



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
MANEJO DE SOLIDOS DE UNA EMPRESA
MEJORADORA DE CRUDO EXTRAPESADO,
UBICADA EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL JOSE
ANTONIO ANZOATEGUI.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
presentado ante la
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR:	GRATEROL M. ANGEL E. ILLARRAMENDI B. AMANDA L.
PROFESOR GUÍA:	ING. ALIRIO J. VILLANUEVA B.
FECHA:	OCTUBRE DE 2013.



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE
MANEJO DE SOLIDOS DE UNA EMPRESA
MEJORADORA DE CRUDO EXTRAPESADO,
UBICADA EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL JOSE
ANTONIO ANZOATEGUI.**

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado de: _____

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:

Firma:

Firma:

Nombre:_____ Nombre:_____ Nombre:_____

REALIZADO POR:

GRATEROL M. ANGEL E.
ILLARRAMENDI B. AMANDA L.

PROFESOR GUÍA:

ING. ALIRIO J. VILLANUEVA B.

FECHA

OCTUBRE DE 2013.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, por todo el esfuerzo realizado para formarnos personal y profesionalmente, por su paciencia, comprensión y apoyo incondicional

Al personal que labora en GMA Proyectos Siglo XXI, en especial al ingeniero Pablo Ordaz que nos suministró el tema de investigación, la información necesaria y su ayuda en todo momento para la realización del mismo

A nuestro tutor Alirio Villanueva, por su paciencia, apoyo y dedicación en todo momento durante la realización de esta investigación.

A los profesores que conforman el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de la UCAB, en especial a la ingeniera Karen Contreras, la ingeniera Sofía Robles y al ingeniero Demóstenes Quijada

Al ingeniero Sebastián Ribis por su apoyo por una consulta a expertos en el área de mantenimiento.

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE MANEJO DE SÓLIDOS DE
UNA EMPRESA MEJORADORA DEL CRUDO EXTRAPESADO, UBICADA
EN EL COMPLEJO INDUSTRIAL JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI**

Elaborado por: Angel. E. Graterol M. y Amanda L. Illarramendi. B.

Tutor: Alirio J. Villanueva B.

Fecha: Octubre 2013.

SINOPSIS

La presente investigación tuvo como propósito realizar propuestas de mejora del sistema de manejo de sólidos de una empresa mejoradora de crudo extrapesado, brindando así soluciones que permitirán la reducción del inventario de coque en los patios internos del complejo así como también la reducción de los tiempos de carga de buques y el incremento de la rata de despacho. El estudio fue realizado en la modalidad de investigación proyectiva con diseño experimental y de enfoque cualitativo y cuantitativo, en el cual se caracterizaron y analizaron los sistema de In-bound y Out-bound de la empresa, identificando las variables o factores que afectan el proceso, a través de la observación directa no participativa y entrevistas al personal involucrado en dichos procesos, con el fin de recrear la situación actual y detectar los principales problemas que afectan la carga de buques. Para la realización del estudio, se utilizaron entre otras herramientas, un programa de simulación de procesos (Rockwel Arena®) así como un diagrama causa-efecto, a través del cual se realizaron los análisis correspondientes de las fallas encontradas durante el proceso de carga, con el fin de plantear propuestas que permitieran solventar los problemas encontrados y así mejorar dicho proceso. En los resultados se puede observar que la falla más recurrente corresponde a fallas por equipos debido a la falta de mantenimiento de estos, debido a esto se plantearon tres escenarios de los cuales el más impactante fue el que toma en cuenta las tres propuesta que se establecieron, arrojando un incremento del 151,54% en los ingresos por ventas de coque con respecto a la situación actual.

Palabras Claves: Simulación, Mejora, Sistema de manejo de Sólidos, Proceso de carga de buques, Mantenimiento, Fallas.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
SINOPSIS	II
INDICE GENERAL	III
INDICE DE TABLAS	VI
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE GRAFICOS	IX
INDICE DE FORMULAS	X
INDICE DE ANEXOS	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	3
1.1 LA EMPRESA.....	3
1.2 MISIÓN	3
1.3 VISIÓN	4
1.4 POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL	4
1.5 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS.....	4
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.....	4
CAPITULO II	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
2.2 JUSTIFICACIÓN	7
2.3 OBJETIVO GENERAL	7
2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
2.5 ALCANCE.....	8
2.6 LIMITACIONES DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.	8
2.7 METODOLOGÍA	8
CAPÍTULO III.....	10
MARCO TEÓRICO	10
3.1 ANTECEDENTES O REFERENCIAS.....	10
3.2 BASES TEÓRICAS	12

3.2.1 MANEJO DE MATERIALES.....	12
3.2.2 MANTENIMIENTO.	17
3.2.3 COQUE DE PETRÓLEO.....	20
3.2.4 SIMULACIÓN	22
3.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	25
CAPÍTULO IV	26
MARCO METODOLÓGICO.....	26
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	26
4.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	27
4.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	27
4.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	28
4.4.1 OBSERVACIÓN DIRECTA.....	28
4.4.2 ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA	28
4.5 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	29
4.6 ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO (EDT).	29
CAPÍTULO V	31
SITUACIÓN ACTUAL.....	31
5.1 EMPRESA MIXTA PETROCEDEÑO.	31
5.2 LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO.	32
5.3 SISTEMA DE MANEJO DE SÓLIDOS.....	32
5.3.1. SISTEMA INBOUND.....	32
5.3.2. SISTEMA OUTBOUND.....	34
5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CARGA DE BUQUES.....	35
5.4. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN.....	38
5.5 ANALISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN	40
5.5.1. BUQUES NOMINADOS EN EL PERIODO	40
5.5.2 INGRESOS POR VENTA DE COQUE:	40
5.5.3 VOLUMEN DE DESPACHO	42
5.5.4. ÍNDICE DE RATA DE CARGA:	44
5.5.5. TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS.....	46
5.5.6. TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS DE EQUIPO.....	48

5.6 ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y CAUSAS EN EL SISTEMA	49
5.7 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	51
CAPÍTULO VI	52
PROPUESTAS DE MEJORAS	52
6.1 INCREMENTO DEL ANCHO Y LA VELOCIDAD DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS DEL SUB-SISTEMA OUTBOUND	52
6.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BY-PASS.....	52
6.3 DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	53
6.3.1 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	54
6.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PARTES DE EQUIPOS	56
6.3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO	56
6.3.4 CODIFICACIÓN.....	58
CAPÍTULO VII	60
ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONOMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	60
7.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	60
7.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA 1.....	60
7.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA 2.....	61
7.2 ANÁLISIS ECONOMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.....	63
7.2.1 COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA	63
7.2.2 BENEFICIOS ESPERADOS	65
CAPITULO VIII.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
8.1 CONCLUSIONES	69
8.2 RECOMENDACIONES.....	71
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Referencias Teóricas.....	10
Tabla 2: Desventajas y ventajas del coque	21
Tabla 3: Componentes del Sub-sistema In-Bound y Out-Bound	33
Tabla 4: Componentes del sistema In-bound y Out-bound	34
Tabla 5: Indicadores, descripción de Indicadores y Fórmulas.....	38
Tabla 13: Tiempo de fallas por Causas.....	49
Tabla 14: Tabla de equipos y componentes con su respectiva clasificación	56
Tabla 15: Clasificación del tipo de mantenimiento a utilizar	57
Tabla 16: Codificación de las actividades	58
Tabla 17: Leyenda de codificación	59
Tabla 18: Descripción de la mejora 1	61
Tabla 19: Cambios en la estructura.....	61
Tabla 20: Estructura de costo para la mejora 1.....	63
Tabla 21: Estructura de costo para la mejora 2.....	64
Tabla 22: Estructura de costo para el plan de mantenimiento preventivo	64
Tabla 23: Beneficios para alternativa 1	66
Tabla 24: Beneficios para alternativa 2	67
Tabla 25: Beneficios para alternativa 3	68
Tabla 26: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.	77
Tabla 27: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.	77
Tabla 28: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.	78
Tabla 29: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.	79
Tabla 30: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado	79
Tabla 31: Tiempo de fallas por equipo.	80
Tabla 32: Hora de parada al mes por equipo y descripción de la parada.....	81
Tabla 33: Componentes del sub-sistema In-Bound y las estaciones de rodillos	83
Tabla 34: Componentes del sub-sistema Out-bound y las estaciones de rodillos.	84
Tabla 35: Características de las cintas transportadoras	94
Tabla 36: Calculo del CellSize	96
Tabla 37: Resultados arrojados por la herramienta Input Analyzer	97

Tabla 38: Valores reales para la validación de los datos	100
Tabla 39: Cálculo del número de replicaciones.....	101
Tabla 40: Resultados de las corridas de simulación	107
Tabla 41: Resultados obtenidos	110
Tabla 42: Resultados de la mejora 1	113
Tabla 43: Resultados de la mejora 2	114
Tabla 44: Resultados de la implementación de las 2 mejoras	115

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura desagregada del trabajo especial de grado	30
Figura 2: Diagrama de procesos	30
Figura 3: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.	73
Figura 4: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.	73
Figura 5: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.	74
Figura 6: Layout del complejo.....	75
Figura 7: Técnicas de Análisis de Datos. Herramientas Utilizadas en el desarrollo del TEG.....	76
Figura 8: Localización del complejo industrial Jose Antonio Anzoátegui	82
Figura 9: Diagrama Causa Efecto.....	85
Figura 10: Lógica de entrada de coque al sub-sistema In-Bound.....	87
Figura 11: Lógica de transporte por Cintas transportadoras.....	87
Figura 12: sistema de cintas transportadoras	88
Figura 13: Cinta 40-00	89
Figura 14: Llegada del buque	89
Figura 15: Atributos para el control de de uso del Shiploader	90
Figura 16: Control del Shiploader	90
Figura 17: Condición del Hold 37	91
Figura 18: Condición del Hold 38	91
Figura 19: Sub-sistema Out-Bound	92
Figura 20: Lógica de Entrada del Coque al Sub-sistema Out-Bound.....	92
Figura 21:	93
Figura 22: Cintas Transportadoras del Sub-sistema Out-Bound	93
Figura 23: Área de la cinta transportadora.....	95
Figura 24: Estimación del área de la cinta transportadora.....	95
Figura 25: Lógica de parada y falla	96
Figura 26: Lógica de paradas por fallas en el sistema de manejo de sólidos	99
Figura 27: Incorporaciones al modelo para la mejora 1	111
Figura 28: Incorporaciones en el modelo para la mejora 2.....	112

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado	40
Gráfico 2: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.	42
Gráfico 3: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.	44
Gráfico 4: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.	46
Gráfico 5: Parada de equipos por fallas.	48
Gráfico 6: Parada de equipos por descripción de fallas.	50
Gráfico 7: Validación del mes de Febrero	101
Gráfico 8: Validación del mes de Marzo	102
Gráfico 9: Validación del mes de Abril	102
Gráfico 10: Validación del mes de Mayo	103
Gráfico 11: Validación del mes de Junio.....	103
Gráfico 12: Validación del mes de Julio.....	104
Gráfico 13: Validación del mes de Agosto	104
Gráfico 14: Validación del mes de Septiembre	105
Gráfico 15: Validación del mes de Octubre.....	105
Gráfico 16: Validación del mes de Febrero	106

INDICE DE FORMULAS

Fórmula 1: Fórmula de Manejo de Materiales.....	16
Fórmula 2: Cálculo de Replicaciones	25
Fórmula 3: Cálculo de replicaciones simplificada.....	25
Fórmula 4: Leyenda del código	59

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.....	73
ANEXO 2: LAYOUT DEL COMPLEJO INDUSTRIAL JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI	75
ANEXO 3: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	76
ANEXO 4: TABLAS QUE CARACTERIZAN LA SITUACIÓN ACTUAL.....	77
ANEXO 5: LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO	82
ANEXO 6: COMPONENTES DEL SUB-SISTEMA IN-BOUND	83
ANEXO 7: COMPONENTES DEL SUB-SISTEMA OUT-BOUND Y LAS ESTACIONES DE RODILLOS.....	84
ANEXO 8: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.	85
ANEXO 9: DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA MODELACIÓN	86
ANEXO 10: ESTRUCTURA DEL MODELO DE SIMULACION, SUB-SISTEMA IN- BOUND	108
ANEXO11: ESTRUCTURA DEL MODELO DE SIMULACION, SUB-SISTEMA OUT-BOUND.....	109
ANEXO 12: RESULTADOS OBTENIDOS POR LA PRIMERA CORRIDA DEL MODELO	110
ANEXO 13: INCORPORACIONES AL MODELO DE SIMULACION PARA LA CORRIDA DE LA MEJORA 1 Y MEJORA 2.....	111
ANEXO 14: RESULTADOS DE LA MEJORA 1.....	113
ANEXO 15: RESULTADOS DE LA MEJORA 2.....	114
ANEXO 16: RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 2 MEJORAS..	115

INTRODUCCIÓN

La empresa Petrocedeño, S.A., es una empresa mixta que tiene como fin la exploración, extracción, producción y comercialización del crudo extra pesado proveniente de la división Junín en la Faja Petrolífera del Orinoco, la cual representa la mayor reserva de petróleo extra pesado en el mundo, para mejorarlo y transformarlo en un crudo liviano y dulce con un contenido bajo de azufre y cero residuo.

Durante este proceso de mejoramiento del crudo, se obtienen a diario 900 toneladas de azufre y 9 mil toneladas de coque, el cual ha incrementado progresivamente su valor comercial, debido a que cada vez es mayor su demanda como fuente energética en los mercados internacionales.

Este estudio surge por la necesidad de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A., de realizar una propuesta de mejora del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeño S. A., debido a que actualmente se están generando una serie de problemas en cuanto a la acumulación de coque en los patios de almacenamiento del complejo así como también en los tiempos de carga de buques debido a las fallas ocasionadas en los equipos que conforman el sub-sistema In-bound y el sub-sistema Out-bound.

Es por ello que la importancia del presente Trabajo Especial de Grado, reside en que se propondrán acciones que contribuyan a mejorar los procesos de interés, a fin de reducir el tiempo de carga de buques y reducir costos de inventario.

El presente documento, que muestra los resultados del estudio realizado, ha de estructurarse de la siguiente manera:

CAPÍTULO I “DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA”: Contiene los antecedentes correspondientes al estudio, la descripción de la empresa, la misión, visión y la política de gestión integral, la estructura organizacional.

CAPÍTULO II “EL PROBLEMA”: Contiene el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos del estudio y sus limitaciones.

CAPÍTULO III “FUNDAMENTOS TEÓRICOS”: Contiene la definición de conceptos básicos, así como también las herramientas y técnicas a utilizar.

CAPÍTULO IV “MARCO METODOLÓGICO”: Este capítulo comprende los aspectos necesarios para establecer el “cómo” se realizará el estudio. Contempla el tipo de investigación, el enfoque y el diseño de la misma.

CAPÍTULO V “ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL”: Muestra los procesos que se llevan a cabo en el sistema de manejo de sólidos.

CAPÍTULO VI “PROPUESTAS DE MEJORA”: Contiene la descripción de los planes de mejora.

CAPÍTULO VII “ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA”: Se describen los resultados obtenidos tras aplicar las mejoras al modelo de la situación actual. Se identifica el costo beneficio de implementar las propuestas realizadas para solventar las fallas encontradas.

CAPÍTULO VIII “CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES”: Este capítulo contiene las conclusiones finales del estudio y las recomendaciones para la empresa.

Finalmente se encontrarán las referencias bibliográficas y las páginas web consultadas.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 LA EMPRESA

GMA Proyectos Siglo XXI, C.A., es una Empresa Venezolana con cien por ciento de capital nacional, fue fundada en el año 2008 por los integrantes de su actual Junta Directiva, quienes venían desempeñándose desde los años 2001 y 2002 en diversos proyectos para la industria petrolera nacional, con un grupo de profesionales, técnicos y asesores que actualmente forman parte de la empresa.

Desde su creación, ha incursionado en proyectos tanto para el sector privado como para empresas del estado venezolano, con los cuales se han ejecutado obras y prestado servicios a su entera satisfacción, teniendo presente en el desempeño de la empresa como elemento fundamental de su Política de Gestión, la Calidad en la ejecución de los trabajos y el cumplimiento con el marco regulatorio aplicable.

El desarrollo de la empresa ha sido continuo, entrando en una nueva etapa de crecimiento y proyección en el ámbito nacional con alcance internacional, tal como se describe en la misión, visión, política de gestión integral y objetivos estratégicos que definen el marco de actuación de GMA Proyectos Siglo XXI, C.A.

1.2 MISIÓN

Prestar servicios especializados de Gerencia de Proyectos, Ingeniería Multidisciplinaria, Consultoría Gerencial, Entrenamiento de Personal, Ejecución e inspección de Proyectos, para contribuir con el desarrollo petrolero y no petrolero del país.

1.3 VISIÓN

Ser organización líder en el mercado nacional con proyección internacional, aplicando el modelo de desarrollo sustentable en nuestras líneas de negocio y áreas de competencia, fundamentando la gestión en la documentación de los procesos y la excelencia en el desempeño.

1.4 POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL

Satisfacer los compromisos contraídos con nuestros clientes y terceras partes involucradas, mediante el cumplimiento del marco regulatorio aplicable, la conservación del medio ambiente, la seguridad en las operaciones, la eficiencia en el manejo de los recursos y la mejora continua de la gestión.

1.5 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- Consolidar las relaciones de negocios, respeto y profesionalismo con los clientes y con socios actuales o potenciales.
- Asegurar la integración del equipo de trabajo permanente y de asesores puntuales en una estructura de gestión que garantice el desempeño con los niveles de eficacia y eficiencia requeridos por los negocios y proyectos de la empresa.
- Fortalecer permanentemente los procesos documentados de trabajo, tanto para la ejecución de proyectos como para la organización interna de la empresa.
- Desarrollar un plan de consolidación de la empresa en el mercado nacional e iniciación de las actividades de proyección internacional.

1.6 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA.

La estructura organizativa de la empresa se encuentra en el ANEXO 1

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa PETROCEDEÑO S.A, es una empresa mixta y su estructura accionaria está constituida de la siguiente manera: 60% de PDVSA, 30,3% de la empresa francesa TOTAL y 9,7% de la empresa noruega STATOIL. Produce 200.000 barriles diarios de crudo extrapesado (8° API) provenientes de la División Junín en la Faja Petrolífera del Orinoco, y los mejora a 180.000 barriles diarios de ZuataSweet, un crudo liviano de 32° API, producto Premium mejorado de mayor valor comercial que se procesa en el Complejo Industrial José Antonio Anzoátegui.

Durante el proceso de mejoramiento del crudo, se obtienen a diario 900 toneladas de azufre y 6 mil toneladas de coque. Este coque que se produce en la operación diaria de la empresa, incrementa los inventarios que ya presentan una acumulación de muchos años, debido a que los despachos se han reducido progresivamente por causa del deterioro y la falta de mantenimiento del sistema de manejo de sólidos.

Es importante resaltar que el interés por el coque en los mercados internacionales ha venido experimentando un crecimiento importante, con lo cual se evidencia que los inventarios de coque no representan sólo un problema ambiental, sino que se ha convertido en una excelente oportunidad de negocios con grandes ingresos económicos como resultado de su comercialización y venta.

La acumulación del coque en los patios de la empresa mixta PETROCEDEÑO S.A., se viene presentando desde que se iniciaron las operaciones de SINCOR, empresa con mayoría de capital privado que fue creada a mediados de los años 90, como parte del proceso de apertura petrolera, situación ésta que se explica debido a que el mayor interés de las operaciones de esta empresa, era la producción petrolera y por ende sus inversiones estaban orientadas al incremento de los volúmenes de producción de petróleo mejorado y

no al mantenimiento del sistema de manejo de sólidos utilizado para el acarreo, transporte y despacho de coque.

El sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta PETROCEDEÑO S.A., está constituido por dos subsistemas (INBOUND y OUTBOUND), que se pueden visualizar en el ANEXO 2. Estos subsistemas comprenden básicamente cintas transportadoras y torres de transferencia, siendo la principal diferencia entre ambos, que el subsistema INBOUND posee el triturador de coque y el subsistema OUTBOUND posee el Shiploader para la disposición final del mismo.

Con la nacionalización de SINCOR que dio origen a la empresa mixta PETROCEDEÑO S.A., se redefinen un conjunto de políticas y estrategias por parte de PDVSA, dando igual importancia a la producción de petróleo mejorado, como a la disposición y manejo del coque.

El deterioro ocasionado por la falta de inversión en proyectos de mantenimiento y restauración de componentes, equipos y subsistemas que conforman el sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta PETROCEDEÑO S.A., ha traído como consecuencia que de una capacidad de diseño de 1800 toneladas métricas por hora, se disponga actualmente de una capacidad operativa de 300 toneladas métricas por hora, lo cual equivale a un 16,66% de utilización de la capacidad instalada, ocasionando pérdidas de oportunidades de despacho de coque, incremento de los niveles de inventario acumulado y problemas de impacto ambiental.

Por todo lo antes expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Es posible la realización de un plan de mejora del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta PETROCEDEÑO S.A., que permita el incremento de los volúmenes de despacho de coque, la reducción de los niveles de inventario acumulado y la disminución progresiva del impacto ambiental, mediante el aumento de la Rata de Carga del sistema?

2.2 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo especial de grado se origina por una solicitud de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI, C.A., que requiere una propuesta para la mejora del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta PETROCEDENÑO S.A., en el despacho del coque que se genera en el proceso de mejoramiento del crudo extra-pesado proveniente de la División Junín en la Faja Petrolífera del Orinoco.

