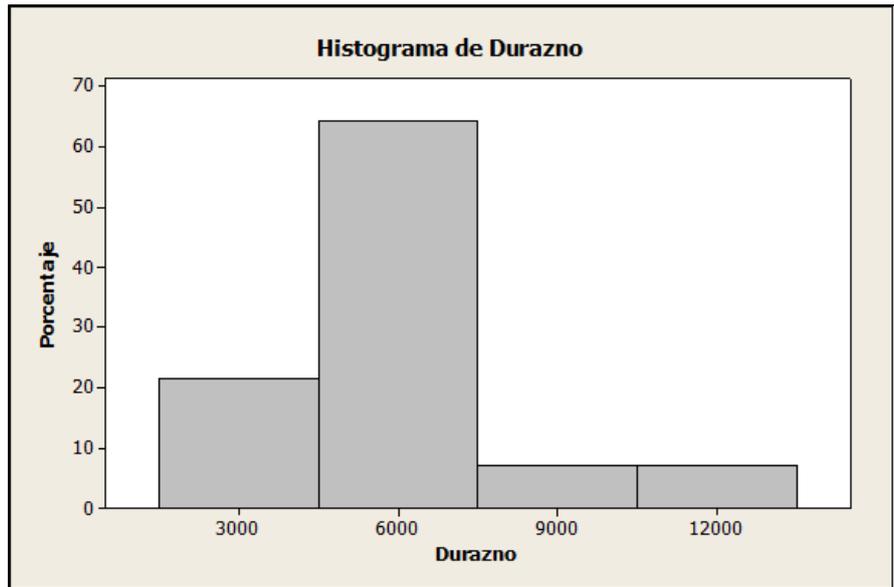
Dist_O_950M	
500	0,075
4000	0,5
8000	0,35
12000	0,075



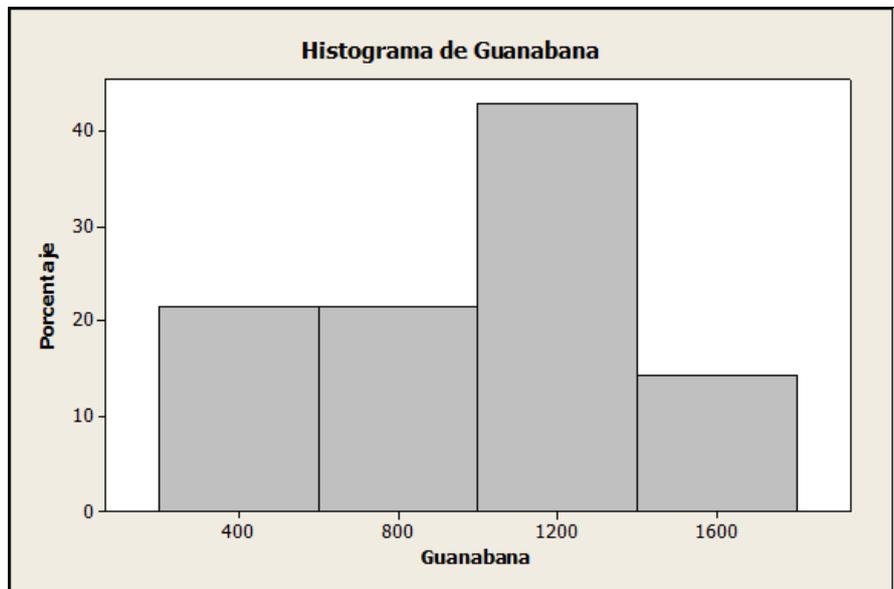
Dist_O_950F	
6000	0,35
9000	0,5
12000	0,075
15000	0,075



Dist_O_950Du	
3000	0,2
6000	0,6
9000	0,1
12000	0,1



Dist_O_950G	
400	0,2
800	0,2
1200	0,45
1600	0,15

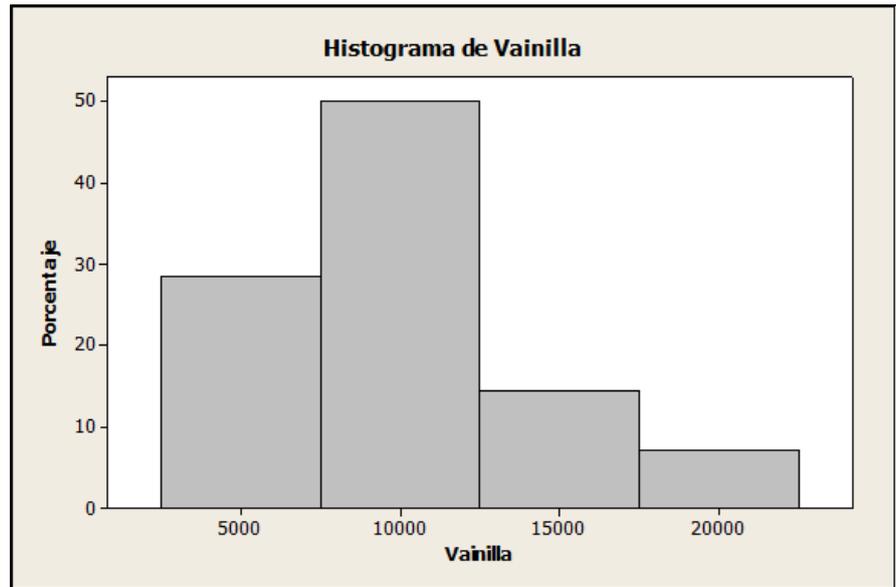


Apéndice U Hisogramas de Formatos de 950 gr.