A nivel metodológico se aplicaran conceptos y técnicas utilizadas en Ingeniería Industrial como son:

- Definiciones básicas de Ingeniería
- Estudios de manejo de materiales
- Técnicas de simulación de procesos
- Investigación de operaciones
- Estimación de costos de Proyectos

2.3 OBJETIVO GENERAL

Proponer una mejora del sistema de manejo de sólidos de una empresa mejoradora de crudo extrapesado, ubicada en el complejo industrial José Antonio Anzoátegui

2.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar los procesos actuales del sistema de manejo de sólidos.
2. Identificar las variables que afectan al sistema de manejo de sólidos.
3. Generar un modelo que representen el sistema actual de manejo de sólidos.
4. Verificar el modelo.
5. Validar el modelo.
6. Identificar los factores que afectan al sistema modelado.
7. Diseñar acciones que mitiguen los efectos de los factores identificados.
8. Evaluar técnicamente las mejoras propuestas.

9. Analizar económicamente las acciones propuestas.

2.5 ALCANCE

Generar una propuesta de mejora que garantice la caracterización y análisis actual de los sub-sistemas de In-bound y Out-bound de la empresa, la identificación de las variables o factores que afectan el proceso, la evaluación técnica y económica de los planes de mejora una vez teniendo el diseño de estas mediante el uso del software ARENA®, para luego proceder con la selección que más convenga a la empresa, garantizando la sostenibilidad productiva en la rata de carga del sistema para los despachos de sólido, reduciendo así los inventarios acumulados de coque en los patios internos del complejo industrial José Antonio Anzoátegui conllevando al incremento de la disponibilidad de recursos orientados a proyectos socio-comunitarios e implementar la propuesta alcanzada.

2.6 LIMITACIONES DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO.

- La Implementación de la propuesta es responsabilidad de las empresas GMA Proyectos Siglo XXI, C.A., y PETROCEDEÑO S.A.
- La confiabilidad de los datos es garantizada por la empresa GMA Proyectos Siglo XXI, C.A.
- El acceso a las instalaciones de PETROCEDEÑO S.A., es responsabilidad de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI, C.A.

2.7 METODOLOGÍA

La metodología a ser aplicada para desarrollar y completar este trabajo especial de grado, comprende la realización de un conjunto de actividades que se presentan a continuación:

- Recopilación y análisis de información relacionada con:
 - Empresas involucradas: GMA Proyectos Siglo XXI, C.A., y PETROCEDEÑO S.A.

- Antecedentes relacionados con el proceso de mejora de crudo extra-pesado proveniente de la División Junín en la Faja Petrolífera del Orinoco
- El Coque: definición, propiedades, usos, impacto ambiental, riesgos, valor comercial y principales mercados
- Definición del tipo de investigación y enfoque de la misma
- Diagnóstico de la situación actual que comprende:
 - Descripción de los subsistemas INBOUND y OUTBOUND
 - Identificación de las capacidades de los subsistemas y sus principales componentes
 - Vinculación de las capacidades de los subsistemas con diagramas esquemáticos o flujogramas de procesos
 - Identificación de indicadores claves de gestión (KPI), y variables que afectan el proceso de despacho de coque como son:
 - Rata de carga
 - Disponibilidad de equipos críticos
 - Volúmenes de inventarios de coque
 - Ingresos económicos por concepto de ventas de coque
 - Otros
 - Análisis del comportamiento de los indicadores de gestión o variables críticas para determinar los niveles de productividad actual del sistema
- Elaboración de planes de mejora
- Realización de la evaluación técnica y económica de cada plan de mejora
- Análisis de resultados
- Desarrollo de conclusiones
- Elaboración de recomendaciones para la mejora del sistema de manejo de sólidos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

Según la Fundación Centro Nacional Innovación Tecnológica (CENIT), el marco teórico, tiene el propósito de situar el problema que se está estudiando dentro de un conjunto de conocimientos, que ofrezca una conceptualización adecuada de los términos que se utilizaran en el trabajo, dando a la investigación un sistema coordinado y coherente de conceptos que permitan abordar el problema

Significa poner en claro para los investigadores sus postulados, asumir los estudios de investigaciones anteriores y esforzarse por orientar el trabajo de un modo coherente

3.1 ANTECEDENTES O REFERENCIAS

Se conoce como antecedente o referencia a los estudios previos tomados en cuenta para la elaboración del presente Trabajo de Especial de grado, ya que fue necesario acudir a investigaciones previas, para así alcanzar el logro de conocimientos relacionados con la presente investigación, a continuación se presentan en la **Tabla N° 1** dichos antecedentes y/o referencias

Tabla 1: Referencias Teóricas

Título	Área de Estudio, autores	Institución y Fecha	Aporte
Análisis del consumo de coque en algunos sectores industriales	Departamento de química e Ingeniería Mecánica. Autores: Aldo R. Santos y Rogerio J. Silva	Universidad Santa Cecilia y Universidad Federal de Itajubá, Brasil. (EBSCO) (2008)	• Definición del coque de petróleo • Precio de coque • Producción de coque en el mundo

Mejoras de los procesos productivos en una línea de fabricación de productos sólidos de una empresa farmacéutica ubicada en la zona industrial de Guarenas estado Miranda	Ingeniería Industrial Autores: Contreras c, Karen j. Irazabal g, Egllys y. Tutor: Ing. Alirio Villanueva.	UCAB (2012)	• Verificación y validación de sistemas modelados en software Arena.
Valoración de la factibilidad técnica económica y financiera para el desarrollo de una planta de generación de electricidad utilizando coque de petróleo como combustible, ubicada en Venezuela	Ingeniería Industrial Autores: Alejandra Maingon, Andreína Guerrero. Tutor: Joao de Gouveia.	UCAB (2012)	• Concepto básicos del coque • Descripción del proceso del coque. • El coque en Venezuela • Ventajas y desventajas del coque.
Propuesta de un sistema de costos basado en actividades (ABC) como herramienta de evaluación de gestión en una gerencia de mantenimiento de producción de una industria farmacéutica, ubicada en la región capital	Ingeniería Industrial Autores: Claudia, Lameiro Martínez Tutor: Joao de Gouveia	UCAB (2010)	• Estructura para el trabajo especial de grado en materia de marco teórico y marco metodológico
Coquización	Ingeniería Metalúrgica	Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana (UNEFAB) (2011)	• Antecedentes de la coquización. • Breve descripción de otros procesos de coquización • La definición, tipos y características del coque • La importancia de la coquización en Venezuela

Propuestas de mejora de los procesos administrativos de atención al paciente de una clínica dispensario del área metropolitana de caracas utilizando la metodología de simulación de procesos	Ingeniería Industrial Autores: Altuve d. Maria Vollmer d, Carlos Tutor: Ing. Henry Gasparin.	UCAB (2012)	• Estructura para el trabajo especial de grado en materia de marco teórico y marco metodológico • Verificación y validación de sistemas modelados en software Arena.
---	--	----------------	---

Fuente: Elaboración Propia.

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 MANEJO DE MATERIALES.

3.2.1.1 DEFINICIÓN DE MANEJO DE MATERIALES

Fred E. Meyer, Mathew P. Stephens(2006),definen el Manejo de Materiales como “La función que consiste en llevar el material correcto al lugar indicado en el momento exacto, en la cantidad apropiada, en secuencia y en posición o condición adecuada para minimizar los costos de producción” (pág. 287); el manejo de materiales puede concebirse en cinco dimensiones distintas: movimiento, cantidad, tiempo, espacio y control.

3.2.1.2OBJETIVOS DEL MANEJO DE MATERIALES.

Fred E. Meyer, Mathew P. Stephens (2006) (pág. 290), define el objetivo principal del manejo de materiales como la reducción de los costos unitarios de producción y establece los sub-objetivos siguientes.

1. Mantener o mejorar la calidad del producto, reducir los daños y velar por la protección de los materiales.
2. Alentar la seguridad y mejorar las condiciones de trabajo.
3. Aumentar la productividad por medio de lo siguiente:
 - a) El material debe fluir en línea recta.
 - b) Los materiales deben moverse una distancia tan corta como sea posible.

- c) Usar la gravedad, es energía gratuita.
 - d) Mover más el material de una sola vez.
 - e) Mecanizar el manejo de material.
 - f) Automatizar el movimiento del material.
 - g) Conservar o mejorar las razones de manejo de materiales/producción.
 - h) Incrementar el throughput mediante el empleo de equipo automático para manejar materiales.
4. Estimular el aumento en el uso de instalaciones, con lo siguiente.
- a) Alentar el uso del espacio volumétrico de la construcción.
 - b) Comparar equipo versátil.
 - c) Estandarizar el equipo de manejo de materiales.
 - d) Maximizar la utilización del equipo de producción con el uso de alimentadores de manejo de materiales.
 - e) Conservar y, si es necesario, reemplazar todo el equipo y desarrollar un programa de mantenimiento preventivo.
 - f) Integrar en un sistema todo el equipo de manejo de materiales.
5. Reducir el peso inútil (muerto)
6. Controlar el inventario.

3.2.1.3 PRINCIPIOS DEL MANEJO DE MATERIALES.

Fred E. Meyers, Mathew P. Stephens (2006) (pág. 290), citan los 20 principios del manejo de materiales adaptado por el College Industrial on Material Handling Education patrocinado por Material Handling Institute, Inc y la International Material Management Society.

Estos principios son lineamientos para la aplicación del criterio apropiado. A continuación se explican brevemente estos 20 principios.

1. *Principio de planeación:* Planear todo el manejo de materiales y las actividades de almacenamiento con el fin de obtener la eficiencia máxima en el conjunto de operaciones,

2. *Principio de los sistemas:* Integrar muchas actividades de manipulación es muy práctico en un sistema coordinado de operaciones, atención de los vendedores recepción, almacenamiento, producción, inspección, empaque, bodegas, envíos, transporte y atención al cliente.
3. *Principio del flujo de materiales:* Disponer de una secuencia de operaciones y distribución del equipo que optimice el flujo del material.
4. *Principio de simplificación:* Simplificar el manejo de materiales por medio de la reducción la eliminación o combinación de movimiento y/o el equipo innecesarios.
5. *Principio de gravedad:* Utilizar la gravedad para mover el material hacia donde sea más práctico.
6. *Principio de la utilización del espacio:* Hacer uso óptimo del volumen del inmueble.
7. *Principio del tamaño unitario:* Incrementar la cantidad, el tamaño o el peso de las cargas unitarias o la tasa de flujo.
8. *Principio de mecanización:* Mecanizar las operaciones de manipulación.
9. *Principio de automatización:* Hacer que la automatización incluya las funciones de producción, manejo y almacenamiento.
10. *Principio de selección del equipo:* Al seleccionar el equipo de manejo, considerar todos los aspectos del material que se manipulará: movimiento y método que se usarán.
11. *Principio de estandarización:* Estandarizar los métodos de manejo, así como los tipos y los tamaños del equipo para ello.
12. *Principio de adaptabilidad:* Usar los métodos y el equipo que realicen del mejor modo varias tareas y aplicaciones para las que no justifique el equipo de propósito especial.
13. *Principio del peso muerto:* Reducir la razón de peso muerto del equipo de manipulación a la carga que soportará.
14. *Principio de utilización:* Planear a utilización óptima del equipo y la mano de obra para el manejo de materiales.

15. *Principio de mantenimiento:* Planear el mantenimiento preventivo y programar las reparaciones de todo el equipo de manejo.
16. *Principio de obsolescencia:* Reemplazar los métodos y el equipo obsoletos de manejo en los casos en que otros más eficientes mejoren las operaciones.
17. *Principio de control:* Usar las actividades de manejo para mejorar el control del inventario de producción y la atención de órdenes.
18. *Principio de capacidad:* Emplear el equipo de manejo para alcanzar la capacidad de producción que se desea.
19. *Principio de rendimiento:* Determinar la eficiencia del rendimiento del manejo en términos de gastos por unidad manejada.
20. *Principio de seguridad:* Contar con métodos y equipos apropiados para hacer el manejo con seguridad.

3.2.1.4 JUSTIFICACIÓN DE COSTO

El equipo para manejar materiales es caro, por lo que todas las operaciones deben justificar su costo, la mejor respuesta la brinda el costo unitario conjunto más bajo.

“Si un elemento de equipo muy caro reduce el costo unitario, es una buena compra. Si no lo hace es una mala compra; todos los costos de seguridad, calidad, mano de obra y equipo deben incluirse en los costos unitarios, así como también deben realizarse consideraciones ergonómicas las cuales dictan que deben estudiarse ciertos tipos de sistemas de manejo de materiales, como los dispositivos hidráulicos o neumáticos para levantar cargas, con el fin de evitar efectos a largo plazo de esa actividad o el desorden trauma acumulado (DTA) que se asocia con dicho trabajo, lo que inicialmente no justifique el costo, las consideraciones sobre la seguridad a largo plazo demostrarían que la inversión es prudente.”, según Fred E. Meyers, Matthew P. Stephens (2006), (pág., 288).

3.2.1.5 DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES

James A. Tompkins, 2006, establece que el proceso de diseño de sistema de manejo de materiales implica seis pasos del proceso de diseño de ingeniería, (pág.: 170). En el contexto del manejo de materiales estos pasos son:

1. Definir los objetivos y el ámbito del sistema de manejo de materiales.
2. Analizar los requerimientos para mover, almacenar, proteger y controlar materiales.
3. Generar diseños alternos que cumplan con los requerimientos del sistema de manejo de materiales.
4. Evaluar los diseños alternos del sistema de manejo de materiales
5. Seleccionar el diseño más conveniente para mover, almacenar, proteger controlar materiales.
6. Implementar el diseño elegido, el cual incluye la elección de proveedores, la capacitación del personal, la instalación, depuración, y puesta en marcha del equipo, y revisiones periódicas del funcionamiento del sistema.

Ecuación de un sistema de manejo de materiales

La ecuación de un sistema de manejo de materiales nos brinda una estructura para identificar soluciones a los problemas de manejo de materiales. El *qué* define el tipo de materiales trasladados, el *dónde* y el *cuándo* identifican los requerimientos de lugar y tiempo, el *cómo* y el *quién* señalan los métodos de manejo de materiales. Todas estas preguntas nos conducen al sistema recomendado.

$$\text{MATERIALES} + \text{MOVIMIENTO} + \text{MÉTODOS} = \text{SISTEMA RECOMENDADO (1)}$$

Fórmula 1: Fórmula de Manejo de Materiales

Fuente: Planificación de Instalaciones, 3era edición (2006), Jame A Tompkins.

3.2.1.6 MANEJO DE MATERIALES A GRANEL

Según. Fred E. Meyers, Matthew P. Stephens (2006) (pág.377-378), el material a granel significa gran cantidad de material, por ejemplo: el carbón de una mina que pasa por

una planta de energía y la gran ventaja de las plantas a granel es que toda su lista de materiales está constituida por un elemento o unos cuantos y es posible concentrarse sólo en éste.

El tamaño del equipo para manejar materiales a granel varía desde una bomba para una planta de petróleo hasta un sistema de transporte de varias millas de longitud.

Transportadores de material a granel

- **Transportadores cóncavos sin fin:** Estos transportadores tienen una concavidad y semejan a un recipiente largo. Este es usado para trasladar el producto de la boca de la mina a los elevadores y pila de carbón.
- **Transportadores de tornillos:** este tipo de equipo (también llamado espiral) se analizó en el área de fabricación, pero su uso es mucho más intenso en plantas de procesamiento.
- **Sistema de distribución por vacío:** Éstos son sistemas de tubos por los que se mueven partículas desde los carros tanque hasta las torres de almacenamiento y el equipo. Un sistema de vacío hace que la mano de obra para manejar el material quede libre.

3.2.2 MANTENIMIENTO.

El Ingeniero Sebastián Ribis, define el Mantenimiento como “el cumplimiento de todas aquellas actividades orientadas a la conservación de equipos, instalaciones, edificaciones y servicios, con el fin de asegurar su disponibilidad a la organización para que así se logren sus funciones u objetivos.

3.2.2.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

- Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción. Es decir proporcionar seguridad de que no existirán paradas durante las operaciones de producción. (Cero paradas)

- Mantener el equipo en una condición satisfactoria para lograr seguridad en las operaciones. (Cero accidentes)
- Mantener el equipo a su máximo de eficiencia de operación. (Cero defectos)
- Utilizar al máximo los recursos disponibles (Cero desperdicios)
- Preservar el valor de las instalaciones, minimizando su uso y deterioro.
- Reducir al mínimo el tiempo ocioso que resulta de las paradas.
- Mantener un alto nivel de Ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado.
- Conseguir todas estas metas de la forma más económica posible.

3.2.2.2 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

- Equipos existentes en la Planta.
- Selección y adiestramiento de personal calificado.
- Planificación y programación de las actividades.
- Inspección y lubricación de equipos
- Modificaciones al equipo y edificaciones existentes
- Instalación, redistribución y retiro de maquinaria y equipo, con miras a facilitar la producción.
- Revisión de las especificaciones estipuladas para la compra de nueva maquinaria.
- Nuevas construcciones.

3.2.2.3 PRINCIPIOS DEL MANTENIMIENTO

Se refiere a las técnicas administrativas en el mantenimiento, entre las que podemos destacar:

- Planificación orgánica
- Procedimientos escritos
- Medición y desempeño
- Planeación y programación.
- Programas de adiestramiento.
- Técnicas de motivación.

- Control de costos.

3.2.2.4 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Su importancia se debe a la necesidad de tener una organización apropiada de mantenimiento, que posea controles adecuados, para poder planear y programar con acierto.

Se busca reducir al mínimo las suspensiones de trabajo, al mismo tiempo que hacer eficaz el empleo de dichos elementos y de los recursos humanos, a efectos de conseguir los mejores resultados con el menor costo posible.

3.2.2.5 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Puede ser definido como la conservación planeada de fábrica o por personas de experiencia en los sistemas, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Se puede a su vez clasificar en dos tipos:

- Sistemático
- Predictivo

1. Preventivo Sistemático (Rutinario):

Es aquel que tiene una frecuencia determinada y que se debe ejecutar mediante órdenes continuas indicadas por el encargado de mantenimiento con suficiente antelación para el manejo de la organización de trabajo. Su implementación decidirá el inventario de partes y piezas, las herramientas que deberán usarse para cada actividad así como la cantidad y calidad de la mano de obra requerida. Cubre todas las inspecciones, chequeos, lubricación general, limpieza de partes y piezas, etc.

2. Preventivo Predictivo:

Se define como la conservación mediante registros exactos de la localización y utilización de una variedad de equipos para sustituir partes o piezas que se prevean que puedan fallar, antes de que ocurra un evento que paralice la función del equipo o servicio.

Requiere de una serie de toma de datos particulares del sistema, así como tener a mano las recomendaciones del fabricante o de personas de experiencia en sistemas similares al que se trabaja, para determinar con un tiempo no menor de seis (6) meses su implementación.

3.2.3 COQUE DE PETRÓLEO.

El coque de petróleo es producido a través de la descomposición térmica del petróleo pesado, es decir, es un subproducto del petróleo. Debido a que este se origina de las fracciones más pesadas del petróleo, concentra las impurezas más densas como metales y componentes sulfurosos donde su concentración dependerá de la calidad del petróleo producido. Este subproducto se puede tener en el mercado internacional con contenidos de azufre que varían entre un 4 y 7,5 % de masa.

El coque en Venezuela se produce a partir de dos procesos, que presentan configuración operacional y de procesos diferentes, estos son destilación atmosférica la cual consiste en una torre de destilación que permite separar la mezcla del hidrocarburo, fundamentándose en el principio físico que se basa en el proceso de la diferencia de volatilidad de los componentes; y el proceso de coquización retardada que es uno de los procesos de conversión profunda del crudo de petróleo, este se puede definir como un proceso de craqueo térmico empleado para transformar residuos pesados del petróleo en productos con un alto valor comercial.

Previamente al proceso de coquización retardada, debe ocurrir la separación del crudo de petróleo, para ello el crudo es fraccionado en torres de destilación atmosférica y de vacío. El fraccionamiento funciona por la graduación de temperaturas que se produce desde el fondo al extremo superior de la torre de destilación, haciendo que los componentes con punto de ebullición más alto se condensen primero, en tanto que las fracciones con punto de ebullición más bajo alcanzan una mayor altura en la torre antes de condensarse.

Las fracciones pesadas originadas en la destilación atmosférica, denominadas crudos reducidos o residuos, se conducen a una torre de destilación de vacío para su posterior fraccionamiento. A su vez el residuo de esta segunda etapa de destilación, rico en hidrocarburos, es enviado a un horno de coquización y posteriormente a un coquificador para su mejor aprovechamiento.

El material pesado pasa al horno de coquización donde se calienta hasta altas temperaturas a bajas presiones para evitar la coquización prematura en los tubos del calentador, donde ocurre el craqueo que es un proceso de conversión que modifica la estructura molecular del petróleo descomponiéndolo (rompiéndolo), y creando moléculas de hidrocarburos que no pueden encontrarse en el petróleo crudo, creando en esta etapa una mezcla de líquido-vapor.

Finalmente la mezcla de líquido-vapor se bombea desde el calentador a uno o más tambores de coque, donde el material caliente permanece aproximadamente 24 horas (retardo) a bajas presiones hasta que se descompone en productos más ligeros, donde el hidrógeno de la molécula de hidrocarburo se reduce de forma tan completa, que el residuo es una forma de carbono casi puro, denominado coque. Cuando el coque alcanza un nivel predeterminado en un tambor, el flujo se desvía a otro tambor para mantener la continuidad de la operación. El vapor procedente de los tambores se devuelve al fraccionador para separar el gas, la nafta y los gasóleos, y reciclar los hidrocarburos más pesados.