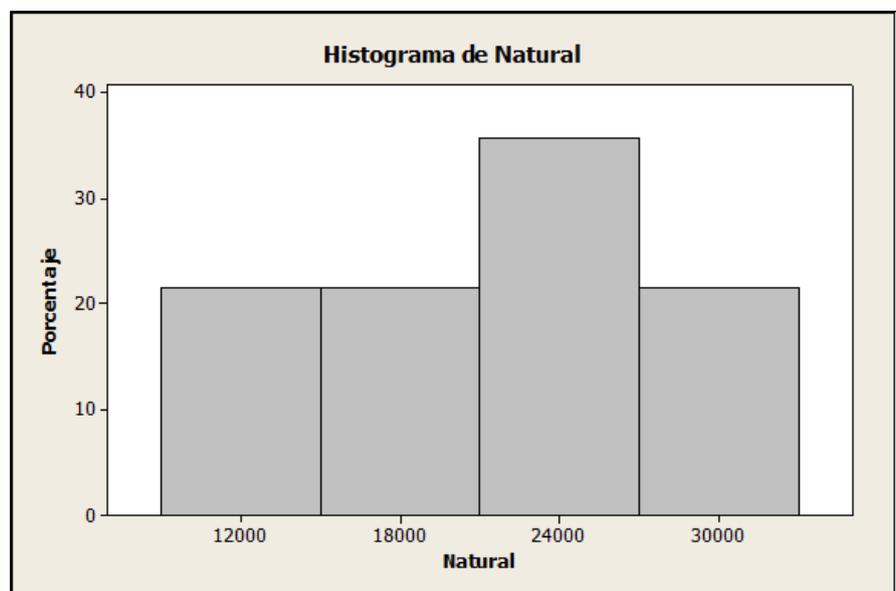
Elaborado por: Roberto Robles

185 gr						
Vainilla	Natural	Dietetico	Mora	Frutilla	Durazno	Guanabana
6360	25599	5620	13265	28880	22390	2314
6340	14500	4980	9806	17000	13000	2060
8760	19321	5550	11655	15800	12780	1910
20500	29321	6000	33400	50200	48400	2200
3130	20760	4100	6000	13350	7000	1620
13155	11290	6100	16005	33010	29010	1510
10800	13500	3000	12000	22400	23000	1300
7400	15000	2300	13600	16300	12000	2010
12100	21690	4000	21320	33200	28530	2040
11500	25850	6780	17570	31600	28500	1400
9220	22300	4570	14300	25400	21500	1530
10400	23700	4570	16300	28500	24700	2400
13900	28000	4900	18400	36100	27976	2260
12010	27900	5800	19700	27200	25900	1700

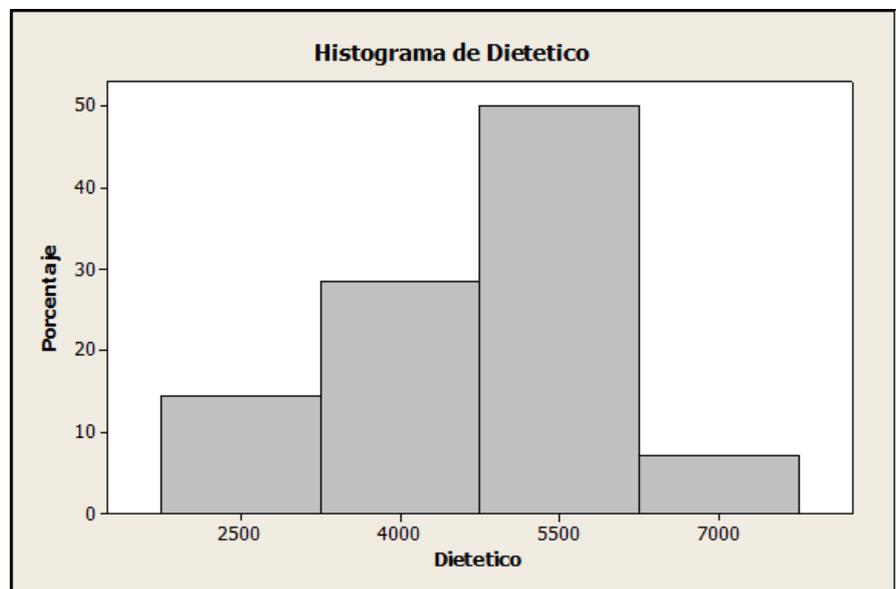
Dist_O_185V	
5000	0,3
10000	0,5
15000	0,15
20000	0,05



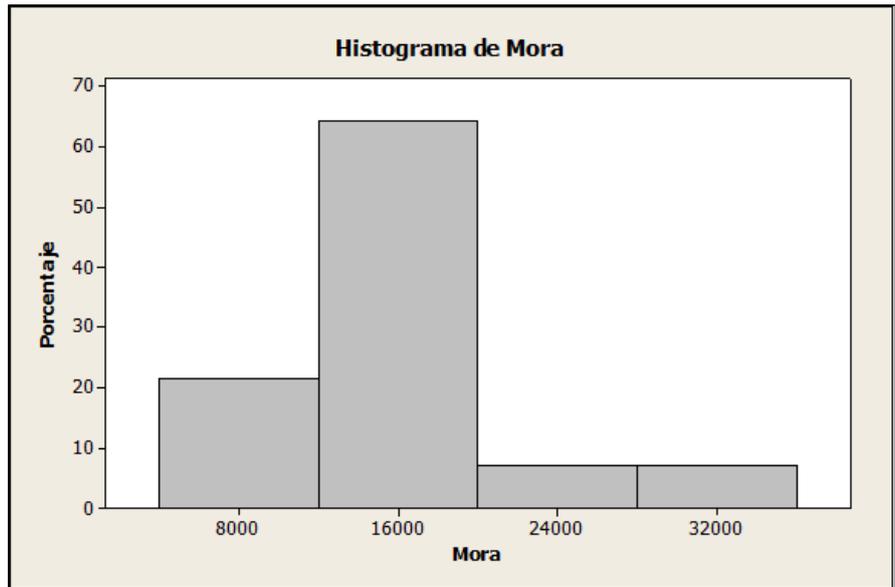
Dist_O_185N	
12000	0,2
18000	0,2
24000	0,4
30000	0,2