El coque en los últimos años ha tenido un auge económico, por lo que ha estado sustituyendo al carbón, su principal razón es que el precio del coque es menor que el precio del carbón por BTU (energía).

Tabla 2: Desventajas y ventajas del coque

Desventajas	Ventajas
Presenta altos contenidos de azufre, metales y también dificultades con el SO _x (Dióxido de Azufre)	Bajo Costo
Por su Contenido de Vanadio resulta irritante	Alto poder calorífico, el cual es mucho mayor que el del carbón
Producción de coque mayor a la demanda interna	fácil disponibilidad debido a su ubicación
Sus cenizas contienen un alto contenido de metales, los cuales deben ser mínima	las cenizas pueden ser usadas en la industria cementera

Fuente: TEG “Valoración de la factibilidad técnica económica y financiera para el desarrollo de una planta de generación de electricidad utilizando coque de petróleo como combustible, ubicada en Venezuela”.

3.2.2 1 PRODUCCIÓN DE COQUE EN VENEZUELA

Un estudio, realizado por Inelectra (Ingenieros Eléctricos Asociados) en el año 2004, revela que la producción mundial de coque ha crecido un promedio de 4% interanual en los últimos 10 años y estiman que esa tendencia se mantendrá. Para la fecha Venezuela tenía una producción de 12.000 Toneladas diarias que representaba aproximadamente el 6% del coque producido a nivel mundial y se estimaba que esta producción aumentaría en el corto plazo.

En Venezuela el coque de petróleo se produce en el Complejo Refinador de Paraguaná (Cardón y Amuay) y en los Complejos Mejoradores de crudos de Petrozuata, Cerro Negro, Sincor, y Hamaca (Jose Edo. Anzoátegui). Se estimó que para el año 2005 en Jose se pudiera llegar producir hasta 15.000 toneladas de coque diarias.

3.2.4 SIMULACIÓN

Según Díaz & Negretti, 2005, la simulación es una representación de los aspectos más importantes de un sistema u objeto. Debe de estar formulado en base a parámetros y condiciones que restringen, mediante relaciones matemáticas, lógicas y/o simbólicas, el comportamiento de dichos aspectos.

Los componentes necesarios para la simulación de un sistema son:

- **Modelo:** Representación de un sistema para su estudio
- **Entidad:** El objeto de interés en el sistema.
- **Atributo:** Propiedades que posee la entidad.
- **Actividad:** Es un periodo de tiempo de duración conocida.
- **Estado:** Conjunto de variables que muestran las condiciones iniciales del sistema que son necesarias para describirlo en cualquier instante de tiempo.
- **Evento:** es una ocurrencia instantánea que cambia el estado del sistema.

- Variables Endógenas: Son producidas por causas internas del sistema y cambia el estado del sistema.
- Variables Exógenas: Son las actividades y eventos que resultan de causas externas que afectan al sistema. (p. 21)

3.2.4.1 PASOS EN UN ESTUDIO DE SIMULACIÓN

Según Díaz & Negretti, 2005) para desarrollar un modelo de simulación se deben seguir los siguientes pasos:

Planteamiento del problema: las operaciones que conforman el sistema deben de estar completamente claras.

- Establecer los objetivos de estudio: Se deben definir las alternativas a considerar, métodos de evaluación, costos del estudio, tiempo para realizarlos y finalmente, los resultados esperados.
- Conceptualización del modelo: En este paso se deben extraer los aspectos esenciales del sistema real, seleccionar y modificar las condiciones que lo caracterizan tratando de obtener un modelo que se aproxime lo máximo posible a los aspectos más importantes de la realidad.
- Obtención de datos: Son determinados por el modelo y los objetivos antes planteados.
- Traducción del modelo: El analista debe especificar cual software utilizará para la realización del modelo.
- Verificación del modelo: Es la confirmación de que el modelo está funcionando correctamente.
- Validación del modelo: Se debe corroborar que el modelo es la representación del sistema real, realizándose mediante un proceso iterativo que compara los resultados del modelo con el desempeño del sistema en estudio. Las diferencias entre ambos se utilizan para mejorar el modelo.

- Diseño experimental: Se deben definir los escenarios que se van a simular así como sus características. (longitud del periodo de iniciación, de la corrida de simulación y el número de replicaciones).
- Elaboración del informe: Se puede presentar en forma de:
- Programa: Modelo y código de programación
- Progreso: Sucesión de las fases de simulación y de las de decisiones tomadas.
- Los resultados de todos los análisis se deben presentar en un informe final, con el fin de que se documente la formulación del modelo, los criterios de comparación de alternativas, los resultados de los experimentos y la solución recomendada del problema (p 22).

3.2.4.2 UTILIZACIÓN DE LOS MODELOS DE SIMULACIÓN

A continuación se presentan los casos más comunes, en los cuales la simulación se debe considerar como herramienta a utilizar según Díaz & Negretti, 2005:

- Al no tener un modelo matemático definido.
- Cuando se debe realizar una formulación exacta del sistema.
- Es necesario de un modelo para verificar formulas analíticas de un sistema real.
- La simulación no representa una herramienta muy costosa.
- Se requiere acelerar o retrasar el tiempo de los procesos dentro de un sistema.
- Se desea experimentar y estudiar la variabilidad del sistema real. (p 22).

3.2.4.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE REPLICACIONES O CORRIDAS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Existen varios métodos para determinar el número de replicaciones basados en el error de estimación del promedio de una variable de interés dentro del modelo de simulación

La fórmula para calcular el número de replicaciones es:

$$n = \frac{\sigma^2 \times N \times K^2}{N \times e^2 + \sigma^2 \times K^2}$$

Fórmula 2: Cálculo de Replicaciones

Fuente: Material suplementario de las clases Métodos estadísticos, dado por el Profesor.

Adelmo Fernández.

Ya que se tiene una población que se asume que tiende a infinito se utilizara la siguiente ecuación.

$$n \approx \frac{k \times S^2}{e}$$

Fórmula 3: Cálculo de replicaciones simplificada.

Fuente: Material suplementario de las clases Métodos estadísticos, dado por el Profesor.

Adelmo Fernández.

Siendo:

n: el número de replicaciones requeridas para alcanzar un nivel deseado de precisión.

K: Z_p = probabilidad de que una variable aleatoria sea menor o igual a un valor determinado p.

S: un estimador de la varianza basado en n replicaciones del modelo

e: la cantidad de error deseado entre la media estimada y la verdadera media

3.3 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.

Para el análisis de Datos en el presente Trabajo Especial de Grado se han utilizado distintas herramientas, como por ejemplo Diagramas de Flujo, Diagramas de Pareto, Diagramas causa-efecto, Hojas de Cálculo (Microsoft Excel, y el uso del software de simulación ARENA®. Para definir las herramientas utilizadas para el análisis de datos se ha elaborado el ANEXO 3 con toda la información fundamental sobre cada una de ellas.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En éste capítulo se presenta la metodología aplicada en este trabajo especial de grado. Se detalla el tipo de investigación, el enfoque, el diseño y lo relacionado con la recolección y análisis de datos, igualmente se presenta la estructura desagregada del trabajo.

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La Universidad Católica Andrés Bello en su Instructivo “Trabajo Especial de Grado en la Escuela de Ingeniería Industrial” (UCAB, 2003) en su sección de Modalidades del TEG explica que: “El proyecto factible consiste en la elaboración de una propuesta de un modelo operativo viable, o una solución posible a un problema de tipo práctico, para satisfacer necesidades de una institución o grupo social. La propuesta debe tener apoyo, bien sea en una investigación de campo o en una investigación de tipo documental, y puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”. Por lo tanto se establece que éste trabajo especial de grado es una investigación mixta, ya que se enmarca en los siguientes tipos de investigación:

- Tipo Proyecto Factible, puesto que se elaborará una propuesta de mejora del sistema de manejo de sólidos para dar solución al problema de acumulación de coque en los patios de la empresa debido al deterioro ocasionado por la falta de inversión en proyectos de restauración de equipos, conllevando a una baja utilización de la rata de carga del sistema, lo cual ha desencadenado pérdidas de oportunidades de despacho de coque, incremento de los niveles de inventario acumulado y problemas de impacto ambiental.
- Tipo investigación de campo, ya que se hace uso del análisis sistemático de problemas con el propósito de describirlos, explicar sus causas y efectos.
- Tipo Investigación documental ya que servirá de apoyo toda la información documental y bibliográfica para profundizar el estudio de los problemas.

4.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación de este Trabajo Especial de Grado es mixto, puesto que combina el enfoque cualitativo al utilizar datos proporcionados por el personal de la empresa, datos recolectados y datos calculados y el enfoque cuantitativo, con la utilización de datos obtenidos de narraciones, entrevistas no estructuradas y observaciones directas.

4.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Hernández, Fernández y Baptista (1998) definen el diseño de la investigación como el “plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación, y puede ser:

- ✓ Diseño de investigación experimental

Se manipulan variables experimentales no comprobadas, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

- ✓ Diseño de investigación no experimental

Se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.” (Hernández, p.184)

De acuerdo a lo indicado anteriormente, se establece que el diseño de investigación aplicado para este trabajo especial de grado es de tipo experimental, puesto que las variables objeto del estudio, serán evaluadas sólo una vez en un laboratorio virtual, al caracterizar la situación inicial mediante un modelo de simulación que permita el diseño del experimento y la evaluación de los resultados.

4.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las Técnicas seleccionadas de recolección de datos son diversas, y muchas de ellas no formales. En términos generales, se utilizó la observación directa, la entrevista, la solicitud de información en distintas presentaciones.

4.4.1 OBSERVACIÓN DIRECTA

Básicamente consiste en hacer acto de presencia mientras se llevan a cabo las labores de interés para el estudio, sin intervenir en la actividad ni cambiar las condiciones de ejecución de la misma.

Se aplicó esta técnica con la finalidad de recolectar datos en un entorno real de ejecución de la actividad, permitiendo obtener datos reales sobre los procesos y así poder desarrollar la metodología de ejecución de los servicios y actividades de la gerencia.

4.4.2 ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA

La entrevista se define como una conversación sostenida por una persona, que toma el rol de entrevistador, y otra que toma el rol de entrevistado, en la que se pretende obtener información para el entendimiento de temas, procedimientos, situaciones particulares, contextos, etc. En este caso se refiere a entrevista no estructurada ya que no se dispone de un cuestionario o preguntas establecidas.

Esta técnica se empleará con el personal administrativo de la Gerencia, entiéndase, el gerente, asistente, asistente administrativo, ingeniero de producción y con ciertos integrantes perteneciente al área de mantenimiento y procesos.

El objetivo de la aplicación de esta técnica es obtener la información necesaria acerca de datos históricos relacionados con los servicios que se ofrecen y su metodología de ejecución ya que no están documentados.

4.5 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

En el presente TEG se estará manejando datos cualitativos y datos cuantitativos. En el caso de los datos cualitativos, serán de gran importancia ya que darán paso a la comprensión de la problemática presentada por la empresa. Los datos cualitativos serán tratados en forma de diagramas causa-efecto (Ishikawa) con el fin de estructurar la información.

Por otra parte, en el caso de los datos cuantitativos, serán analizados utilizando hojas de cálculo que permitan construir la herramienta de evaluación de desempeño y armar una prueba piloto con la situación actual de la empresa mediante la realización de un modelo en el Software ARENA®. Además de la aplicación de Diagramas de Pareto y Diagramas de barras que permiten observar y analizar el comportamiento de los Datos, una vez realizado el modelo.

4.6 ESTRUCTURA DESAGREGADA DEL TRABAJO ESPECIAL DE GRADO (EDT).

A Continuación se presenta la estructura desagregada de trabajo.

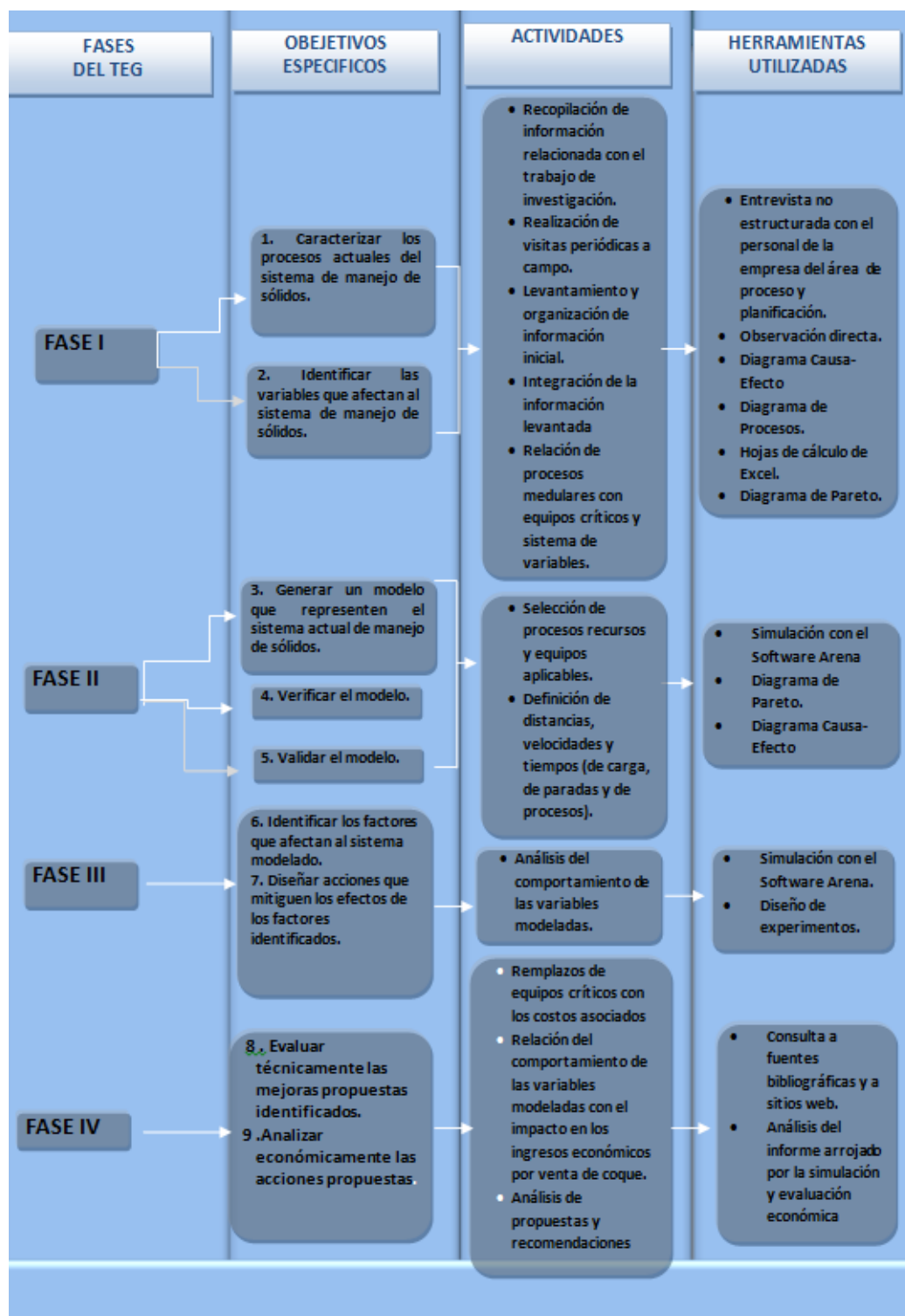


Figura 1: Estructura desagregada del trabajo especial de grado

Elaboración: **Propia**

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se presenta una descripción de la empresa mixta Petrocedeño S. A., los procesos que se realizan en el sistema de manejo de sólidos, los indicadores a evaluar y el análisis correspondiente a cada uno, las paradas presentadas en el proceso productivo, el comportamiento de las paradas por equipos y sus causas. La finalidad de este capítulo es alimentar de datos el modelo de simulación que caracteriza la situación actual e identificar oportunidades de mejora en el proceso de despacho del coque.

5.1 EMPRESA MIXTA PETROCEDEÑO.

GMA Proyectos Siglo XXI C.A., requiere realizar una propuesta de mejora del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeño, S. A., la cual es una empresa mixta con el siguiente capital accionario: 60% de Petróleos de Venezuela S.A., 30.3% de empresa francesa total y el 9.67% de la empresa noruega Statoil. Fue creada en el año 2008 como consecuencia de la nacionalización de la empresa SINCOR que se fundó a mediados de la década de los 90 durante el proceso de apertura petrolera.

Petrocedeño, S. A. tiene como fin la exploración, extracción, producción comercialización del crudo extra pesado proveniente de la División Junín en la Faja Petrolífera del Orinoco, la cual representa la mayor reserva de petróleo extra pesado en el mundo, para mejorarlo y transformarlo en un crudo liviano y dulce con un contenido bajo de azufre y cero residuo.

La empresa produce 200.000 barriles diarios de crudo extrapesado de 8° API, y los mejora a 180.000 barriles diarios de ZuataSweet, un crudo liviano de 32° API, producto Premium mejorado. Durante este proceso de mejoramiento del crudo, se obtienen a diario 900 toneladas de azufre y 9 mil toneladas de coque, el cual ha incrementado progresivamente su valor comercial, debido a que cada vez es mayor su demanda como fuente energética en los mercados internacionales.

5.2 LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO.

El coque producido en Petrocedeno S. A. es colocado inicialmente en los patios de almacenamiento que la empresa tiene destinados para este fin, desde donde se transporta a través del sistema de manejo de sólidos, hasta el embarque en los buques para su posterior despacho. En el ANEXO 5 se encuentra una vista del complejo.

5.3 SISTEMA DE MANEJO DE SÓLIDOS.

El coque producido en Petrocedeno S. A. es colocado inicialmente en los patios de almacenamiento que la empresa tiene destinados para este fin, desde donde se transporta a través del sistema de manejo de sólidos, hasta el embarque en los buques para su posterior despacho.

El sistema de manejo de sólidos del mejorador de Petrocedeno esta compuestos por dos (02) sub sistemas, claramente definidos el In-bound y el Out-bound, en los cuales se llevan a cabo las dos fases que comprende el transporte del coque. En el ANEXO 2 se puede visualizar el sistema de manejo de sólidos, así como los sub sistemas correspondientes y los equipos que conforman cada sub sistema.

5.3.1. SISTEMA INBOUND.

La primera fase del transporte del coque es el sub sistema In-bound, y está conformado por el sistema de grúas, el triturador de coque o Feeders Breaker, una serie de cintas o correas transportadoras y sus respectivas torres de transferencias, para llevar el coque de petróleo desde el Mejorador hasta el sub sistema Out-bound.

Actualmente el sub sistema In-bound de Petrocedoño está compuesto por:

Tabla 3: Componentes del Sub-sistema In-Bound y Out-Bound

Componentes	In-bound
Patio de almacenamiento	
Sistema de Grúas	2 Grúas
Triturador	Trituradora de coque
Cintas	Cinta CR-101
	Cinta CR-102
	Cinta CR-103
	Cinta CR-40-01
	Cinta CR-40-02
	Cinta CR-40-03
	Cinta CR-40-04
Torres de Transferencia	TT-101
	TT-102
	TT-103
	TT-40-00
	TT-40-01
	TT-40-02A
	TT-40-02B
	TT-40-02C

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

En el ANEXO 6 se puede apreciar todos los componentes del sistema In-bound junto con las estaciones de rodillos pertinentes.

5.3.2. SISTEMA OUTBOUND.

La segunda fase del transporte del coque es el sub sistema Out-bound, y está conformado por los alimentadores o feeders, una serie de cintas o correas transportadoras y los Shiploaders para llevar el coque de petróleo desde el sub sistema In-bound hasta la carga de buques.

Actualmente el sub sistema Out-bound de Petrocedeño está compuesto por:

Tabla 4: Componentes del sistema In-bound y Out-bound

Componentes	Out-bound
Feeders	Alimentadores del 1-26
Cintas	Cinta CR-40-05
	Cinta CR-40-06
	Cinta CR-40-07
	Cinta CR-70-08
	Cinta CR-70-09
	Cinta CR-70-10
	Cinta CR-70-11
	Cinta CR-70-12
	Cinta CR-70-13
Torres de Transferencia	TT-40-03
	TT-40-04
	TT-40-05
	TT-70-06
	TT-70-07
Shiploaders	SL-01
	SL-02

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos siglo XXI C.A.

En el ANEXO 7 se puede apreciar todos los componentes del sistema Out-bound junto con las estaciones de rodillos pertinentes.

5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CARGA DE BUQUES

El transporte del coque a través del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeno S. A., está comprendido básicamente por procesos de acarreo entre los diferentes componentes que conforman los subsistemas In-bound y Out-bound, estos procesos comienzan en los patios de almacenamiento de coque que se encuentran a la salida del mejorador de crudo extrapesado de la empresa.

La primera fase del transporte se inicia con el sistema de grúas, llevando el coque de los patios de almacenamiento a la cinta transportadora 101 (CR-101) para su acarreo hasta la torre de transferencia 102 (TT-102), que alimenta el triturador, cuya finalidad es facilitar el transporte del coque en lo sucesivo. A la salida del triturador, el coque es transportado a través de la cinta 102 (CR-102) a la torre de transferencia 103 (TT-103), siendo la función de estas torres de transferencias, el traslado del coque entre cintas transportadoras que se encuentran a diferentes alturas, en adelante el coque pasa por un conjunto conformado por seis cintas transportadoras (CR-103, CR-4000, CR4001, CR-4002, CR-4003, CR-4004)y cinco torres de transferencias (TT-4000, TT-4001, TT-4002-A, TT-4002-B, TT-4002-C), hasta ser apilado sobre las compuertas llamadas feeders, que alimentan el sub sistema Out-bound.

La segunda fase del transporte del coque se inicia al atracar el buque nominado para carga y al realizarse la apertura de las compuertas alimentadoras, que dejan caer por gravedad el coque apilado a la cinta transportadora 4005 (CR-4005),a través de la cual el coque es acarreado a la torre de transferencia 4003 (TT-4003).En adelante el coque pasa por un conjunto conformado por dos cintas transportadoras (CR-4006, CR-4007) y dos torres de transferencia(TT-4004, TT-4005). A partir de este punto las instalaciones del sub sistema Out-bound se encuentran por encima de la superficie del mar, iniciándose este recorrido al caer el coque en la cinta transportadora 7008 (CR-7008), desde donde es transportado hasta la torre de transferencia 7006 (TT-7006) y posteriormente a la cinta transportadora 7009 (CR-7009) para luego llevarlo a la torre de transferencia 7007 (TT-

7007), desde donde se deja caer a la DivertiValve 7005, cuya función es retener por un momento el coque mientras se decide por cual Shiploader se iniciara la carga del buque respectivo.

Una vez tomada la decisión del Shiploader por el cual se inicia la carga, se abre la compuerta de salida de la válvula correspondiente al Shiploader seleccionado y el coque es transportado a través de las cintas transportadoras pertenecientes a cada opción de salida.

El buque a cargar generalmente tiene una capacidad de 45000 toneladas, distribuidas en cinco galerías de 9000 toneladas cada una, consistiendo el proceso de carga en llenar de manera alterna y opuestas las galerías para evitar el hundimiento del buque, esto significa que mientras se llena una galería utilizando el Shiploader 1 (SL1), el Shiploader 2 (SL2) se prepara para el llenado de la galería opuesta, esto sucede de manera continua hasta completar la capacidad de carga del buque.

En la figura 1 se visualiza el diagrama del proceso correspondiente a lo antes descrito.

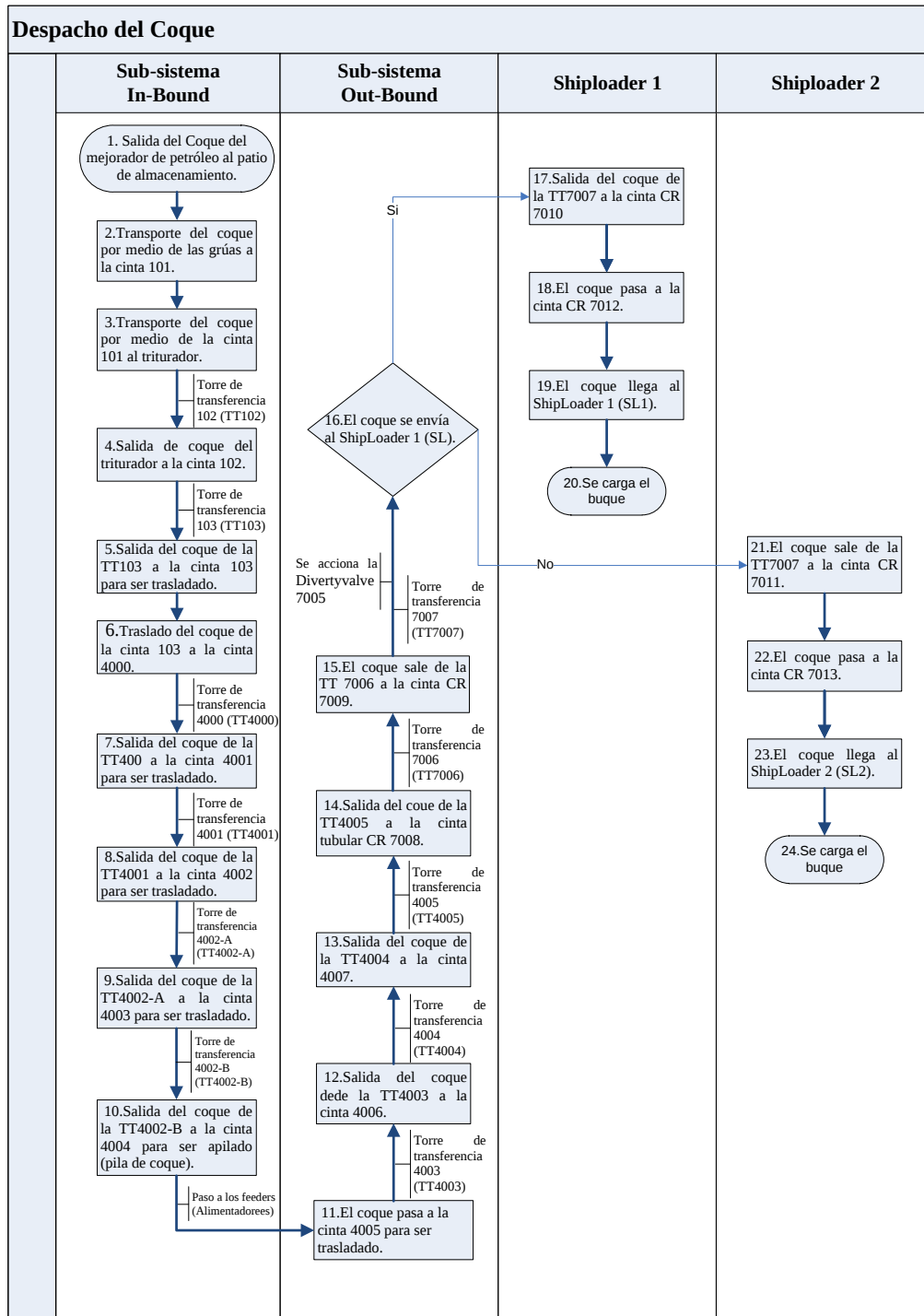


Figura 2: Diagrama de Procesos.

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

5.4. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN.

Para evaluar la operación del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeno S.A., se seleccionaron seis indicadores de gestión que resumen el comportamiento de los componentes de cada sub sistema y su impacto en los resultados de la gestión de la empresa. A continuación se presenta la definición, forma de cálculo y la unidad de medición para expresar los valores obtenidos para cada indicador de gestión.

Tabla 5: Indicadores, descripción de Indicadores y Fórmulas.

Indicador	Descripción.	Fórmula.
Ingresos por venta de coque	Totaliza los montos en dólares que ingresan en un periodo determinado por concepto de venta de coque y se expresa en dólares	$\text{Ingreso por venta de coque} = \text{Volumen despachado de coque (Tn)} \times \text{Precio del coque en el mercado internacional} \left(\frac{\$}{\text{Tn}} \right)$
Volumen de despacho	Resume las cantidades de coque que se despachan en un periodo determinado y se expresa en toneladas	Datos provenientes de la empresa
Índice de Rata de Carga	Relación entre la Rata de Carga Absoluta y la Rata de Carga Efectiva, expresándose adimensionalmente como fracción de 1. Implicando que cuando la Rata de Carga Absoluta es igual a la Rata de Carga Efectiva, el índice es 1. a) Rata de carga absoluta: Relaciona los volúmenes de coque que se despachan con las horas totales dedicadas a tal fin y se expresa en toneladas de coque despachadas sobre hora. b) Rata de carga efectiva: Relaciona los volúmenes de coque que se despachan con las horas efectivas dedicadas a tal fin sin interrupciones y se expresa en toneladas de coque despachadas sobre hora	$\text{Índice de Rata de Carga} = \frac{\text{Rata de carga absoluta}}{\text{Rata de carga efectiva}}$ $\text{Rata de carga absoluta} = \frac{\text{Volumen despachado (Tn)}}{\text{Tiempo de Carga (hr)}}$ $\text{Rata de carga efectiva} = \frac{\text{Volumen despachado (Tn)}}{\text{Tiempo de Carga} - \text{Tiempo de parada (hr)}}$

Tiempo de fallas y de paradas en el proceso de carga	Totaliza la cantidad de horas de paradas del proceso de carga de buques en un periodo determinado y se expresa en horas	Datos provenientes de la empresa
Tiempo de fallas y de paradas en el proceso de carga por equipo	Totaliza la cantidad de horas de paradas del proceso de carga de buques por fallas de equipos en un periodo determinado y se expresa en horas sobre equipo.	Datos provenientes de la empresa

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Se tomó como referencia un periodo de trece meses consecutivos, comprendido entre febrero de 2012 y febrero de 2013, de los cuales en el trimestre Noviembre 2012-Enero 2013 no se realizaron despachos de coque debido a paradas mayores e interrupciones operacionales, por ello el análisis se basa en los 10 meses de operación representativa y estableciendo que por su naturaleza, Petrocedeño S.A. opera en forma continua (24 horas día, 365 días año).

La evaluación de la situación actual del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeño S.A. se presenta con la siguiente información: Nombre del indicador de gestión, tabla de datos correspondientes a los valores obtenidos durante el periodo evaluado, diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado y el análisis del comportamiento del indicador de gestión durante el periodo evaluado.

5.5 ANALISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN

5.5.1. BUQUES NOMINADOS EN EL PERIODO

En el anexo 4 se encuentran todas las tablas que muestran el comportamiento de estos indicadores durante el periodo antes mencionado.

5.5.2 INGRESOS POR VENTA DE COQUE:

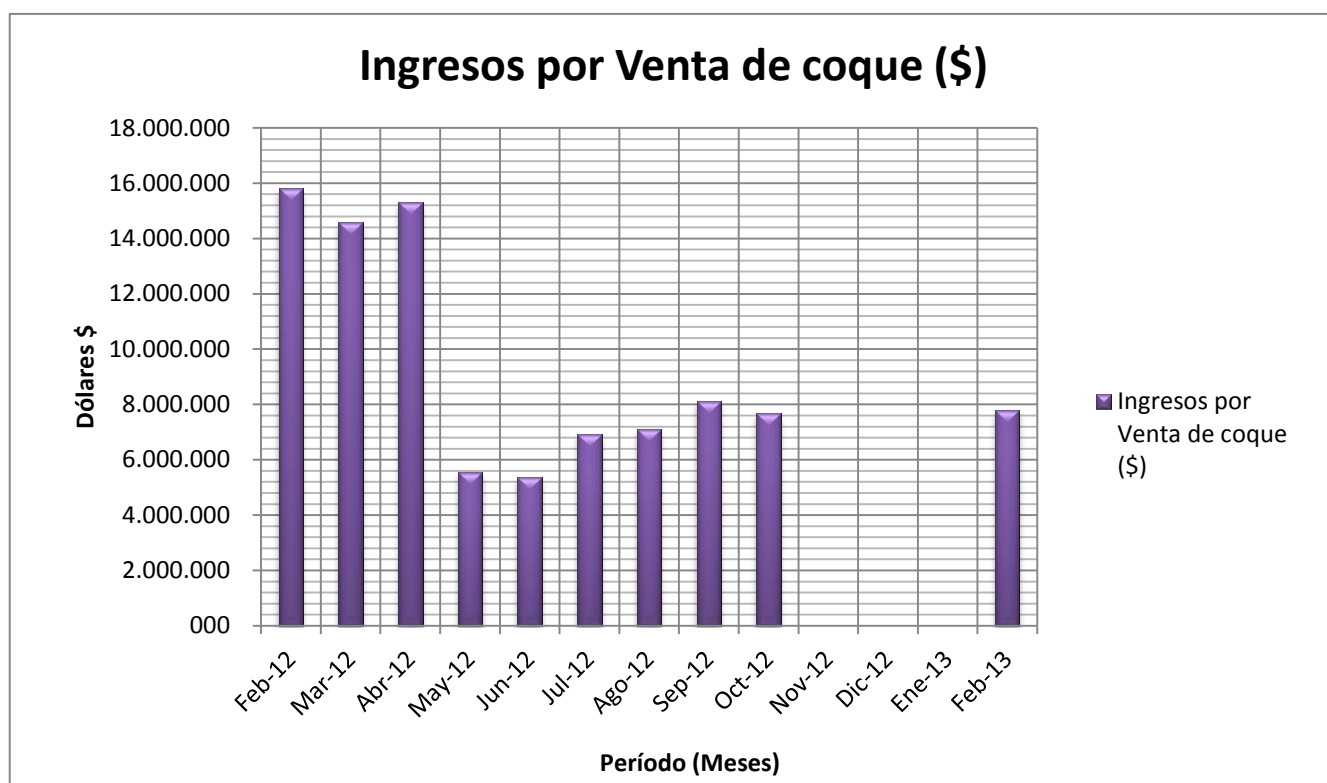


Gráfico 1: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado

Elaboración: Propia

ANÁLISIS DEL INDICADOR INGRESOS POR VENTA DE COQUE

- El ingreso total por ventas de coque en el periodo fue de 94.187.363,50 dólares.
- El ingreso por ventas de coque promedio fue de 9.417.836,35 dólares, teniendo los meses de Septiembre (8.101.225,80 \$), Octubre (7.667.193,26 \$) y Febrero de 2013 (7.783.000,00 \$) una gestión promedio.
- En el mes de Febrero de 2012 se alcanzó el mayor ingreso por ventas de coque del periodo con 18.810.068,00 dólares, teniendo los meses de Marzo (14.585.127,86 \$) y Abril (15.303.270,00 \$) una gestión similar.
- El mes de Junio presentó el menor ingreso por ventas de coque del periodo con 5.375.043,00 dólares, teniendo los meses de Mayo (5.529.800,00 \$), Julio (6.920.035,58 \$) y Agosto (7.103.600,00 \$) una gestión similar.

5.5.3 VOLUMEN DE DESPACHO

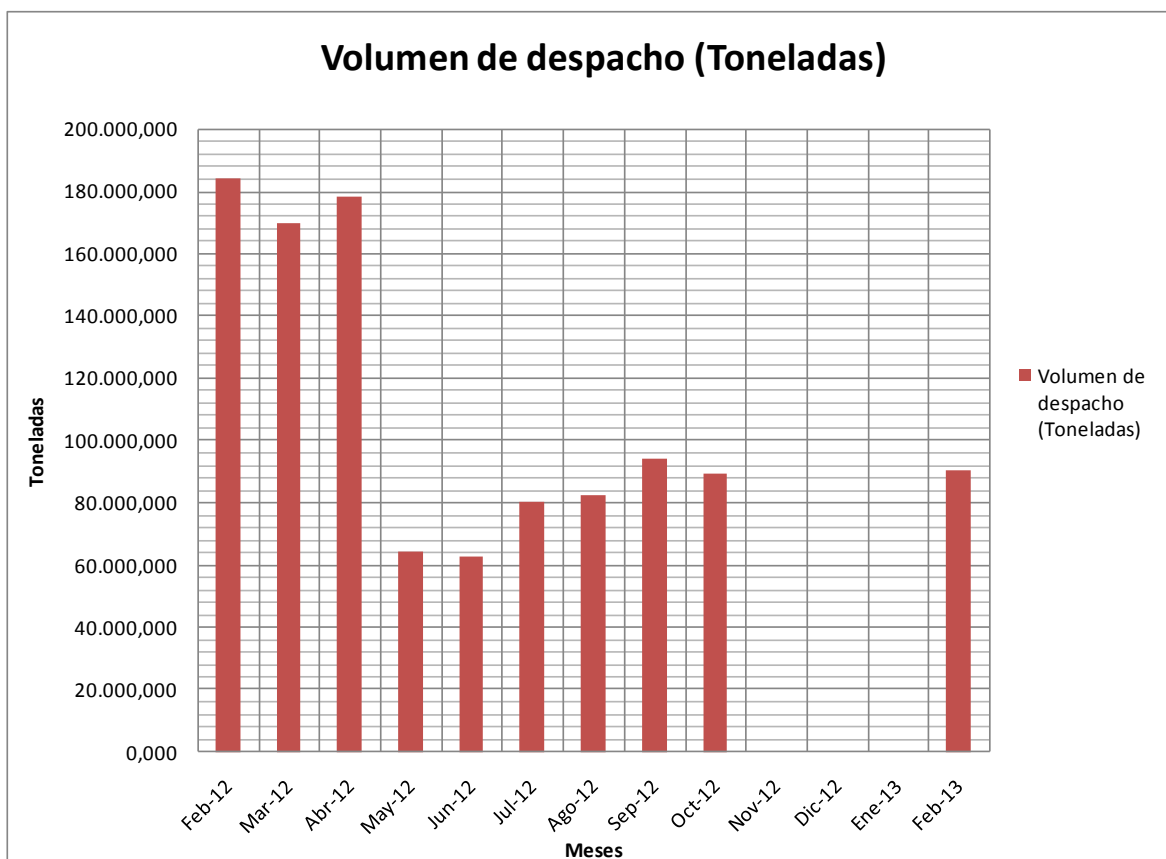


Gráfico 2: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.

Elaboración: Propia

ANÁLISIS DEL INDICADOR VOLUMEN DE DESPACHO

- El volumen promedio de despacho fue de 109.509,725 toneladas, lo cual representa un 11,27% respecto al volumen esperado de despacho de coque, teniendo los meses de Septiembre (9,69%), Octubre (9,17%) y Febrero de 2013 (9,31%) una gestión promedio.
- En el mes de Febrero de 2012 se alcanzó el mayor volumen de despacho del periodo con 183.838,00 toneladas, lo cual representa un 18,91% respecto al volumen esperado de despacho de coque, teniendo los meses de Marzo (17,45%) y Abril (18,31%) una gestión similar.
- El mes de Junio presentó el menor volumen de despacho del periodo con 62.500,00 toneladas, lo cual representa un 6,43% respecto al volumen esperado de despacho de coque, teniendo los meses de Mayo (6,62%), Julio (8,28%) y Agosto (8,50%) una gestión similar.

5.5.4. ÍNDICE DE RATA DE CARGA:

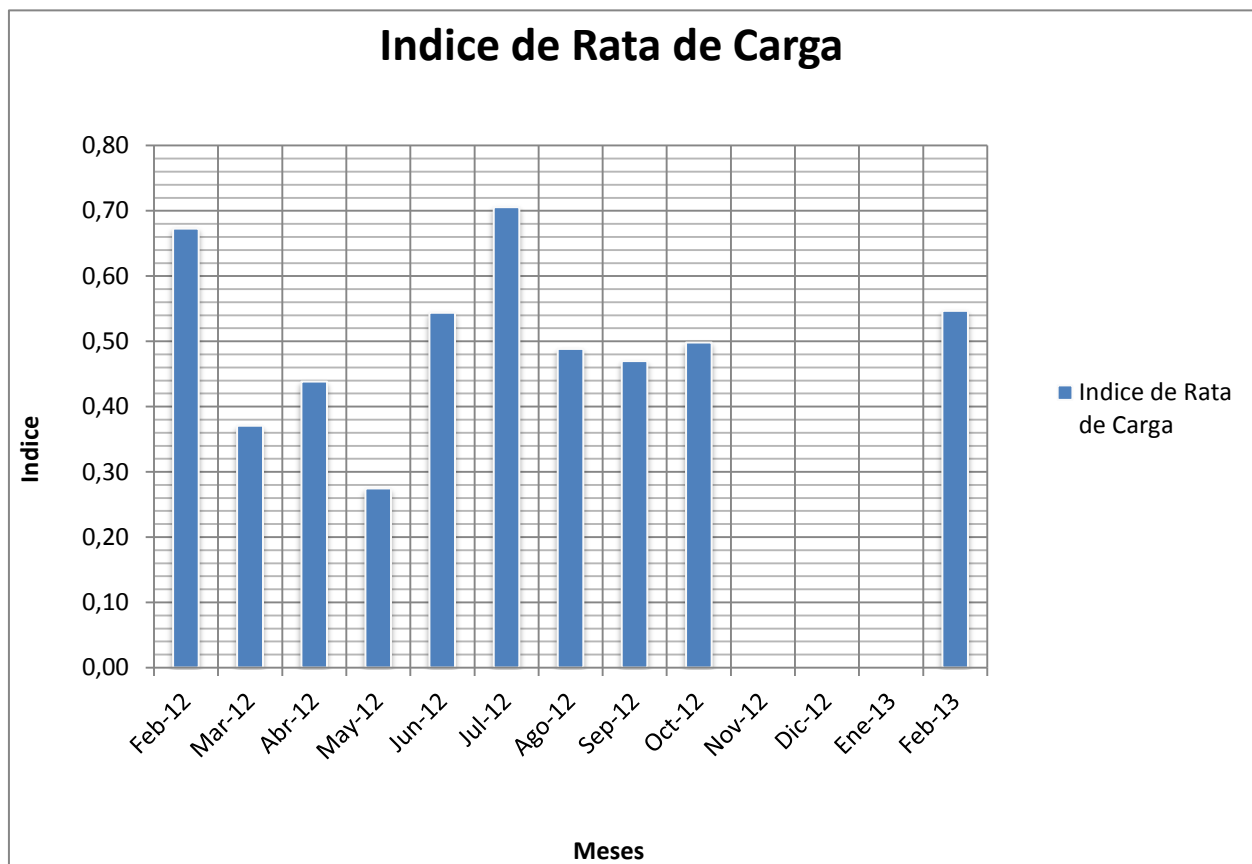


Gráfico 3: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.

Elaboración: Propia

ANÁLISIS DEL INDICADOR INDICE DE RATA DE CARGA.

- El índice de rata de carga promedio fue de 0,5, teniendo los meses de Abril (0,44), Junio (0,54), Agosto (0,49), Septiembre (0,47) Octubre (0,50) y Febrero de 2013 (0,55) una gestión promedio.
- En el mes de Julio se alcanzó el mayor valor de índice de rata de carga del periodo con 0,71, teniendo el mes de Febrero de 2012 (0,67) una gestión similar.
- En el mes de mayo se alcanzó el menor valor de índice de rata de carga del periodo con 0,27, teniendo el mes de Febrero de 2012 (0,37) una gestión similar.