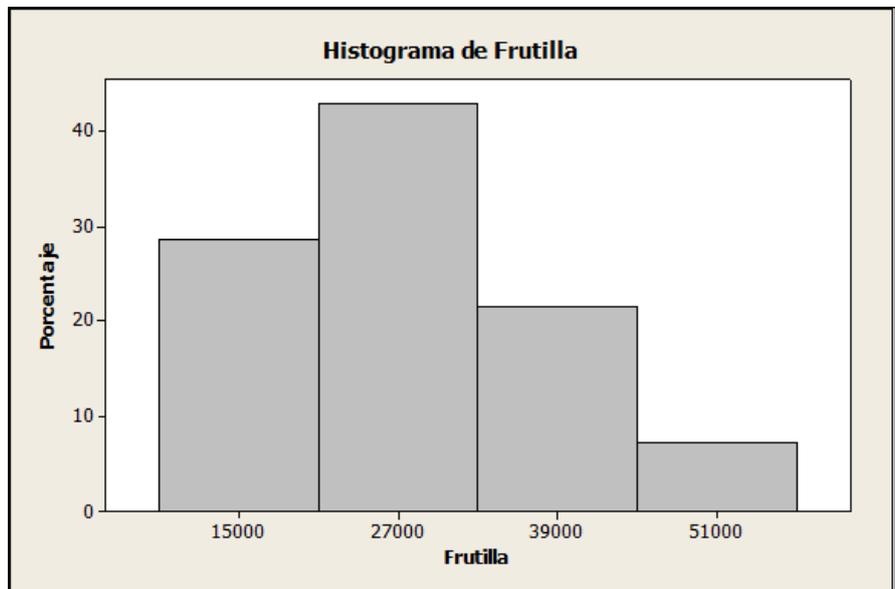
Dist_O_185Di	
2500	0,15
4000	0,3
5500	0,5
7000	0,05



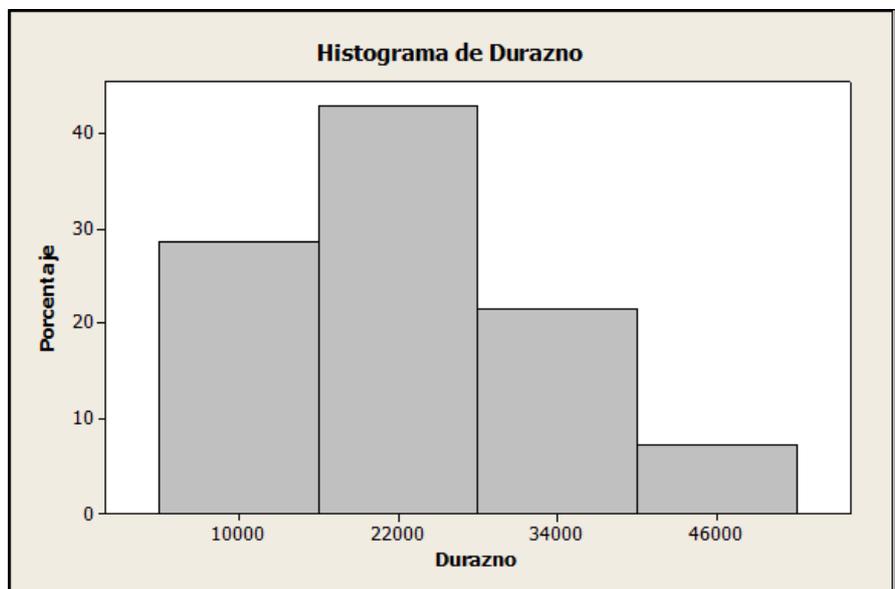
Dist_O_185M	
8000	0,2
16000	0,6
24000	0,1
32000	0,1



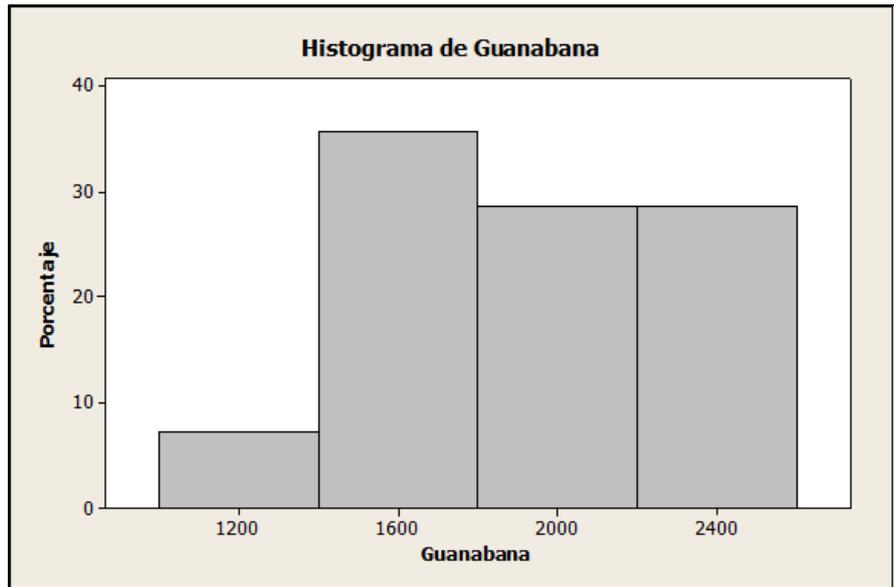
Dist_O_185F	
15000	0,3
27000	0,45
39000	0,2
51000	0,05