5.5.5. TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS

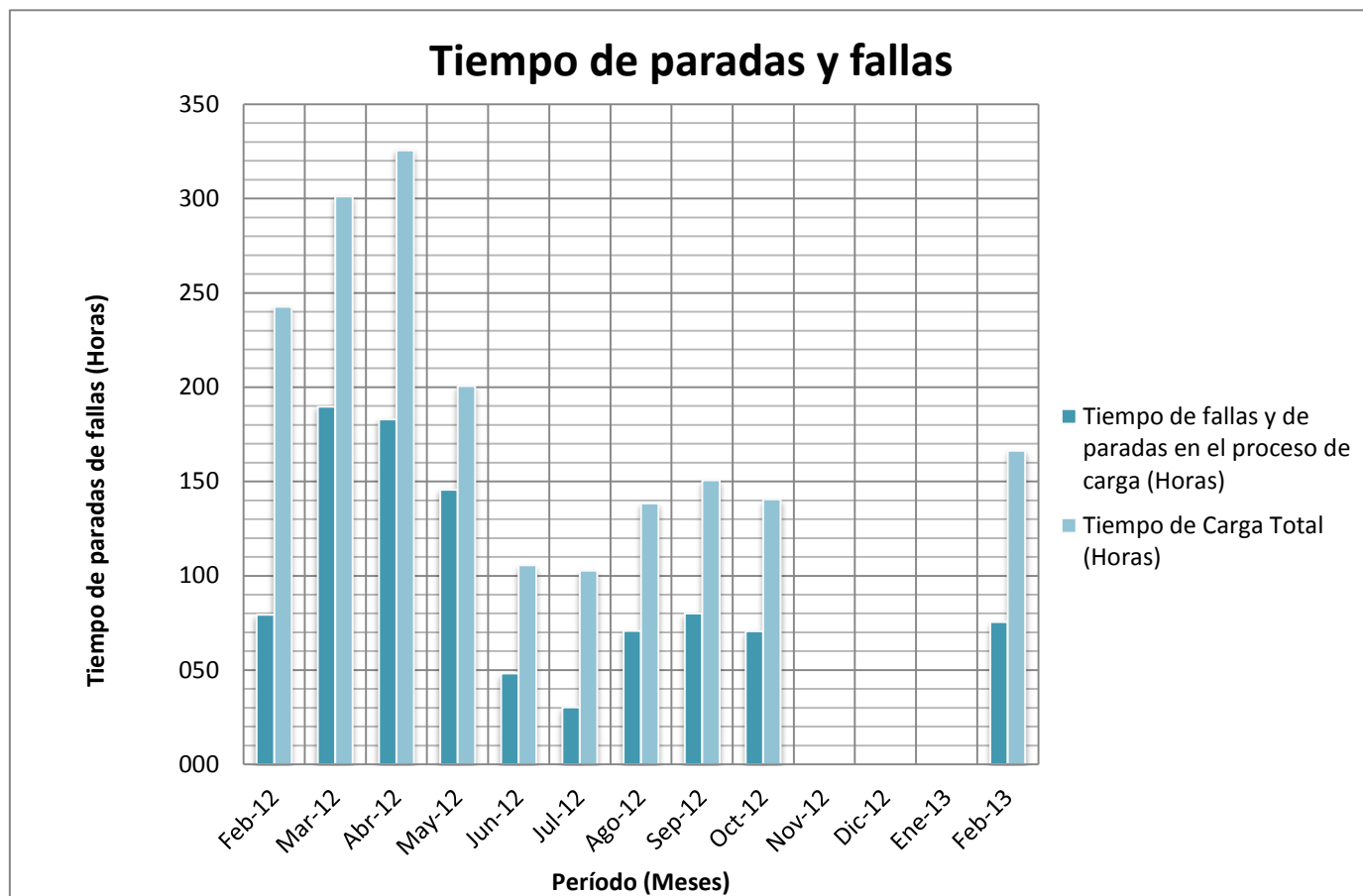


Gráfico 4: Diagrama de barras que visualizan los resultados del periodo evaluado.

Elaboración: Propia

ANÁLISIS DEL INDICADOR TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS.

- El tiempo de fallas y de paradas promedio mensual fue de 97,18 horas, lo cual representa un 51,89% respecto al tiempo de carga total, teniendo los meses de Junio (45,64%), Septiembre (53,03%), y Febrero de 2013 (45,35%) una gestión promedio.
- En el mes de Marzo se alcanzó el mayor tiempo de fallas y de paradas del periodo con 189,5,5 horas, lo cual representa un 62,96% respecto al tiempo de carga total para ese mes, teniendo los meses de Abril (56,16%), Mayo (72,57%), y Octubre (50,16%) , una gestión similar.
- En el mes de Julio presentó el menor tiempo de fallas y de paradas del periodo con 30,20 horas, lo cual representa un 29,43% respecto al tiempo de carga total para ese mes, teniendo los meses de Febrero (32,70%), de Junio (45,64%), y Agosto (51,15%), una gestión similar.

5.5.6. TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS DE EQUIPO

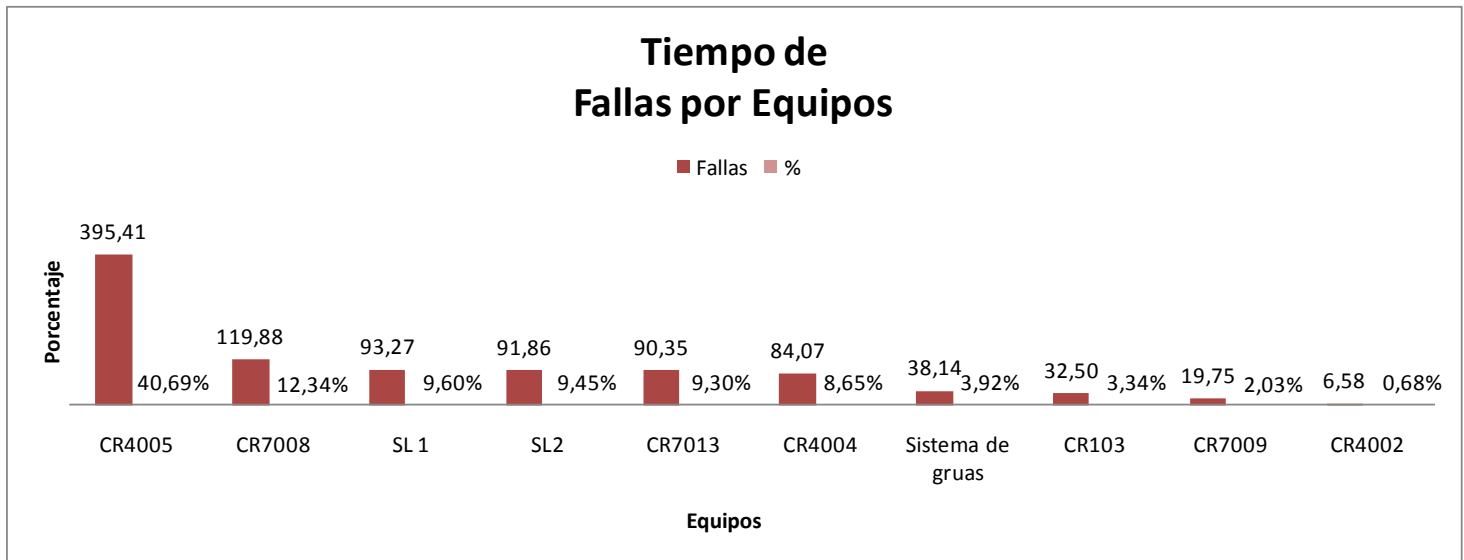


Gráfico 5: Parada de equipos por fallas.

Elaboración: Propia.

ANÁLISIS DEL INDICADOR TIEMPO DE PARADAS POR FALLAS DE EQUIPO

- El mayor tiempo de paradas por fallas de equipos en el periodo evaluado, lo presento la cinta transportadora CR-4005, con 395,41 horas, lo cual representa un 40,69% respecto al tiempo de parada total por fallas que fue de 971,81 horas.
- En la gráfica se presentan en orden decreciente los tiempos de paradas por fallas de equipos que son: la cinta transportadora CR-7008 con 119,88 horas (12,34%), el Shiploader1 con 93,27 horas (9,60%), el Shiploader2 con 91,86 horas (9,45%), la cinta transportadora CR-7013 con 90,35 horas (9,30%), la cinta transportadora CR-4004 con 84,07 horas (8,65%), el sistema de grúas con 38,14 horas (3,92%), la CR-103 con 32,50 horas (3,34%), y la cinta transportadora CR-7009 con 19,75 horas (2,03%), y la cinta transportadora CR-4002, con 6,58 horas (0,68%).

5.6 ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y CAUSAS EN EL SISTEMA

En la tabla N° 14 se presenta la relación entre los tiempos de parada por fallas de equipos, y problemas que ocasionan dichas paradas, agrupándose las mismas en cinco tipos.

A continuación se presenta la información acumulada en el periodo y el análisis correspondiente.

Tabla 6: Tiempo de fallas por Causas.

Causas de paradas	Horas de paradas	%
Problema con cintas transportadoras	563,59	57,99%
Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras	184,95	19,03%
Problema con sistema de instrumentación de Shiploaders	131,52	13,53%
Problema con Shiploaders por cargas severas	53,61	5,52%
Problemas con grúas en patio inicial	38,14	3,92%
Total	971,81	100,00%

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

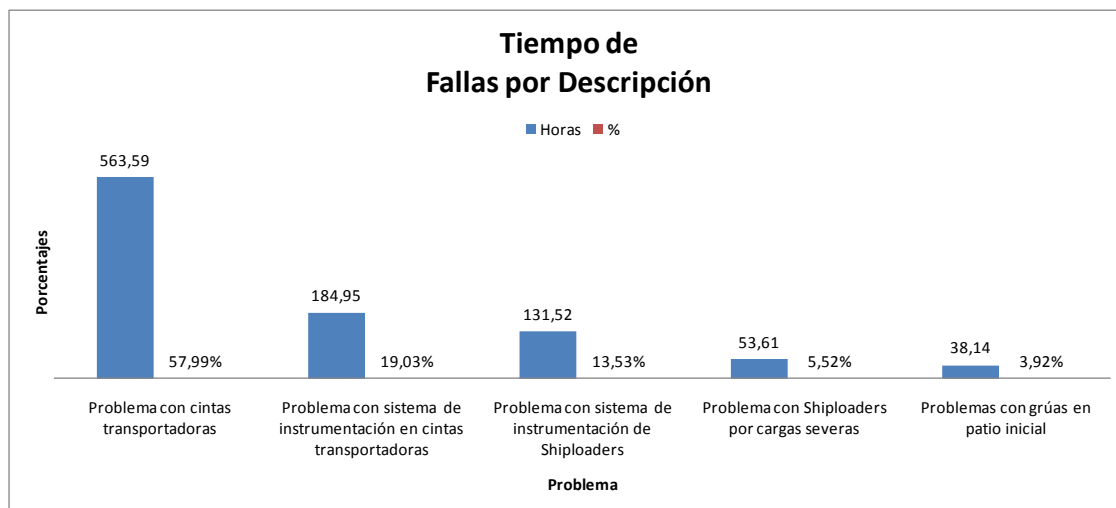


Gráfico 6: Parada de equipos por descripción de fallas.

Elaboración: Propia.

La causa de mayor incidencia en las paradas por falla de equipos es problema con cintas transportadoras con 563,59 horas de un total de 971,81 horas, lo cual representa un 57,99.

En orden decreciente en cuanto a la incidencia tenemos la causa problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras con 184,95 horas (19,03%), la causa problema con sistema de instrumentación de Shiploaders con 131,52 horas (13,53%), la causa problema con Shiploaders por cargas severas con 53,61 horas (5,52%), y la causa problemas Con grúas en patio inicial con 38,14 horas (3,92%).

De acuerdo a la metodología aplicada para realizar el análisis de la información disponible, se elaboró el diagrama causa-efecto, el cual se encuentra en el ANEXO 8.

Al analizar el Diagramas Causa-Efecto previamente elaborado, se pueden conocer los problemas presentes en el sistema de manejo de sólido de la empresa que impiden que se aproveche al máximo la capacidad instalada de esta. Se puede observar que entre las causas principales vistas en el diagrama, la falta de un plan de mantenimiento preventivo es la más relevante de estas ya que se relaciona con las demás, por lo cual es la que genera mayor paradas por fallas en el sistema de manejo de sólidos.

5.7 ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

Mediante el software Arena, se caracterizó la situación de la situación actual en un modelo de simulación el cual nos permitió, para más adelante, plantear las propuestas de mejora y así llegar al cumplimiento de los objetivos planteados. Para más información del modelo, consulte el ANEXO 9

Se modeló el proceso completo del sistema de manejo de sólidos, tanto el Sub-sistema In-bound y el Sub-sistema Out-bound, y se colocaron las diferentes cintas transportadoras y los recursos requeridos correspondientes a cada uno de los sub-sistemas.

Se incorporaron los tiempos de paradas por fallas de equipos en el modelo de simulación mediante la herramienta Input analyzer, la cual nos ayudó a obtener una distribución estadística de estos tiempos para así tener un comportamiento de los mismos.

Se obtuvieron los resultados después de la verificación y la validación de este modelo de simulación, obteniendo que un buque es cargado en 79,59 horas.

CAPÍTULO VI

PROPUESTAS DE MEJORAS

De acuerdo a los datos obtenidos y el análisis de las paradas por fallas que se presentan en el sistema de manejo de sólidos, junto con los tutores académico e industrial, se plantearon las siguientes propuestas de mejora para el incremento de la rata de carga.

El incremento del ancho de la cinta transportadora y de la velocidad de la misma incrementará la rata de carga del sistema y los volúmenes a despachar, pero estos no pueden tener mayor diferencia al actual por el diseño de esta instalación y por seguridad en el traslado del material. Por eso, junto con el tutor industrial, se llegó al incremento razonable de estas variables a ser cambiadas para esta propuesta de mejora.

La implementación de un sistema alternativo el cual anularía al equipo de mayor problema en el sistema mientras a este se le hace rutina de mantenimiento y así continuar con el despacho del coque. Esta propuesta de mejora viene dada de parte de la empresa para la investigación y profundización en este trabajo especial de grado.

A continuación se presenta una explicación más detallada acerca de estas propuestas antes mencionadas

6.1 INCREMENTO DEL ANCHO Y LA VELOCIDAD DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS DEL SUB-SISTEMA OUTBOUND

Al incrementar el ancho de un grupo conformado por ocho cintas transportadoras del sub sistema Out-Bound, y aumentar la velocidad de un valor actual de dos metros por segundo a dos punto cinco metros por segundo, se logrará una disminución de los tiempos de carga de buques y por ende un incremento en la rata de carga del sistema.

6.2 IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA BY-PASS.

Implementar un sistema alternativo denominado By-Pass, que permita la no interrupción del proceso de despacho de coque al momento de inhabilitar completamente

la cinta transportadora CR-4005, ya que el mantenimiento de esta cinta debe hacerse estando fuera de funcionamiento en el proceso de despacho del coque, para garantizar la confiabilidad en la operatividad de la misma. Adicionalmente el proceso de despacho del coque a través del sistema By-Pass, experimentaría un incremento en la rata de carga y en los volúmenes totales, después de inhabilitar la CR-4005.

El sistema By-Pass propuesto consiste en la construcción de un elemento de recepción de coque que se ubicara en la parte norte de la pila de almacenamiento de coque, la cual se encuentra al lado de la CR-4005. Desde este punto el coque es transportado por la cinta CR-4008 (a ser construida), que llevará el producto a la CR-6015 (cinta transportadora ya existente para el traslado del azufre) la cual se modificara para que pueda responder a las exigencias de transporte de coque, de allí llegará el producto a la torre de transferencia TT-4003, para continuar la ruta existente desde la CR-4006 hasta los Shiploaders 1 y 2.

6.3 DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Como complemento fundamental de estas propuestas de mejora, se plantea el desarrollo y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo de equipos y componentes de los Sub-sistemas In-bound y Out-Bound que conforman el sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeno S. A.

La aplicación de este plan de mantenimiento preventivo permitirá la reducción progresiva y posterior eliminación de las paradas recurrentes de equipos, aumentando la disponibilidad de los mismos, lo cual traerá como consecuencia el incremento de la operatividad del sistema y el logro de mejores resultados de la gestión de la empresa.

El plan de mantenimiento preventivo propuesto consiste en la realización programada de una serie de rutinas, con una frecuencia y estrategia pre-establecidas y una duración estimada que permita programar a su vez las operaciones y el despacho de coque, este plan de mantenimiento se le aplicara a todos los equipos que comprende el sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeno S. A., tales son:

- Conjunto de cintas transportadoras
- Los Shiploaders
- Equipos mayores (triturador de coque y grúas)
- Área del complejo Industrial

A continuación se describen las cuatro rutinas de mantenimiento propuestas.

6.3.1 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

RUTINA A

- **Actividades**
 1. Limpieza rápida del área de Shiploaders 1 y 2.
 2. Medición de fluidos en caja de mando
 3. Engrase de rodamientos y chumaceras en tambores de mando.
 4. Revisión de condición física de cintas transportadoras y ajustes en estaciones de rodillos.
- **Frecuencia**
 - Se realizara cada 3 o 4 días, luego de la carga de cada buque en el mes mientras el buque cargado zarpa y se le da entrada al próximo buque
- **Duración**
 - Tiene una duración estimada de 1 ó 2 días

RUTINA B

- **Actividades**
 1. Todas las actividades de la Rutina A
 2. Limpieza de las galerías de las cintas transportadoras.
 3. Engrase de corona rotativa de Shiploaders 1 y 2.
 4. Ajustes de raspadores y limpiadores de cinta.
 5. Revisión y pruebas de equipos de instrumentación.
 6. Limpieza de infraestructura de la cinta CR-4005 (7 días de limpieza)
 7. Revisión de condición de equipos mayores.
 8. Revisión de piezas en los sistemas de iluminación y contra incendios.
- **Frecuencia**

- Se realizara cada 20 o 22 días (una vez al mes) , luego del despacho de los buques programados cada mes

- **Duración**

- Tiene una duración estimada de 10 a 12 días

RUTINA C

- **Actividades**

1. Todas las actividades de la Rutina A
2. Todas las actividades de la Rutina B
3. Reemplazo de rodillos dañados.
4. Reemplazo de piezas en los sistemas de iluminación y contra incendios.
5. Calibración o reemplazo de instrumentos dañados
6. Reemplazo de rodamientos y chumaceras dañadas.

- **Frecuencia**

- Se realizara cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B, luego del despacho de los buques programados en ese mes

- **Duración**

- Tiene una duración estimada de 15 a 20 días

RUTINA D

- **Actividades**

1. Todas las actividades de la Rutina A, B y C.
2. Reemplazo de cintas transportadoras.
3. Reemplazo de estaciones de rodillos de carga, retorno y alineadores.
4. Reemplazo de motores.
5. Reemplazo de caja de mando.

- **Frecuencia**

- Se realizara una vez al año

- **Duración**

- Tiene una duración variable entre 30 y 90 días.

6.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PARTES DE EQUIPOS

Tabla 7: Tabla de equipos y componentes con su respectiva clasificación

Equipos	Partes	Clasificación
Cintas	Cinta Transportadora	Equipos mecánicos móviles
	Caja de mando	Equipos mecánicos rotativos
	Motor de Mando	Equipos mecánicos rotativos
	Rodamientos y chumaceras	Equipos mecánicos rotativos
	Raspadores y Limpiadores	Equipos mecánicos rotativos
	Limpiadores	Equipos mecánicos rotativos
	Rodillos	Equipos mecánicos rotativos
	Sistema de instrumentación	Equipos mecánicos rotativos
	Infraestructura CR4005	Equipos mecánicos rotativos
Shiploaders	Tolvas	Equipos mecánicos rotativos
	Coronas Rotativas	Equipos mecánicos rotativos
Equipos Mayores	Grúas	Equipo mecánico fijo
	Triturador de coque	Equipo mecánico fijo
Complejo	Sistema de iluminación y contra incendios	Equipos auxiliares

Elaboración: Propia.

6.3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE MANTENIMIENTO

Las actividades antes mencionadas se clasificaron en 2 grupos como se puede ver en la siguiente tabla:

Tabla 8: Clasificación del tipo de mantenimiento a utilizar

Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento Predictivo
Lavado rápido del área de Shiploaders 1 y 2 cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque	Reemplazo de rodillos dañados cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
Medición de fluidos en caja de mando cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque	Calibración o reemplazo de instrumentos dañados cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
Engrase de rodamientos y chumaceras en tambores de mando cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque	Reemplazo de rodamientos y chumaceras dañadas cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
Revisión de condición física de cintas transportadoras y ajustes en estaciones de rodillos cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque	Reemplazo de piezas en los sistemas de iluminación y contra incendios cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
Lavado de las galerías de las cintas transportadoras cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	Reemplazo de cintas o reparaciones de longitudes por elongación una vez al año
Engrase de corona rotativa de Shiploaders 1 y 2 cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	Reemplazo de estaciones de rodillos de carga, retorno y alineadores una vez al año
Ajustes de raspadores y limpiadores de cinta cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	Reemplazo de motores una vez al año
Revisión y pruebas de equipos de instrumentación cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	Reemplazo de caja de mando una vez al año
Limpieza de infraestructura de la cinta CR-4005 (7 días de limpieza) cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	
Revisión de condición de equipos mayores cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	
Revisión de piezas en los sistemas de iluminación y contra incendios cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	

Elaboración: Propia.

6.3.4 CODIFICACIÓN

En la siguiente tabla se presentan las actividades del plan de mantenimiento ya codificadas

Tabla 9: Codificación de las actividades

Codigo	Equipos Afectado	Partes de Equipo	Tipo de Actividad	Numero de Partes	Frecuencia
SHTSLI02FA	Shiploaders	Tolvas	Limpieza	2	Cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque
CTCMME19FA	Cintas	Caja de mando	Medicion	19	Cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque
CTRCEN19FA	Cintas	Rodamientos y chumaceras	Engrase	19	Cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque
CTCSRE19FA	Cintas	Cintas Transportadoras	Revision	19	Cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque
CTCSLI19FB	Cintas	Cintas Transportadoras	Limpieza	19	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
SHCREN02FB	Shiploaders	Coronas Rotativas	Engrase	2	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
CTRLAJ19FB	Cintas	Raspadores y limpiadores	Ajustes	19	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
CTSIRE19FB	Cintas	Sistema de Instrumentacion	Revision	19	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
CTILLI01FB	Cintas	Infraestructura CR-4005	Limpieza	1	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
EMGTRE02FB	Equipos Mayores	Gruas y Triturador	Revision	2	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
CIHIRE01FB	Complejo	Sistema de Iluminacion y Contraincendios	Revision	1	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes
CTRRRP19FC	Cintas	Rodillos de Carga, Retorno, y alineadores	Reemplazo	19	Cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
CTSICA19FC	Cintas	Sistema de Instrumentacion	Calibracion	19	Cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
CTRCRP19FC	Cintas	Rodamientos y chumaceras	Reemplazo	19	Cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
CIHIRP01FC	Complejo	Sistema de Iluminacion y Contraincendios	Reemplazo	1	Cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B
CTCSRP19FD	Cintas	Cintas Transportadoras	Reemplazo	19	Una vez al año
CTRRRP19FD	Cintas	Rodillos de Carga, Retorno, y alineadores	Reemplazo	19	Una vez al año
CTMMRP19FD	Cintas	Motor de mando	Reemplazo	19	Una vez al año
CTCMRR19FD	Cintas	Caja de mando	Reemplazo	19	Una vez al año

Elaboración: Propia.

Leyenda de Código

XX – XX – XX – XX – XX

Equipo a Parte a Actividad N° de Frecuencia
tratar tratar partes a
tratar

Fórmula 4: Leyenda del código

Elaboración: Propia.

Tabla 10: Leyenda de codificación

	Descripción	Código
Equipos	Cintas	CT
	Shiploaders	SH
	Equipos Mayores	EM
	Complejo	CI
Partes	Cinta Transportadora	CS
	Caja de mando	CM
	Motor de Mando	MM
	Rodamientos y chumaceras	RH
	Raspadores y Limpiadores	RM
	Limpiadores	LM
	Rodillos	RR
	Sistema de instrumentación	SI
	Infraestructura CR4005	IL
	Tolvas	TL
	Coronas Rotativas	CR
	Grúas	GT
	Triturador de coque	GT
	Sistema de iluminación y contra incendios	HI
Actividades (palabras claves)	Ajustes	AJ
	Calibración	CA
	Engrase	EN
	Limpieza	LI
	Medición	ME
	Reemplazo	RP
	Revisión	RE
Frecuencia	Cada vez que se le termina de hacer el despacho a cada buque	FA
	Cada 20 o 22 días (una vez al mes), luego del despacho de los buques programados para cada mes	FB
	Cada 3 Meses, y coincide con las Rutinas de Mantenimiento B	FC
	Una vez al año	FD

Elaboración: Propia.

CAPÍTULO VII
ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONOMICO DE LAS PROPUESTAS DE
MEJORA

En este capítulo se presentan el análisis técnico y el análisis económico de las propuestas de mejora del sistema de manejo de sólidos de la empresa Petrocedeno S. A. planteadas en el capítulo anterior.

7.1 ANÁLISIS TÉCNICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

Para la realización de las propuestas de mejora, se identificaron las variables a ser modificadas y los cambios en la estructura del modelo de simulación que caracteriza la situación actual del sistema de manejo de sólidos en el proceso de despacho del coque, incorporándose estas propuestas al modelo, de manera que con los resultados obtenidos en la corrida del mismo, se procedió a su validación ya la evaluación de los posibles escenarios del proceso de despacho del coque ante la implementación de dichas mejoras.

A continuación se presenta la información que describe las dos mejoras propuestas, con sus especificaciones, teniendo presente que la realización de cada propuesta de mejora está acompañada por la aplicación del plan de mantenimiento preventivo de equipos y componentes explicado en el capítulo anterior.

7.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA 1

En la tabla siguiente se describen las variables a ser modificadas en el modelo de simulación para la realización de la mejora 1.

Tabla 11: Descripción de la mejora 1

Cintas transportadoras a mejorar	Ancho de cintas en situación actual (mts)	Nuevo Ancho de cintas transportadoras (mts)	Velocidad de la cinta en situación actual (m/ser)	Velocidad de la cinta en mejora (m/ser)
Cinta CR-40-05	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-40-06	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-40-07	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-70-08	2.2000	2.200	2.00	2.50
Cinta CR-70-09	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-70-10	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-70-11	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-70-12	1.3716	1.600	2.00	2.50
Cinta CR-70-13	1.3716	1.600	2.00	2.50

Elaboración: Propia

7.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA 2

En la tabla siguiente se describen los cambios planteados en la estructura del modelo de simulación para la realización de la mejora 2

Tabla 12: Cambios en la estructura

Características	CR-4008 (creación)	CR-6015 (modificación)	Unidades
Longitud de cinta	50,000	95.000	m
Velocidad de cinta	2,500	2,500	m/ser
Ancho de cinta	1,067	1,067	m
Estaciones de Rodillos de carga	50	95	Pas (3 rodillos por pieza)
Rodillos de retorno	20	35	Pza.

Elaboración: Propia

Las incorporaciones en el modelo de simulación, de los cambios correspondientes a cada propuesta de mejorase presentan en el ANEXO 13.

Se corrió el modelo por siete replicaciones para validar los resultados obtenidos al realizar las propuestas de mejora, con el fin de verificar que los datos arrojados no son causados por la aleatoriedad del modelo de simulación, pero se llegó a la conclusión que por tratarse de un proceso que no presenta distribuciones estadísticas que alteren el tiempo de llenado de buques debido a la eliminación de paradas por fallas con la utilización de un plan de mantenimiento preventivo, no presentara aleatoriedad en los resultados obtenidos por el modelo.

Una vez obtenidos los resultados del modelo para las mejoras planteadas (ver ANEXO 14, ANEXO 15 y ANEXO 16), se comparan las medias de los resultados obtenidos por el modelo de simulación de las propuestas de mejora con la media de la situación actual y se obtiene el siguiente análisis:

- Si se incrementa el ancho, se aumenta la velocidad de las cintas transportadoras y se realiza el plan de mantenimiento preventivo, el tiempo de carga de un buque se reduce en 38,55% y la rata de carga aumenta en 62,72%.
- Si se realiza solo el plan de mantenimiento preventivo, sin la utilización del sistema By-Pass, el tiempo de carga de un buque se reduce en 23,18% y la rata de carga aumenta en 30,18%.
- Si se realiza el plan de mantenimiento preventivo, con la utilización del sistema By-Pass, el tiempo de carga de un buque se reduciría en 23,29% y la rata de carga aumentaría en 30,36%.
- Si se incrementa el ancho, se aumenta la velocidad de las cintas transportadoras y se realiza el plan de mantenimiento preventivo, con la utilización del sistema By-Pass, el tiempo de carga de un buque se reduce en 39,22% y la rata de carga aumenta en 64,52%.

Se considera que todas las propuestas son viables, pues al disminuir el tiempo de carga de buques, la rata de carga aumenta significativamente.

7.2 ANÁLISIS ECONOMICO DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA.

El análisis económico de las propuestas de mejora se realiza relacionando los costos de inversión para su realización y los resultados esperados debido al incremento en el despacho y venta de coque.

7.2.1 COSTOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

A continuación se presentan las estructuras de costos relacionadas con cada propuesta de mejora:

- **MEJORA 1**

Tabla 13: Estructura de costo para la mejora 1

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$USD)	MONTO TOTAL (\$USD)
Cinta Transportadora Textil de 63" ancho	M	5330.00	352.88	1,880,850.40
Cinta Transportadora de Malla de Acero de 63" ancho	M	2560.00	1,190.96	3,048,857.60
Conjunto de Motor de Mando CR 7008	Pza	2.00	836,470.00	1,672,940.00
Conjunto de Motor de Mando CR 4005	Pza	2.00	589,680.00	1,179,360.00
Conjunto de Motor de Mando CR 4006, CR 4007 y Galería de Shiploaders	Pza	7.00	278,460.00	1,949,220.00
Estaciones de Rodillos de Carga (3 rodillos por estación)	Pza	3627.00	267.54	970,367.58
Estaciones de Rodillos de Retorno (1 rodillo por estaciones)	Pza	241.00	748.96	180,499.36
Estaciones de Rodillos Autoalineantes (2 rodillos por estaciones)	Pza	48.00	1,267.91	60,859.68
Subtotal				10,942,954.62
Gastos de Administracion				2,735,738.66
Gastos de Mano de Obra y de Equipos				6,565,772.77
MONTO TOTAL DE LA MEJORA				20,244,466.05
MONTO EQUIVALENTE EN MONEDA LOCAL (6,30 Bs/\$)				\$127,540,136.10

Elaboración: Propia

- MEJORA 2

Tabla 14: Estructura de costo para la mejora 2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$USD)	MONTO TOTAL (\$USD)
Cinta transportadora textil de 42"	M	1,870.00	186.00	347,820.00
Set de modificación de Cinta CR 6015	Set	1.00	216,030.00	216,030.00
Separador de Metales	Pza	1.00	45,000.00	45,000.00
Detector de Metales	Pza	1.00	99,625.00	99,625.00
Correa de Escala	Pza	1.00	71,040.00	71,040.00
Rieles de Alimentación AF-01 y AF-02	Pza	2.00	484,380.00	968,760.00
Estructura Metalica de Torres de Transferencia	Set	1.00	722,000.00	722,000.00
Sistema de PLC Scada	Set	1.00	315,335.00	315,335.00
Instrumentación de Campo	Set	1.00	210,110.00	210,110.00
Sistema de Protección de Iluminación	Set	1.00	28,665.00	28,665.00
Sistema de Puesta a Tierra	Set	1.00	35,350.00	35,350.00
Sistema de Iluminación	Set	1.00	258,640.00	258,640.00
Material de Obras Civiles	Set	1.00	485,000.00	485,000.00
Subtotal				3,803,375.00
Gastos de Administracion				950,843.75
Gastos de Mano de Obra y de Equipos				3,101,331.00
MONTO TOTAL DE LA MEJORA				\$7,855,549.75
MONTO EQUIVALENTE EN MONEDA LOCAL (6,30 Bs/\$)				Bs. F 49,489,963.43

Elaboración: Propia

- PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tabla 15: Estructura de costo para el plan de mantenimiento preventivo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$USD)	MONTO TOTAL (\$USD)
Pull Cord Swith	Pza	91.00	398.69	36,280.79
Misalignent Swith	Pza	137.00	428.79	58,744.23
Sensores de Rotación	Pza	45.00	399.00	17,955.00
Proximity Swith	Pza	36.00	368.22	13,255.92
Materiales Consumibles (Cables, Terminales, Fibra Optica)	SG	1.00	67,550.00	67,550.00
Subtotal				193,785.94
Gastos de Administracion				29,067.89
Gastos de Mano de Obra y de Equipos				164,718.05
MONTO TOTAL DE LA MEJORA				\$387,571.88
MONTO EQUIVALENTE EN MONEDA LOCAL (6,30 Bs/\$)				Bs. F 2,441,702.84

Elaboración: Propia

En las tablas se presentan los elementos de costos para realizar las mejoras propuestas que se explican de la siguiente manera:

- Descripción: materiales a ser utilizados
- Unidad: forma de medición para el computo métrico de cada material
- Cantidad: total de unidades
- Precio unitario: precio por cada unidad
- Monto total: precio unitario por la cantidad

A los costos de los materiales, se agregan los conceptos de gastos de mano de obra y de equipos y gastos de administración, estableciéndose los siguientes criterios utilizados por experiencia de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI:

- Para las mejoras 1 y 2
 - Gastos de administración 25% con respecto al total de los materiales
 - Gastos de mano de obra y de equipos 40% con respecto al total de los materiales
- Para el plan de mantenimiento preventivo
 - Gastos de administración 25% con respecto al total de los materiales
 - Gastos de mano de obra y de equipos 70% con respecto al total de los materiales

7.2.2 BENEFICIOS ESPERADOS

Para el desarrollo y análisis de los resultados se establecieron las siguientes premisas:

- Se plantean tres alternativas para realizar las mejoras propuestas
 - Alternativa 1: implementar la mejora 1 con el plan de mantenimiento preventivo
 - Alternativa 2: implementar la mejora 2 con el plan de mantenimiento preventivo
 - Alternativa 3: implementar la mejora 1 y 2 con el plan de mantenimiento preventivo
- Se tomó como periodo de referencia un año de operaciones (365 días)

- Al total del periodo se restó el tiempo destinado al plan de mantenimiento Rutinas B, C, y D (196,5 días), tiendo como resultado los días hábiles para el despacho (168,5 días)
- En las alternativas 2 y 3, con la utilización del sistema Bey-Pass, se dispondrá de 77 días hábiles adicionales para despacho restándolos del tiempo destinado a mantenimiento
- El modelo de simulación de las propuestas de mejora, arrojo los tiempos de carga de buques para cada alternativa.
- Relacionando los días hábiles para el despacho, el tiempo de mantenimiento de la rutina A y el tiempo de carga de buques, se obtuvo el total de buques cargados por alternativa en el periodo

✓ **Alternativa 1**

Tabla 16: Beneficios para alternativa 1

Inversión Mejora 1	\$20.244.466,05
Inversión plan de mantenimiento preventivo	\$387.571,88
Inversión Total	\$20.632.037,93
Días totales para realización de actividades de Mantenimiento Mensual Trimestral y anual en un año	196,5
Días hábiles para despacho	168,5
Tiempo de cargas por buque aplicando la mejora (Horas)	48,4212
Tiempo de mantenimiento de Rutina A (Horas)	48
Total de buques cargados en el periodo	41
Volumen de coque despachado en el periodo (Toneladas)	1.856.938,776
Ingresos por Venta de coque en el periodo	\$159.696.734,69
Ingresos por Venta de Coque en el periodo de situación actual	\$94.178.363,50

Elaboración: Propia

En la alternativa 1, con una inversión total de \$20.632.037,93, se alcanzara un incremento del 69,57% en los ingresos por ventas de coque respecto a la situación actual del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta Petrocedeño S. A.

✓ **Alternativa 2**

Tabla 17: Beneficios para alternativa 2

Inversión Mejora 2	\$7.855.579,75
Inversión plan de mantenimiento preventivo	\$387.571,88
Inversión Total	\$8.243.151,63
Días totales para realización de actividades de Mantenimiento Mensual Trimestral y anual en un año	119,5
Días hábiles para despacho	245,5
Días hábiles para utilización de la cinta CR-4005	168,5
Días hábiles para utilización del sistema By-Pass	77
Tiempo de cargas por buque sin aplicar sistema By-Pass (Horas)	60,52
Tiempo de cargas por buque al aplicar By-Pass (Horas)	60,44
Tiempo de mantenimiento de Rutina A (Horas)	48
Total de buques cargados en el periodo	54
Volumen de coque despachado en el periodo (Toneladas)	2.443.801,604
Ingresos por Venta de coque en el periodo	\$210.166.937,94
Ingresos por Venta de Coque en el periodo de situación actual	\$94.178.363,50

Elaboración: Propia

En la alternativa 1, con una inversión total de \$8.243.151,63, se alcanzara un incremento del 123,16% en los ingresos por ventas de coque respecto a la situación actual del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta Petrocedeño S. A.

✓ **Alternativa 3**

Tabla 18: Beneficios para alternativa 3

Inversión Mejora 1	\$20.244.466,05
Inversión Mejora 2	\$7.855.579,75
Inversión plan de mantenimiento preventivo	\$387.571,88
Inversión Total	\$28.487.617,68
Días totales para realización de actividades de Mantenimiento Mensual Trimestral y anual en un año	119,5
Días hábiles para despacho	245,5
Días hábiles para utilización de la cinta CR-4005	168,5
Días hábiles para utilización del sistema By-Pass	77
Tiempo de cargas por buque sin aplicar sistema By-Pass (Horas)	48,42
Tiempo de cargas por buque al aplicar By-Pass (Horas)	47,89
Tiempo de mantenimiento de Rutina A (Horas)	48
Total de buques cargados en el periodo	61
Volumen de coque despachado en el periodo (Toneladas)	2754611,483
Ingresos por Venta de coque en el periodo	\$236.896.587,52
Ingresos por Venta de Coque en el periodo de situación actual	\$94.178.363,50

Elaboración: Propia

En la alternativa 1, con una inversión total de \$28.487.617,68, se alcanzara un incremento del 151,54% en los ingresos por ventas de coque respecto a la situación actual del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta Petrocedeno S. A.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez desarrollado el Trabajo Especial de Grado, se presentan las conclusiones obtenidas a través del estudio realizado en base a los objetivos planteados, así como también una serie de recomendaciones orientadas a mejorar el proceso de despacho del sistema de manejo de una empresa mejoradora de crudo extra pesado ubicada en el Complejo Industrial Jose Antonio Anzoátegui.

8.1 CONCLUSIONES

- El sistema de manejo de sólidos está conformado por 2 sub-sistemas, el In-Bound y el Out-Bound, siendo el sub-sistema In-Bond del que lleva el coque desde el mejorador de crudo hasta la entrada del sub sistema Out-Bound, donde es apilado, y posteriormente el sub-sistema Out-Bound, lleva el coque hasta la carga de buques para su despacho.
- El sistema de manejo de sólidos tiene una capacidad nominal de 1800 toneladas/hora; y según reportes suministrados por la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A., está operando a una capacidad de 596,84 toneladas/hora, es decir, que actualmente se está utilizando solo un 33% de la capacidad total del sistema.
- Se realizó la caracterización del proceso de despacho del coque y se obtuvo que el tiempo promedio desde el ingreso del buque a cargar, al despacho del mismo es de 79,59 horas.
- Analizados los tiempos de paradas por medio de reportes suministrados por la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.se clasificaron los tiempos en el sistema de manejo de sólidos:
 - El 51,89% representa el tiempo de paradas
 - El 48,11% representa el tiempo promedio real del proceso de despacho

- Según el análisis de los tiempos de paradas durante el proceso de despacho, se determinó que la mayor cantidad de paradas ocurren en el sub-sistema Out-Bound con un 83,41% y un 16,59% corresponden al sub-sistema In-Bond
- Las paradas que tienen mayor tiempo de incidencia en el proceso de despacho del coque son las atribuibles a problemas por cintas transportadoras con un 57,99%, las paradas por problemas por sistema de instrumentación en cintas transportadoras con un 19,03%, las paradas por sistema de instrumentación en Shiploaders con un 13,53%, las paradas por problemas por cargas severas en Shiploaders con un 5,52% y paradas por problemas con grúas en patio inicial con 3,92%.
- Se producen paradas en el sistema debido a fallas de equipos o a partes de los mismos por no ser remplazadas o calibradas en forma programada, teniendo que detener todo el sistema para la corrección de la falla y así volver con el proceso de despacho, lo cual se debe a un plan de mantenimiento deficiente
- Se recreó la situación actual del proceso de despacho del coque a través de un modelo de simulación, el cual se pudo corroborar que es la representación del sistema real mediante su verificación y validación.
- Si se implementaran todas las propuestas de mejora desarrolladas en el presente Trabajo Especial de Grado, se aumentaría la rata de carga a un 64,52%, logrando reducir los tiempos de carga de buques, eliminar los tiempos de paradas y disminuir los inventarios de coque.
- Con la inversión realizada por la implementación de las alternativas 1, 2 ó 3, se alcanzará un incremento en los ingresos por ventas de coque respecto a la situación actual del sistema de manejo de sólidos de la empresa mixta Petrocedeño S.A.
 - Alternativa 1: incremento de 69,57%
 - Alternativa 2: incremento de 123,16%
 - Alternativa 3: incremento de 151,54%

8.2 RECOMENDACIONES.

En base al estudio realizado, se recomienda a la empresa Petrocedeño S. A. llevar a cabo lo siguiente:

- Implementar las propuestas de mejora para reducir los tiempos de carga de buques, disminuirlos tiempos de paradas por fallas en el sistema para la realización del despacho del coque.
- Contemplar en el plan de mantenimiento preventivo, actividades de tipo mantenimiento correctivo, e incluir, de ser necesario, actividades que no se presenten en dicho plan
- Realizar un estudio de factibilidad para la mejora de la infraestructura de la cinta transportadora CR-4005.
- Realizar un estudio de factibilidad de la mejora 1 para corroborar que la estructura de cada una de las cintas transportadoras soporte el peso añadido debido al aumento de las cintas antes mencionadas.

BIBLIOGRAFÍA

Fred, E, Meyers & Matthew, P, Stephen. (2006), *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*, México: Pearson Education, Tercera edición.

W, David, Kelton, Randal. P. Sadowski & David, T, Sturrock. (2008), *Simulación con software Arena*, México: McGraw-Hill, Cuarta edición.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1998). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw - Hill Interamericana Editores, S.A de CV.