Dist_O_185Du	
10000	0,3
22000	0,45
34000	0,2
46000	0,05



Dist_O_185G	
1200	0,05
1600	0,35
2000	0,3
2400	0,3

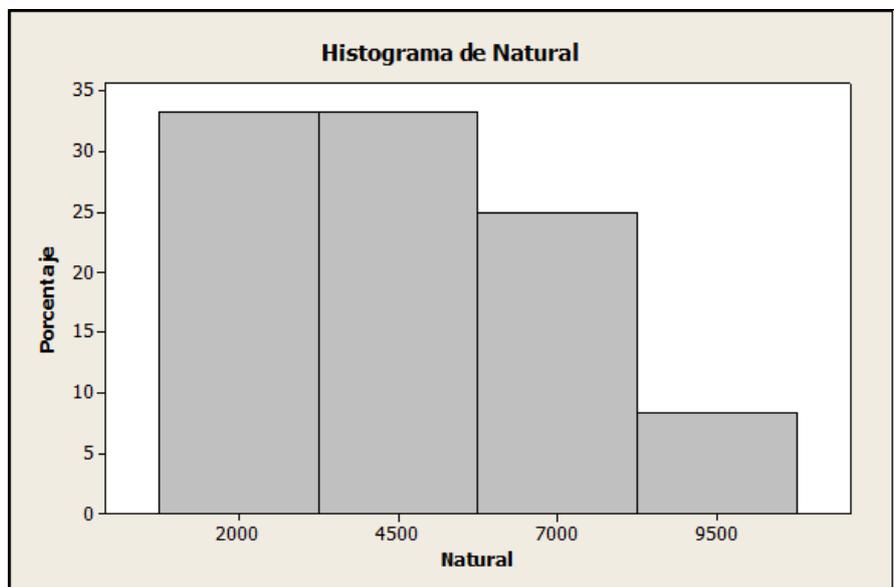


Apéndice V Histogramas de Formato de 185 gr.

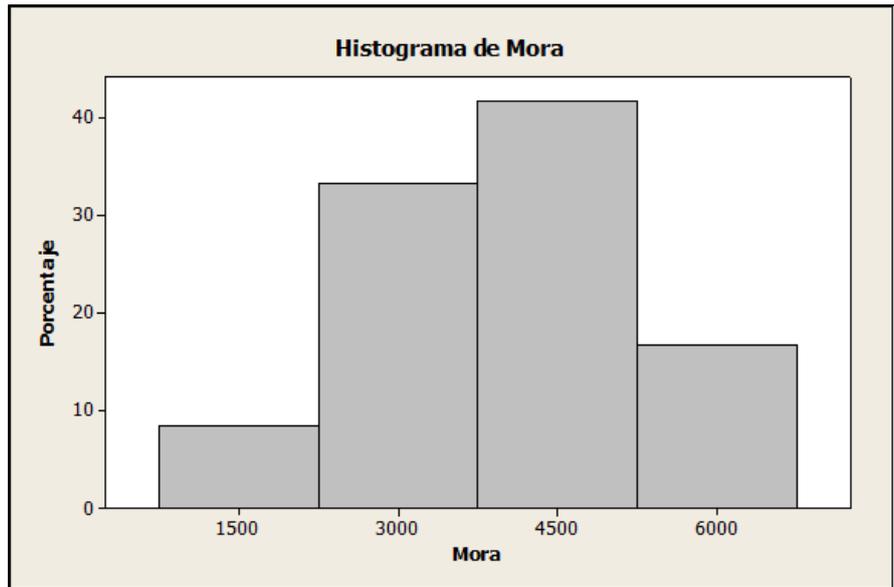
Elaborado por: Roberto Robles

105 gr			
Natural	Mora	Frutilla	Durazno
6500	4300	5500	6700
5500	4775	10470	9215
7550	3475	5600	6800
4000	6000	9600	9100
7370	5000	7000	9070
2500	5500	3900	4750
10000	4831	9070	11512
3414	3909	6130	7328
4460	3455	6600	4610
1705	2705	6570	5720
3002	3002	8000	6004
1610	1610	5310	3220

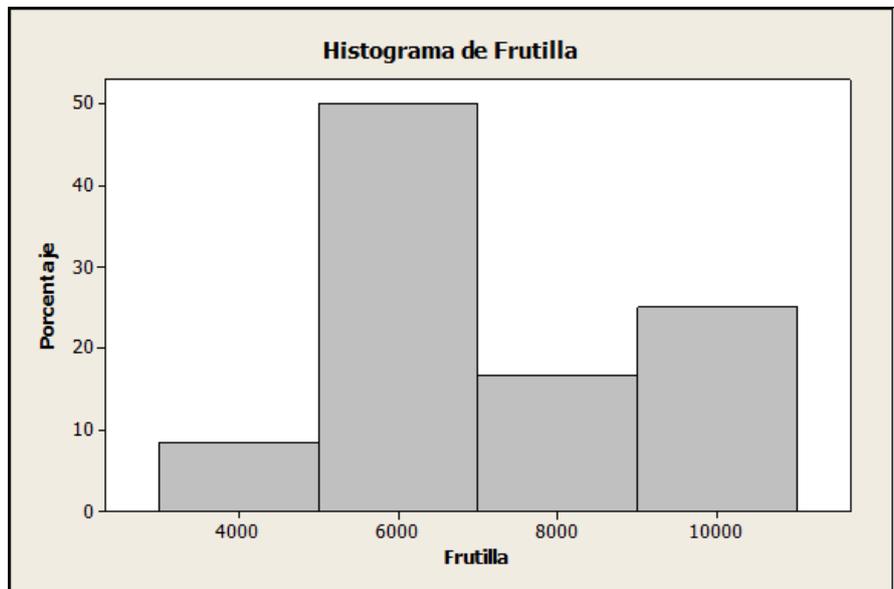
Dist_O_105N	
2000	0,35
4500	0,35
7000	0,25
9500	0,05