Díaz, D, & Negretti, N. (2005). *Desarrollo de un plan integral de mejora de procesos en un centro de rehabilitación de una institución médica en el área metropolitana*. Caracas.

Kelton, D, & Law, A. (2000). *Simulation modeling and analysis*. Estados Unidos: McGraw-Hill.

Universidad Católica Andrés Bello (2003). *Instructivo Trabajo Especial de Grado en la Escuela de Ingeniería Industrial*. Caracas: UCAB.

Jame, A, Tompkins; Jonh, A, White & Yavuz, A, Bozer. (2006) *Planeación de Instalaciones*. México: Thomson, Tercera edición.

Ogata, Katsuhiko (2003), *Ingeniería de Control*, Recuperado 5 Marzo de 2013 de <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas.html>.

PDVSA (2005), *Empresas Mixtas*, Recuperado el 5 de Marzo de 2013 de <http://www.pdvsa.com>.

ANEXOS

ANEXO 1: ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

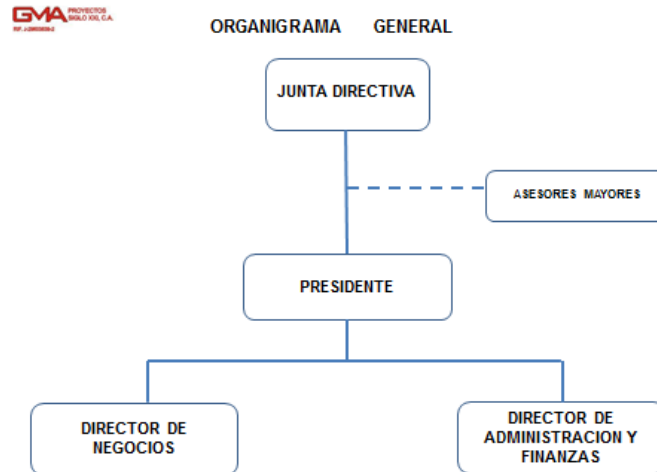


Figura 3: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaborado: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.

Fuente: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.

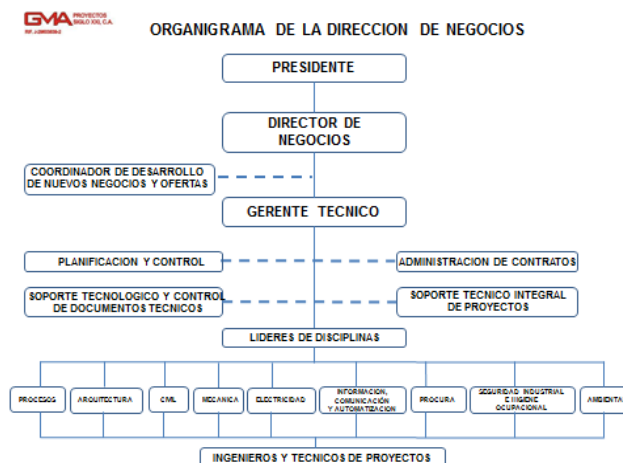


Figura 4: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaborado: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.

Fuente: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.



ORGANIGRAMA DE LA DIRECCION DE ADMINISTRACION Y FINANZAS

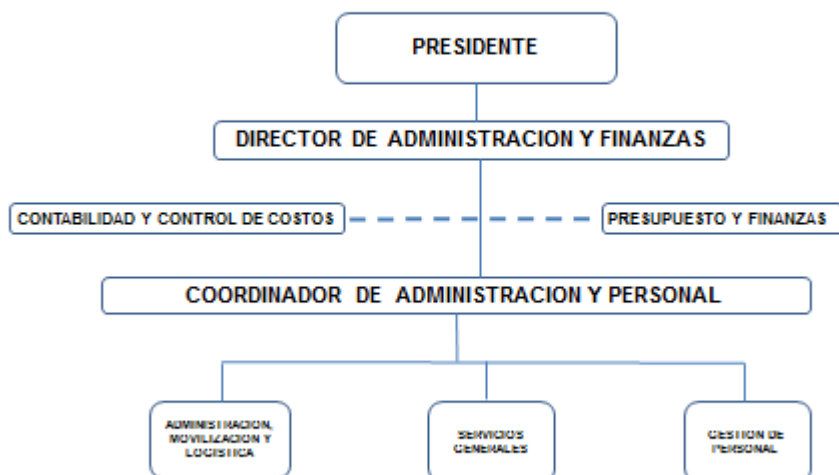


Figura 5: Organigrama General de la empresa GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaborado: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.

Fuente: Empresa GMA Proyectos Siglo XII C.A.

ANEXO 2: LAYOUT DEL COMPLEJO INDUSTRIAL JOSE ANTONIO ANZOÁTEGUI

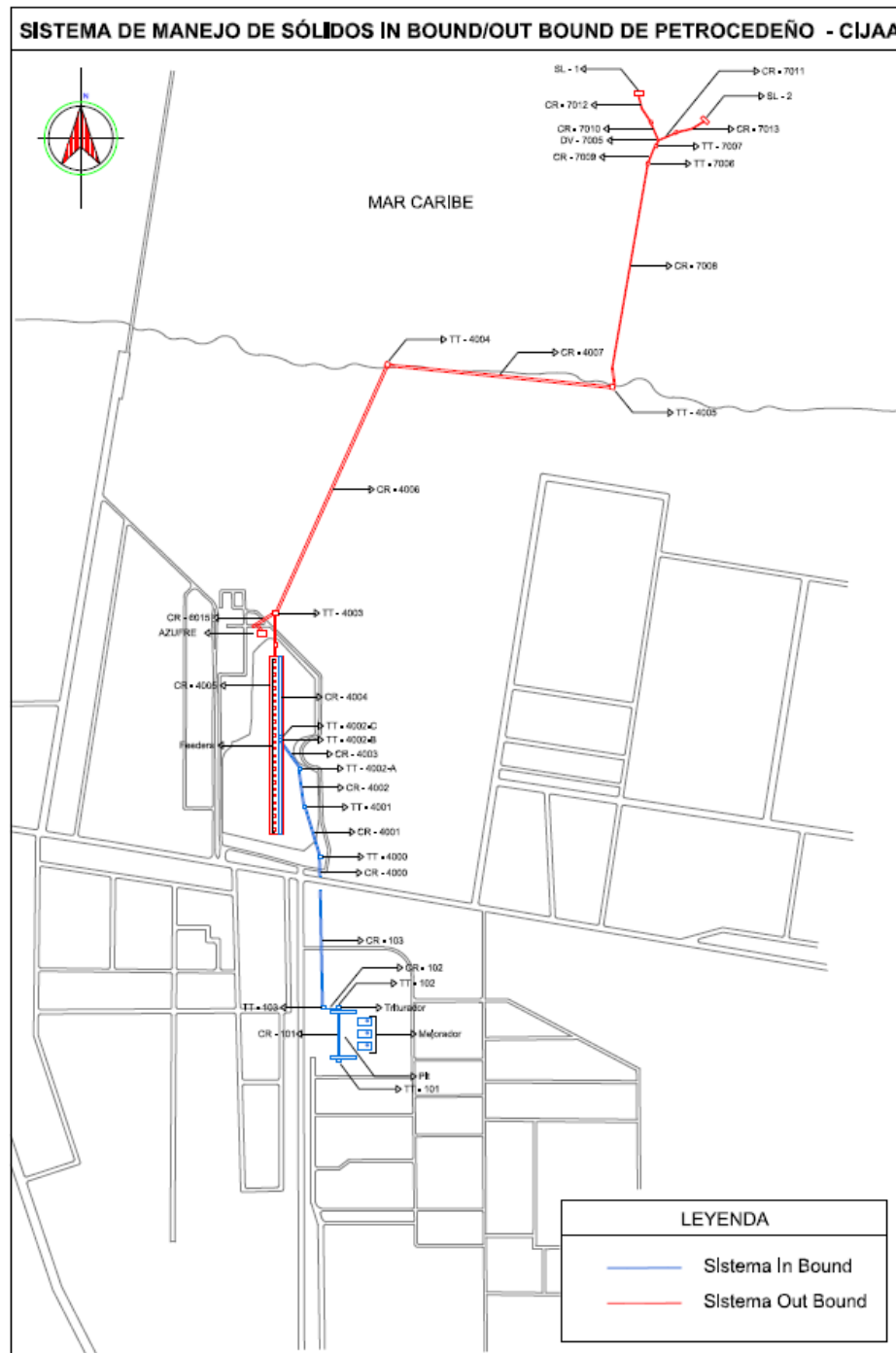


Figura 6: Layout del complejo.

Elaborado: Empresa GMA Proyecto Siglo XII C.A.

Fuente: Empresa GMA Proyecto Siglo XII C.A.

ANEXO 3: HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE DATOS

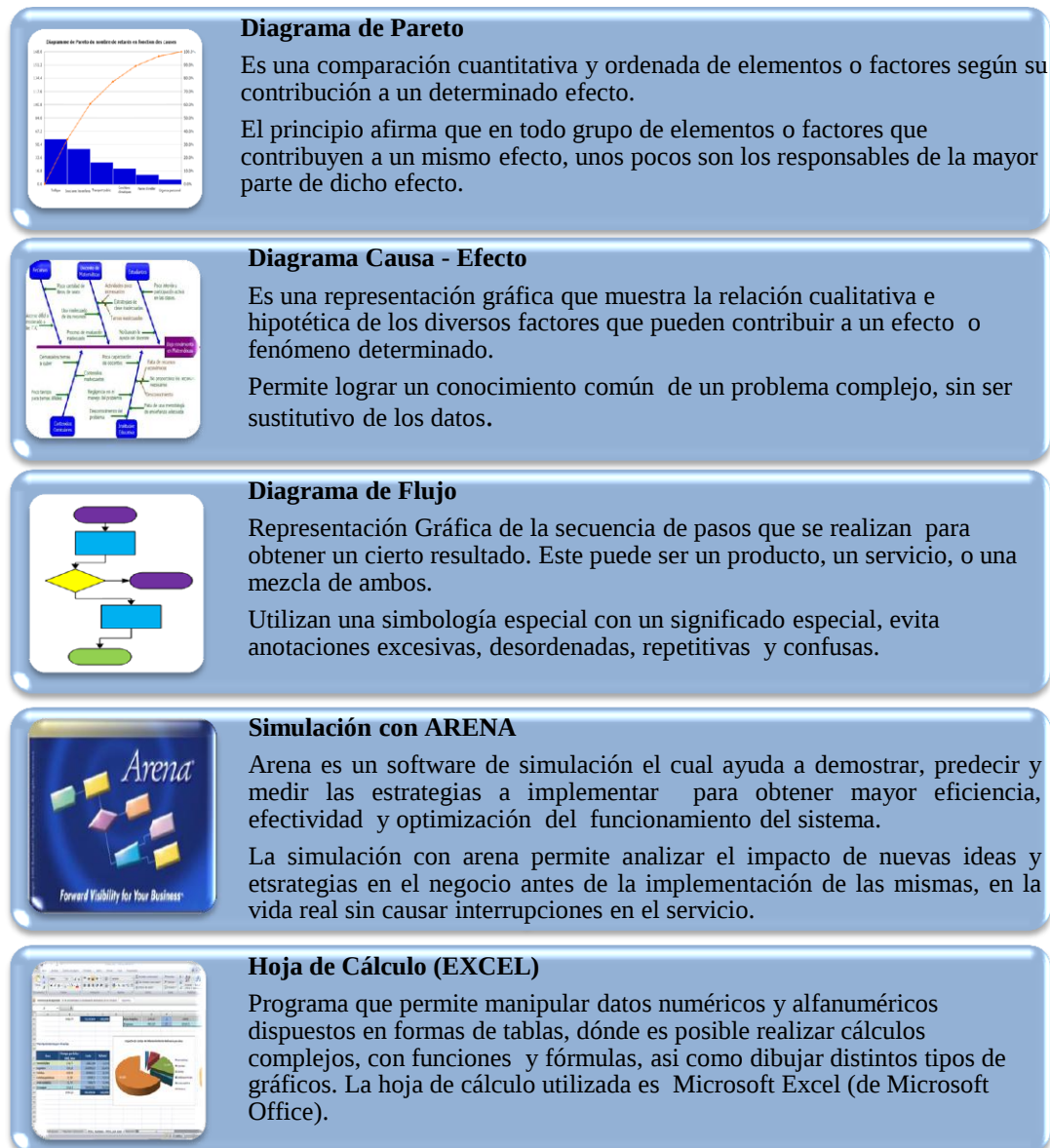


Figura 7: Técnicas de Análisis de Datos. Herramientas Utilizadas en el desarrollo del TEG

Fuente: <http://www.fundibeq.org/metodologias/herramientas.html> y Ogata, Katsuhiko (2003). *Ingeniería de Control Modern*.

Elaboración: Propia.

ANEXO 4: TABLAS QUE CARACTERIZAN LA SITUACIÓN ACTUAL

Tabla 219: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.

Mes	Feb-12	Mar-12	Abr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Sep-12	Oct-12	Nov-12	Dic-12	Ene-13	Feb-13
Buques Nominados	4	4	4	1	1	2	2	2	2	0	0	0	2

Fuente: Información suministrados por la empresa, GMA Proyectos siglo XXI

Elaboración: Propia

Tabla 220: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.

Mes	Feb-12	Mar-12	Abr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Ago-12	Sep-12	Oct-12	Nov-12	Dic-12	Ene-13	Feb-13
Ingresos por Venta de coque (\$)	15.810.068,00	14.585.127,86	15.303.270,00	5.529.800,00	5.375.043,00	6.920.035,58	7.103.600,00	8.101.225,80	7.667.193,26	0	0	0	7.783.000,00
Ingresos por venta esperados	83.592.000,00												
Ingresos Promedio	9.417.836,35												
Ingreso por Venta en el periodo	94.178.363,50												

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

Tabla 221: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.

Mes	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13
Volumen de despacho (Toneladas)	183.838,000	169.594,51	177.945,00	64.300,00	62.500,50	80.465,53	82.600,00	94.200,30	89.153,41	0	0	0	90.500,00
Porcentaje de despacho respecto al volumen esperado	18,91%	17,45%	18,31%	6,62%	6,43%	8,28%	8,50%	9,69%	9,17%	0	0	0	9,31%
Volumen Esperado de despacho mensual	972.000,000												
Volumen Promedio	109.509,725	11,27%	Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.										
Volumen Total del periodo	1.095.097,250	Elaboración: Propia											

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

Tabla 29: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado.

Mes	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13
Rata de Carga Absoluta (Ton/hora)	758,16	563,44	546,68	320,70	592,98	784,26	597,47	625,50	634,54	0	0	0	544,69
Rata de Carga Efectiva (Ton/hora)	1126,60	1521,03	1246,99	1169,09	1090,76	1111,40	1223,16	1331,64	1273,26	0	0	0	996,70
Indice de Rata de Carga	0,67	0,37	0,44	0,27	0,54	0,71	0,49	0,47	0,50	0	0	0	0,55
Indice Esperado	1												
Indice Promedio	0,50												

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

Tabla 22: Tabla de datos correspondiente a los valores obtenidos durante el período evaluado

Mes	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	ene-13	feb-13
Tiempo de Carga Total (Horas)	242,48	301,00	325,50	200,50	105,40	102,60	138,25	150,60	140,50	0	0	0	166,15
Tiempo de fallas y de paradas en el proceso de carga (Horas)	79,30	189,50	182,80	145,50	48,10	30,20	70,72	79,86	70,48	0	0	0	75,35
Tiempo de fallas y de paradas en %	32,70	62,96	56,16	72,57	45,64	29,43	51,15	53,03	50,16	0	0	0	45,35
Tiempo de Carga Total Promedio (Horas)	187,30	Tiempo de Carga Total del periodo (Horas)	1.872,98										
Tiempo de fallas y de paradas en el proceso de carga Promedio 10 meses (Horas)	97,18	Tiempo de fallas y de paradas en el proceso de carga Anual (Horas)	971,81	Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A. Elaboración: Propia									
% Promedio de Tiempo de fallas y de paradas	51,89	% de Tiempo de fallas y de paradas anual	51,89										

Tabla 23: Tiempo de fallas por equipo.

Equipos	Tiempos de paradas por fallas	%
CR4005	395,41	40,69%
CR7008	119,88	12,34%
SL 1	93,27	9,60%
SL2	91,86	9,45%
CR7013	90,35	9,30%
CR4004	84,07	8,65%
Sistema de grúas	38,14	3,92%
CR103	32,50	3,34%
CR7009	19,75	2,03%
CR4002	6,58	0,68%
Total	971,81	100,00%

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

Tabla 32: Hora de parada al mes por equipo y descripción de la parada.

Mes	Equipo	Horas de Parada al mes por equipo	Causas de los tiempos de parada por falla
feb-12	CR7008	31,00	Problema con cintas transportadoras
	SL 1	5,50	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
	CR4004	34,80	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	SL2	8,00	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
mar-12	CR103	14,50	Problema con cintas transportadoras
	CR4005	116,75	Problema con cintas transportadoras
	CR7008	18,75	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	SL 1	13,50	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
	SL2	26,00	Problema por cargas severas
abr-12	Sistema de gruas	18,00	Problemas con gruas en patio inicial
	CR4004	2,50	Problema con cintas transportadoras
	CR4005	27,50	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	CR7008	27,50	Problema con cintas transportadoras
	CR7013	80,30	Problema con cintas transportadoras
	SL 1	27,00	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
may-12	CR4005	133,50	Problema con cintas transportadoras
	SL2	12,00	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
jun-12	CR103	18,00	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	CR4004	10,05	Problema con cintas transportadoras
	CR4005	14,05	Problema por sistema de instrumentacion en cintas
	SL2	6,00	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
jul-12	CR7008	13,10	Problema con cintas transportadoras
	CR7013	10,05	Problema por sistema de instrumentacion en cintas
	SL 1	7,05	Problema por cargas severas
ago-12	CR4004	20,66	Problema con cintas transportadoras
	CR4005	29,50	Problema con cintas transportadoras
	SL2	20,56	Problema por cargas severas
sep-12	CR4004	16,06	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	CR4005	32,45	Problema con cintas transportadoras
	CR7008	12,05	Problema por sistema de instrumentacion en cintas
	SL2	19,30	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
oct-12	Sistema de gruas	20,14	Problemas con gruas en patio inicial
	CR7008	10,12	Problema con cintas transportadoras
	SL 1	40,22	Problema por sistema de instrumentacion de Shiploaders
nov-12	Mantenimiento		
dic-12	Mantenimiento		
ene-13	Mantenimiento		
feb-13	CR7008	7,36	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	CR4005	41,66	Problema con cintas transportadoras
	CR7009	19,75	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras
	CR4002	6,58	Problema con sistema de instrumentación en cintas transportadoras

Fuente: Información suministrada por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

Elaboración: Propia

ANEXO 5: LOCALIZACIÓN DEL COMPLEJO

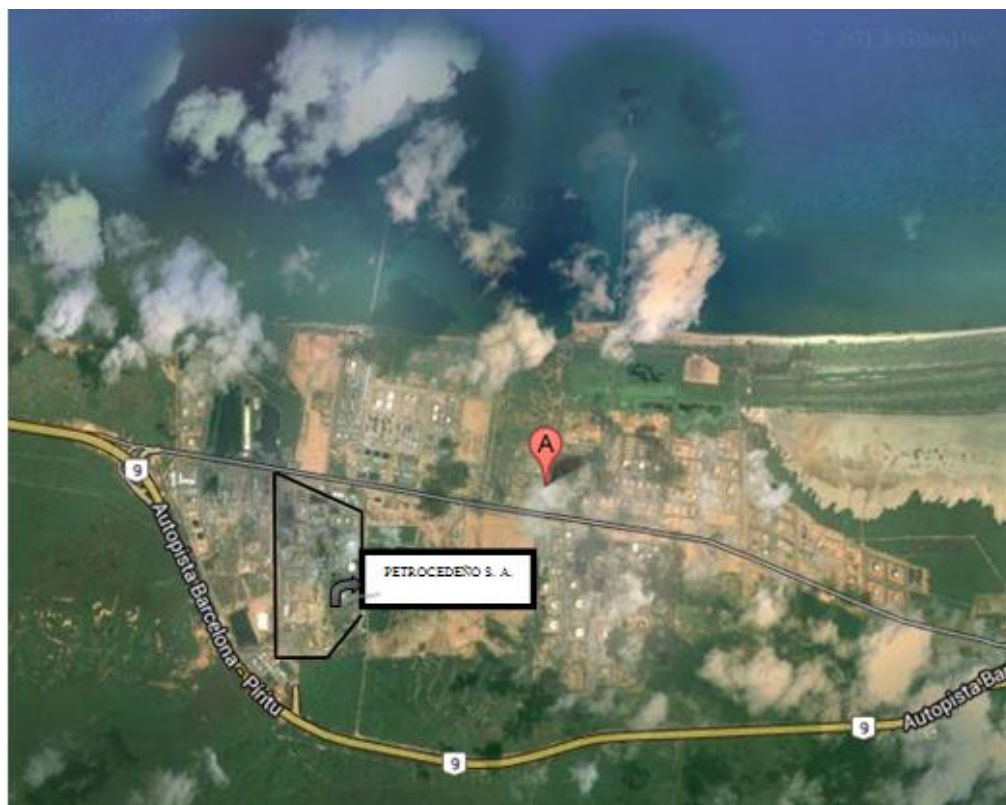


Figura 8: Localización del complejo industrial Jose Antonio Anzoátegui

Fuente: <https://maps.google.co.ve>

ANEXO 6: COMPONENTES DEL SUB-SISTEMA IN-BOUND

Tabla 33: Componentes del sub-sistema In-Bound y las estaciones de rodillos

Componentes	Inbound	Largo de Cinta (Mts)	Ancho de Cinta (in)	Velocidad (m/seg)	Estaciones de Rodillos de carga por cinta (Pzs)	Rodillos de retorno por cinta (Pzs)
Patio de almacenamiento						
Sistema de Gruas	2 Grúas					
Triturador	Trituradora de coque					
Cintas	Cinta CR-101	246	42	2	229	32
	Cinta CR-102	122	42	2	43	4
	Cinta CR-103	624	42	2	348	137
	Cinta CR-40-00	10	42	2	8	2
	Cinta CR-40-01	317	54	2	127	46
	Cinta CR-40-02	320	54	2	129	47
	Cinta CR-40-03	203	54	2	84	29
	Cinta CR-40-04	523	54	2	412	112
Torres de Transferencia	TT-101					
	TT-102					
	TT-103					
	TT-40-00					
	TT-40-01					
	TT-40-02A					
	TT-40-02B					
	TT-40-02C					

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrados por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

ANEXO 7: COMPONENTES DEL SUB-SISTEMA OUT-BOUND Y LAS ESTACIONES DE RODILLOS.