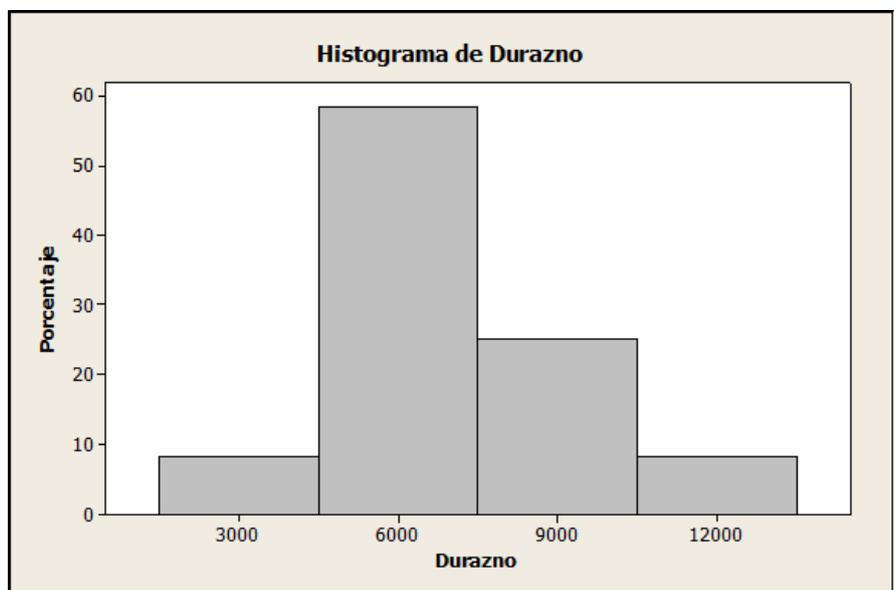
Dist_O_105M	
1500	0,1
3000	0,3
4500	0,4
6000	0,2



Dist_O_105F	
4000	0,1
6000	0,5
8000	0,15
10000	0,25



Dist_O_105Du	
3000	0,075
6000	0,6
9000	0,25
12000	0,075

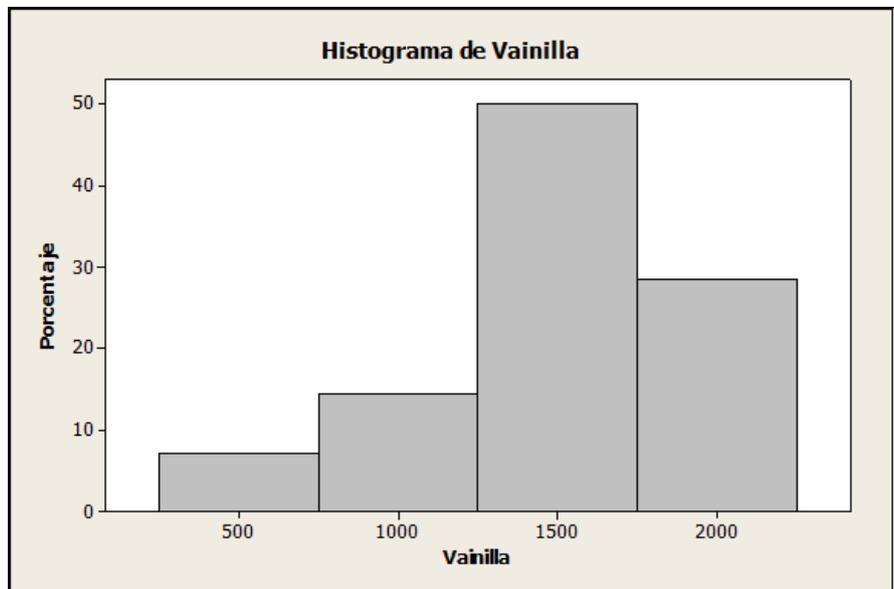


Apéndice W Histogramas del Formato de 105 gr.

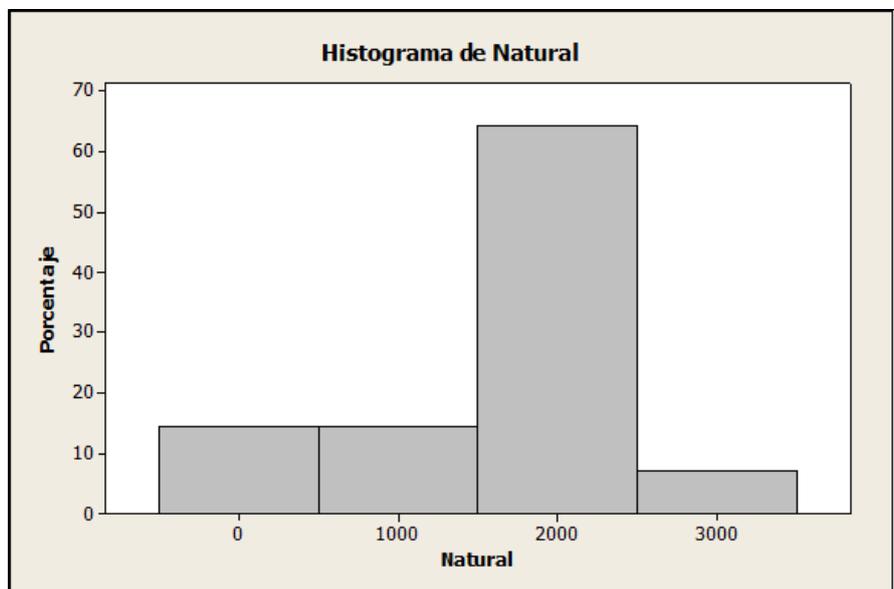
Elaborado por: Roberto Robles

1000 gr				
Vainilla	Natural	Mora	Frutilla	Durazno
1270	1520	400	1500	550
1600	1830	1070	1510	1000
1660	1513	500	1940	1430
2210	2170	2440	2670	1830
806	1752	752	1052	704
1766	2372	764	1940	596
558	230	914	1634	1466
842	494	534	692	362
1448	1646	752	1572	506
1382	1863	956	1343	734
1690	2060	1020	1540	1630
1740	3430	1100	1830	1140
1754	686	1808	1856	1922
2033	1112	1133	2303	1232

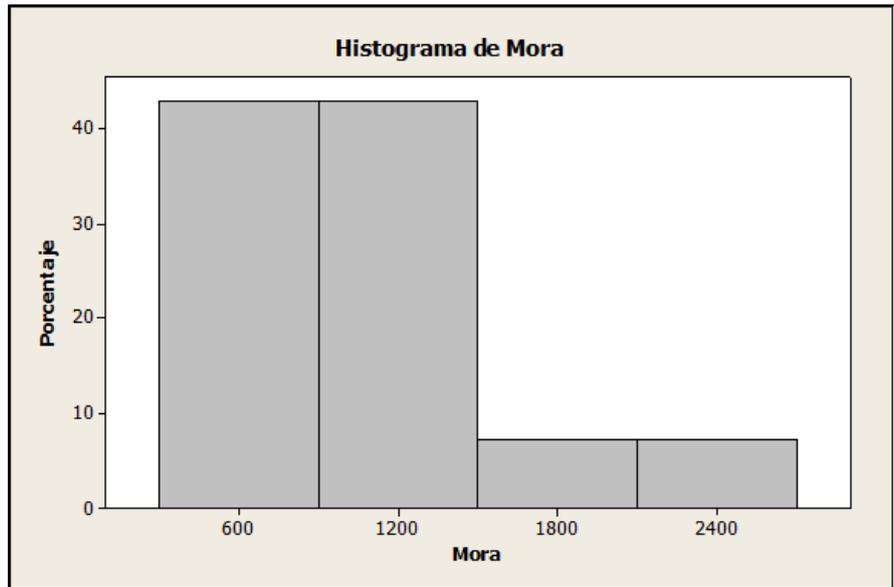
Dist_O_1000V	
500	0,05
1000	0,15
1500	0,5
2000	0,3



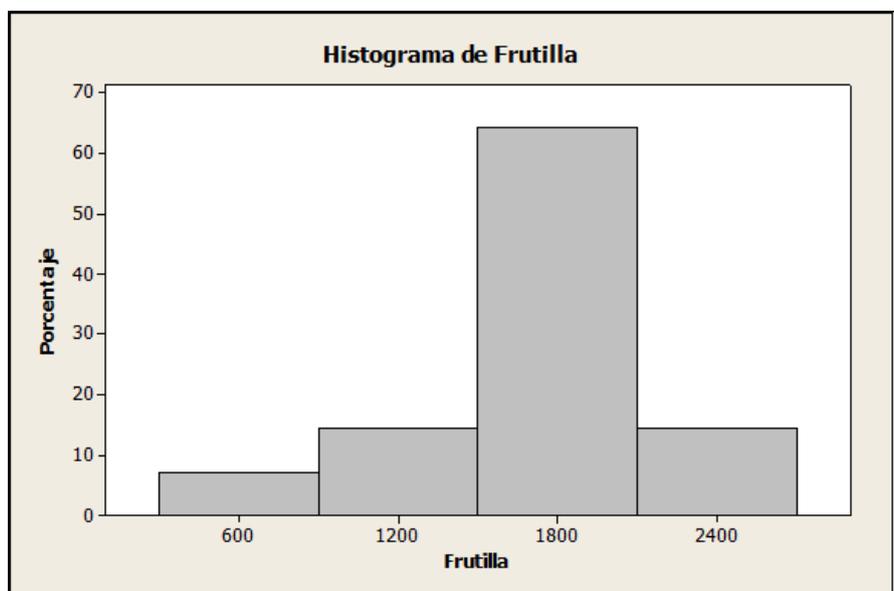
Dist_O_1000N	
500	0,15
1000	0,15
2000	0,6
3000	0,1



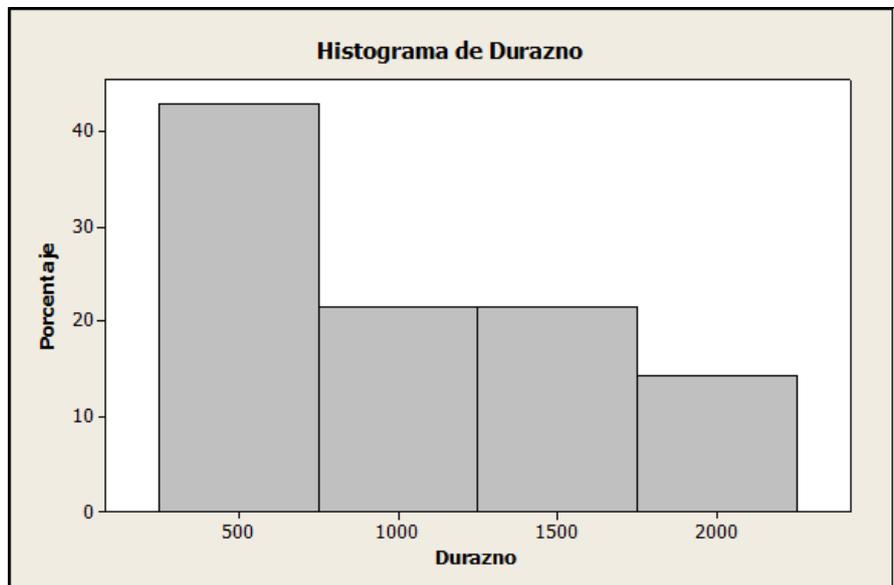
Dist_O_1000M	
600	0,45
1200	0,45
1800	0,05
2400	0,05



Dist_O_1000F	
600	0,05
1200	0,15
1800	0,65
2400	0,15



Dist_O_1000Du	
500	0,45
1000	0,2
1500	0,2
2000	0,15

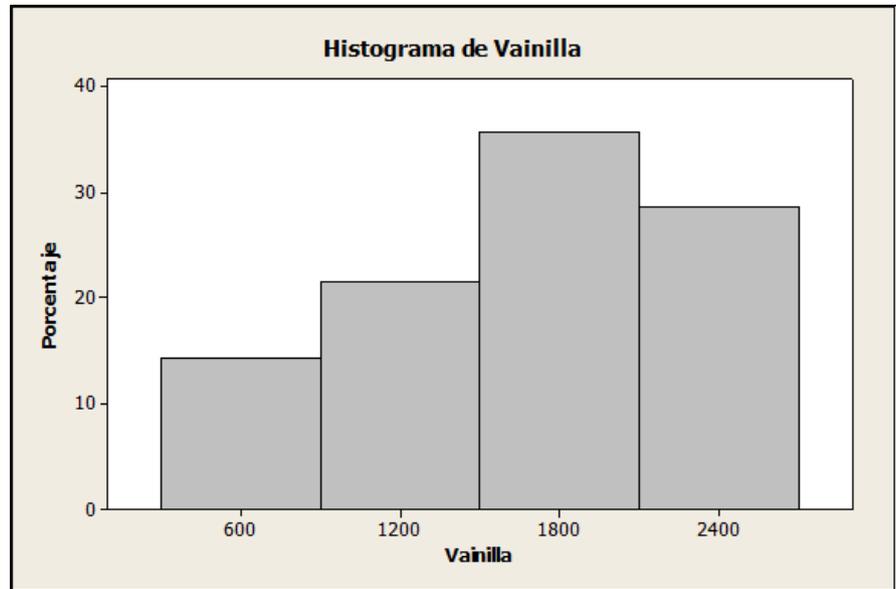


Apéndice X Histogramas del Formato de 1000gr

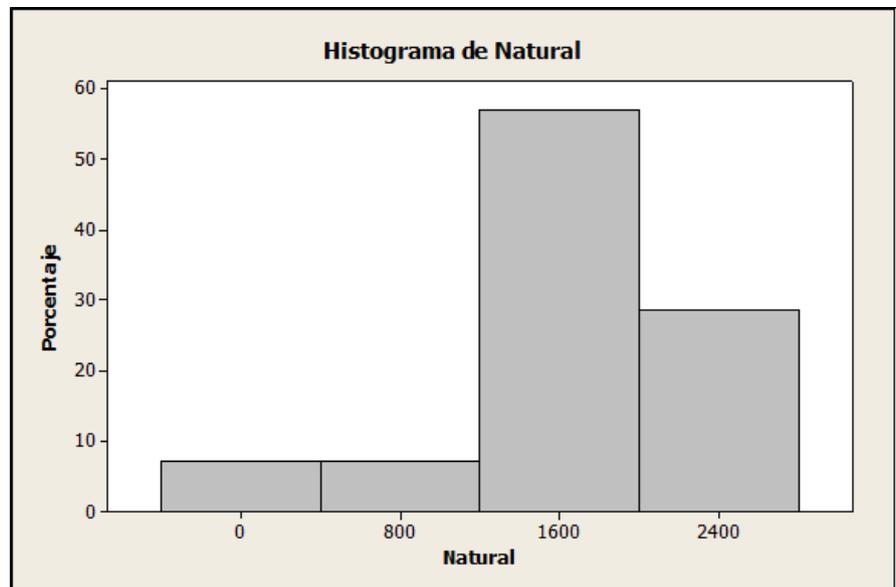
Elaborado por: Roberto Robles

200 gr				
Vainilla	Natural	Mora	Frutilla	Durazno
1780	1395	2055	3640	2030
1560	1460	1700	2900	1660
2523	2595	2841	5261	2913
2340	2570	2540	4550	2560
550	250	700	1000	850
880	700	1390	2390	1500
1180	1270	1070	1790	1050
1290	1250	1530	2250	1525
1560	1410	1830	3215	1900
1750	1420	1760	2890	1680
1480	1440	1790	3360	1830
2190	2060	2615	4490	2590
1700	1930	2630	4640	2470
2160	2530	3000	5000	3180

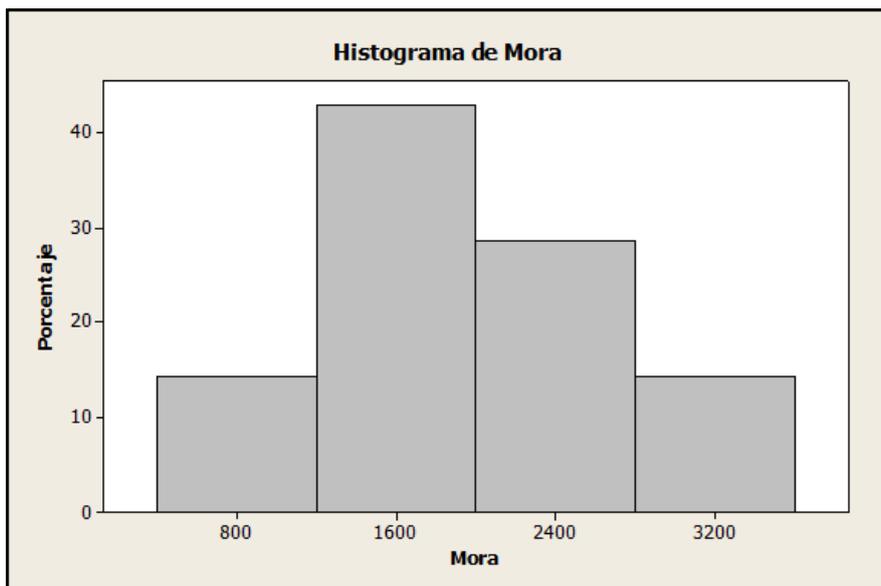
Dist_O_200V	
600	0,15
1200	0,2
1800	0,35
2400	0,3



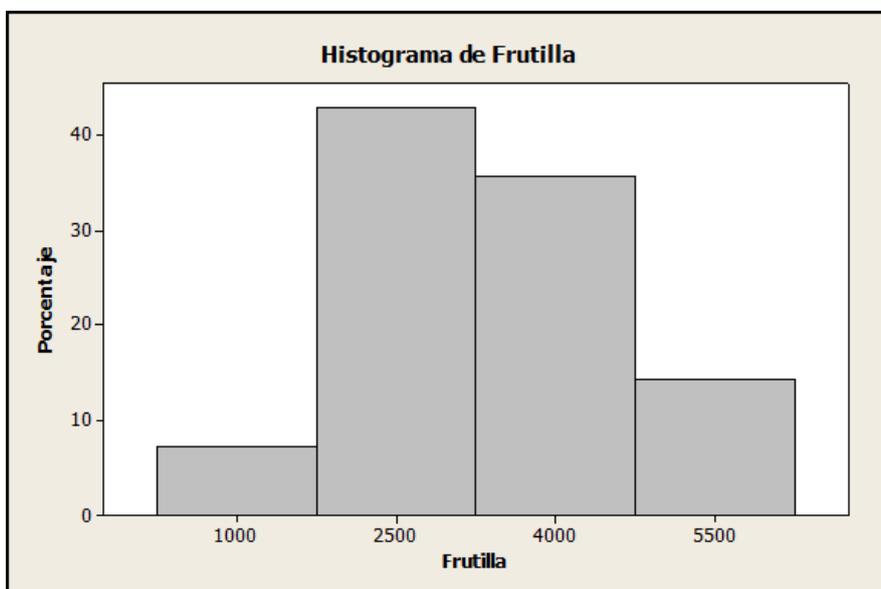
Dist_O_200N	
500	0,075
800	0,075
1600	0,55
2400	0,3



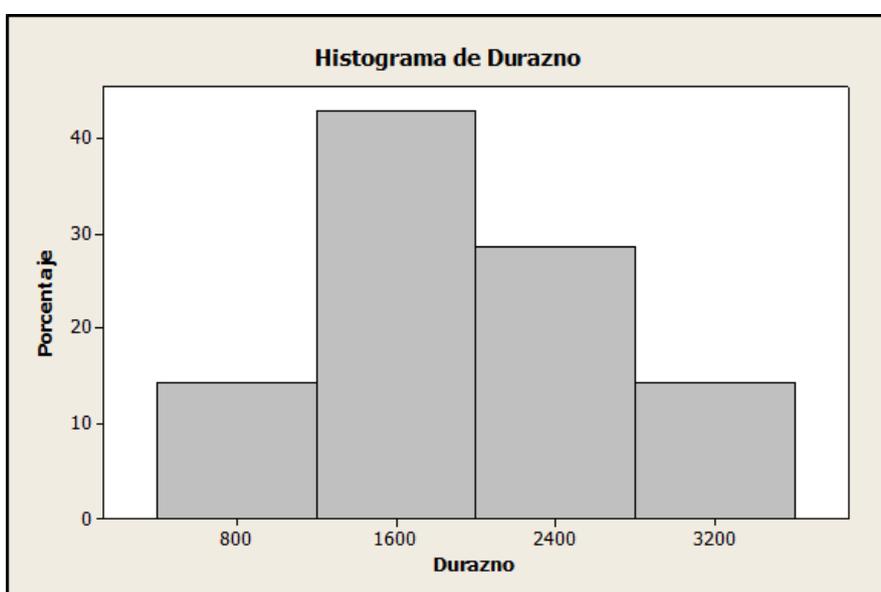
Dist_O_200M	
800	0,15
1600	0,4
2400	0,3
3200	0,15



Dist_O_200F	
1000	0,1
2500	0,4
4000	0,35
5500	0,15



Dist_O_200Du	
800	0,15
1600	0,4
2400	0,3
3200	0,15



Apéndice Y Histogramas del Formato de 200 gr.

Elaborado por: Roberto Robles