Tabla 34: Componentes del sub-sistema Out-bound y las estaciones de rodillos.

Componentes	Outbound	Largo de Cinta (Mts)	Ancho de Cinta (in)	Velocidad (m/seg)	Estaciones de Rodillos de carga por cinta (Pzs)	Rodillos de retorno por cinta (Pzs)
Feeders	Alimentadores del 1-26					
Cintas	Cinta CR-40-05	1318	54	2	505	158
	Cinta CR-40-06	1782	54	2	653	243
	Cinta CR-40-07	1552	54	2	601	226
	Cinta CR-70-08	2245	87	2	514	63
	Cinta CR-70-09	96	54	2	61	22
	Cinta CR-70-10	88	54	2	23	12
	Cinta CR-70-11	88	54	2	23	12
	Cinta CR-70-12	113	54	2	31	17
Torres de Transferencia	Cinta CR-70-13	113	54	2	31	17
	TT-40-03					
	TT-40-04					
	TT-40-05					
	TT-70-06					
Ship Loaders	TT-70-07					
	SL-01					
	SL-02					

Elaboración: Propia

Fuente: Información suministrados por la empresa, GMA Proyectos Siglo XXI C.A.

ANEXO 8: DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.

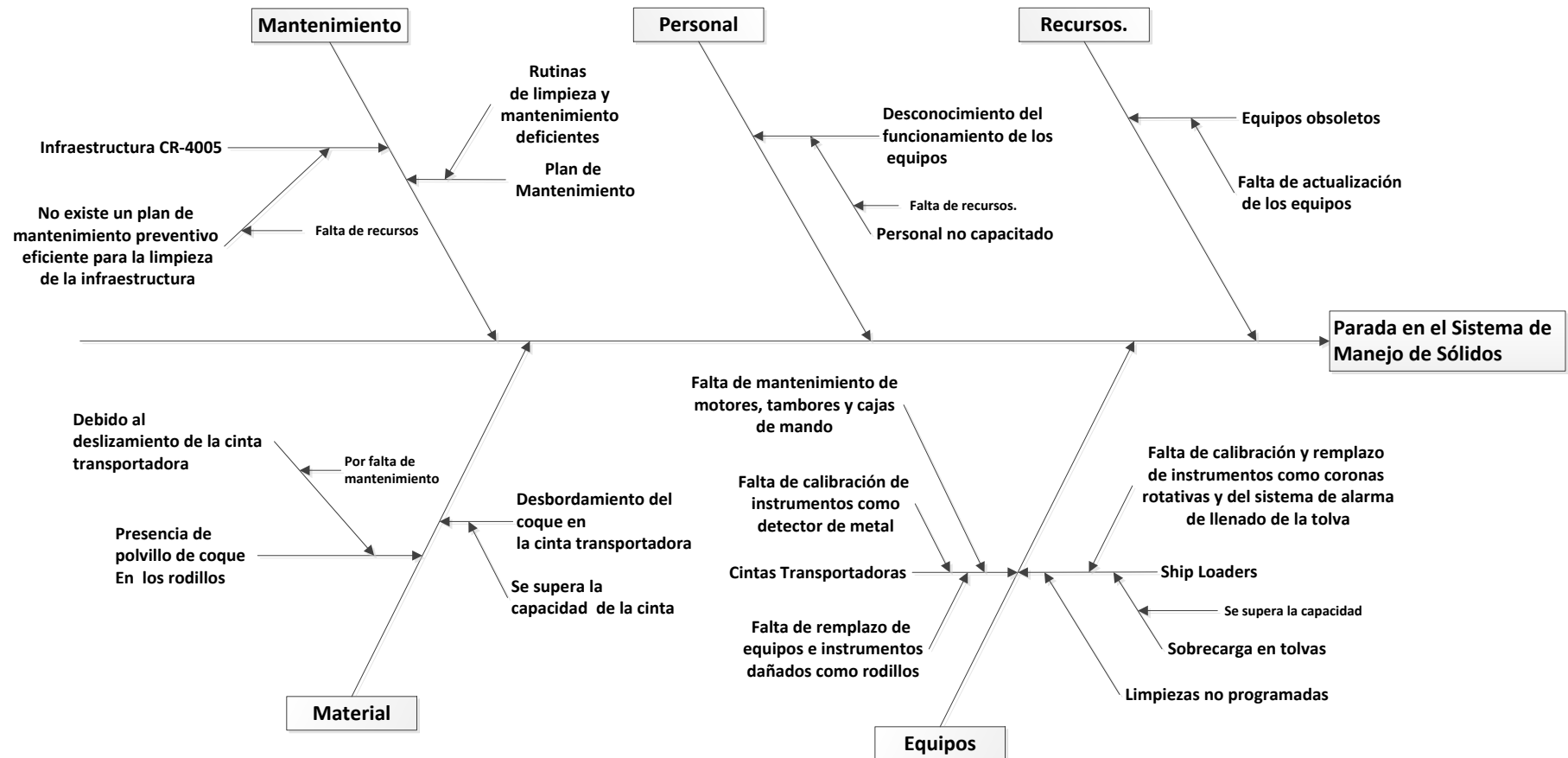


Figura 9: Diagrama Causa Efecto.

Elaboración: Propia

ANEXO 9: DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE LA MODELACIÓN

La realización de un modelo de simulación del proceso de despacho del coque, tiene como objetivo identificar las causas que afectan al sistema de manejo de sólidos de Petrocedeño S. A. y evaluar diferentes escenarios o propuestas de mejora que permitan incrementar la rata de carga del sistema. A continuación se explica el funcionamiento del modelo de simulación.

- **Tiempo de simulación**

Se realizaron inicialmente corridas pilotos para determinar si el modelo de simulación funcionaba adecuadamente y si representaba la situación actual. Se corrió el programa de simulación por tres (3) replicaciones lo cual equivale a 72 semanas de trabajo. Cabe destacar que cada replicación fue de ciento sesenta y ocho (168) días, por veinticuatro (24) horas cada una.

- **Representación del modelo de simulación**

En el ANEXO 10 y en el ANEXO 11 se puede observar la estructura del modelo de simulación realizado en *Rockwell Arena® versión 7*. A continuación se presentan los elementos que conforman el modelo de simulación.

- Sub-Sistema In-Bound
 - **Lógica de entrada de coque al sub-sistema In-Bound**
 - **Lógica de transporte por Cintas transportadoras**
- Sub-Sistema Out-Bound
 - **Lógica de despacho del coque – llegada del buque**
 - **Lógica de procesos de transporte**
- Cintas transportadoras
- Paradas y fallas

- Sub-Sistema In-Bound
 - Lógica de entrada de coque al sub-sistema In-Bound

Encendido del Inbound

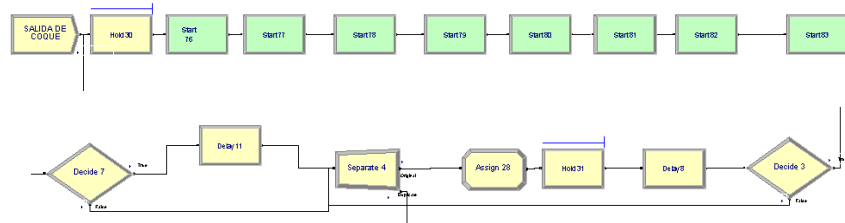


Figura 10: Lógica de entrada de coque al sub-sistema In-Bound

Elaboración: Propia

Al inicio de este modelo, tenemos el primer bloque (Create 1) el cual crea una entidad diaria representando la producción de coque en el complejo, y pasa a un hold (Hold 30), el cual controla las entidades creadas diariamente, luego esa entidad pasa al encendido de cintas transportadoras del sub-sistema In-Bound y termina con una lógica que separa de a cinco entidades para evitar colas en el modelo y al cumplir la producción diaria de coque (nueve mil toneladas) esta sale de la lógica. Cabe destacar que el valor de la entidad va a ser de cinco toneladas de coque, esto se puede apreciar en la figura N° 10

- Lógica de transporte por Cintas transportadoras

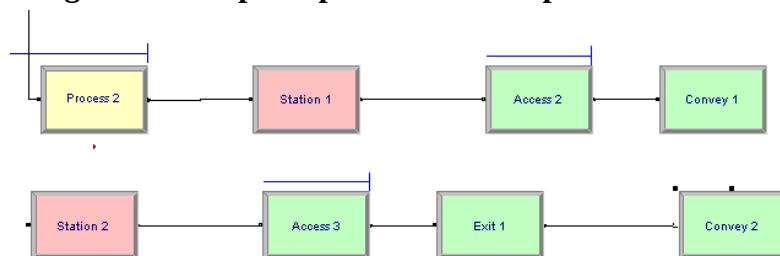


Figura 11: Lógica de transporte por Cintas transportadoras

Elaboración: Propia

Inicia con la llegada de entidades al primer proceso que corresponde a un recurso denominado GRUAS y al salir de este, entra al primer conjunto de bloques que conforman una cinta transportadora CR-101 como se ve en la figura 11. La cinta transportadora CR-101 está compuesta por los siguientes bloques:

- Bloque de estación entrante (Station 1)
- Bloque de acceso a la cinta (Access 3)
- Bloque de cinta transportadora (Convey 2)
- Bloque de estación destino (Station 2)
- Bloque de salida de entidad de banda transportadora (exit 1)

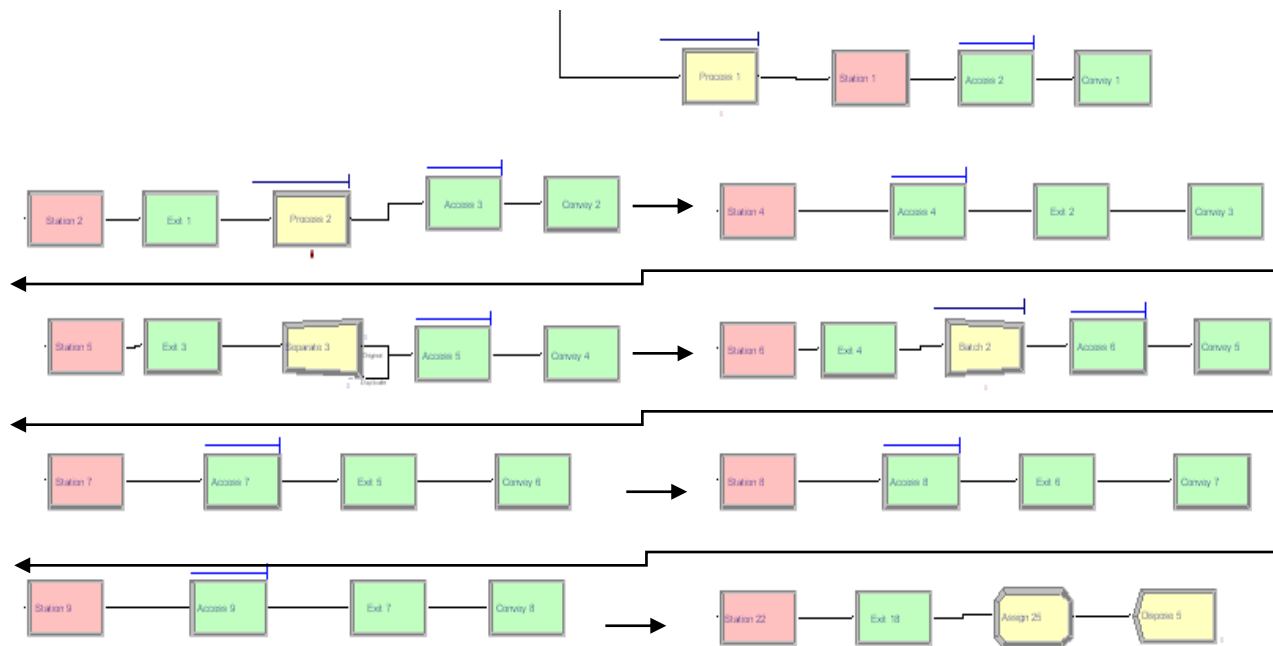


Figura 22: sistema de cintas transportadoras

Elaboración: Propia

Luego de salir de esta cinta las entidades entran a un bloque de proceso con un recurso definido como TRITURADORA DE COQUE y de aquí en adelante es un proceso de transporte consecutivo para la simulación de cintas transportadoras como se puede observar en la figura 12.



Figura 3: Cinta 40-00

Elaboración: Propia

En el conjunto de bloques de la cinta CR-40-00 es diferente ya que empieza y termina con un separate y un batch respectivamente ya que la capacidad de la cinta es para 1 tonelada de coque y como la entidad es de 5 toneladas se procedió a separarla mientras pasa por la cinta, luego al salir es unida nuevamente para continuar por el sub sistema. Esto se puede ver en la figura 13

Al final del sistema de cintas transportadoras las entidades pasan por un assign el cual se definió una variable de inventario para controlar las entradas de coque a los almacenes destinados a tal fin.

○ Sub-Sistema Out-Bound

Llegada del buque

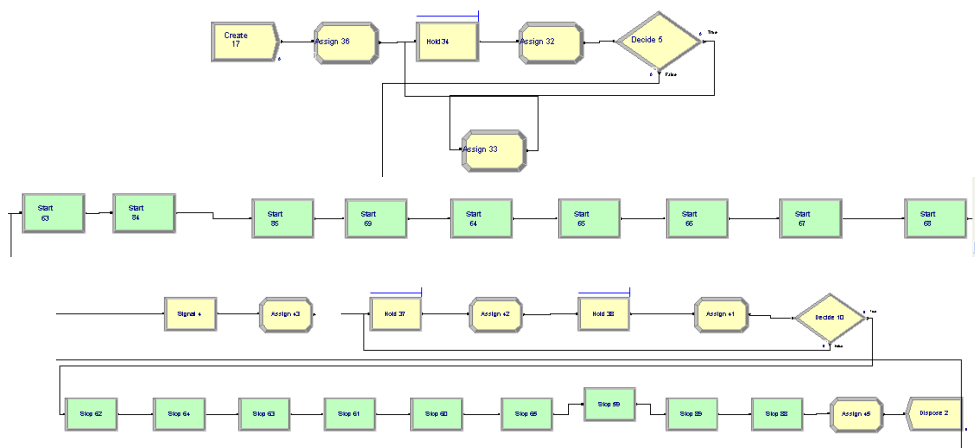


Figura 4: Llegada del buque

Elaboración: Propia

▪ **Lógica de despacho del coque – llegada del buque**

Como se puede ver en la figura 14, el bloque de arribos (Create 2) es el que proporciona la salida de buques al sub sistema Out-Bound, este bloque está configurado para crear buques de acuerdo a una tasa semanal constante, luego de la salida se procede al encendido de las cintas para iniciar el proceso de despacho llegando al bloque que emite una señal para abrir la lógica del proceso de transporte, este llega a un assign en el cual se le asignan las siguientes características (figura 15):

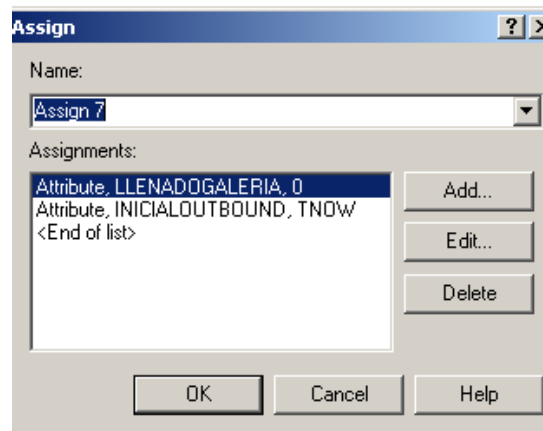


Figura 5: Atributos para el control de de uso del Shiploader

Elaboración: Propia

El primer atributo es colocado para tener un control adecuado para al llenado de las cinco galerías del buque. Este sirve para alternar también los Shiploaders y para saber si se completo el llenado del buque.

El segundo atributo es colocado para tener la medición el tiempo en el cual se empieza a cargar el buque

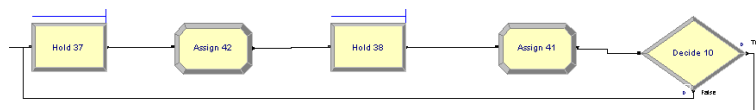


Figura 6: Control del Shiploader

Elaboración: Propia

Después de este assign, la entidad pasa por ciertos bloques mostrados en la figura 16 en el cual hace el control del Shiploader mientras se están llenando las galerías. Se muestra un hold en el cual escanea la siguiente condición:

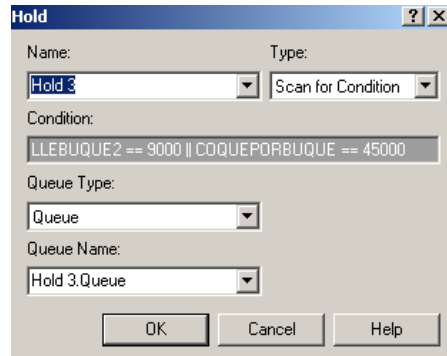


Figura 7: Condición del Hold 37

Elaboración: Propia

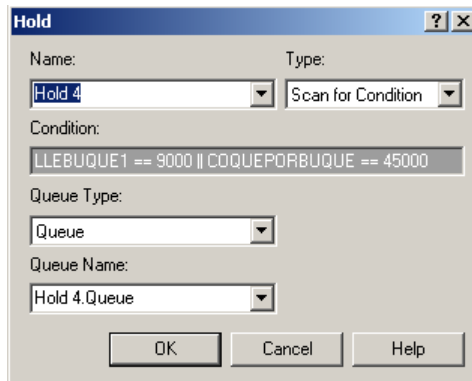


Figura 8: Condición del Hold 38

Elaboración: Propia

Se definieron estas 3 variables para el control de cada galería del buque y por ende, el llenado completo del mismo. Al haber culminado el despacho del mismo este se retira y se va del sistema.

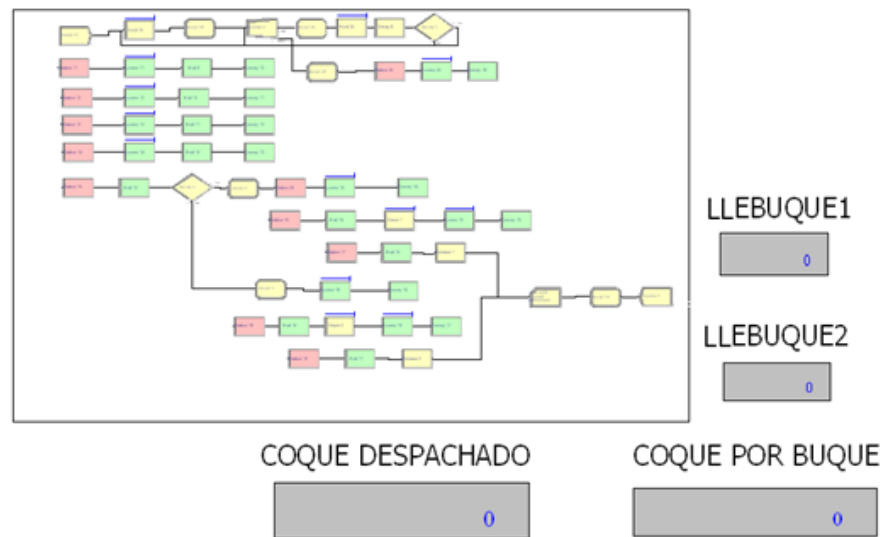


Figura 9: Sub-sistema Out-Bound

Elaboración: Propia

▪ **Lógica de procesos de transporte**

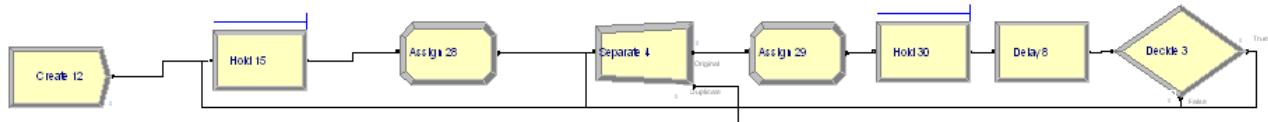


Figura 20: Lógica de Entrada del Coque al Sub-sistema Out-Bound

Elaboración: Propia

La lógica comienza con el bloque de creación número 12 (Create 12) el cual arroja una sola entidad en todo el tiempo de simulación, esta entidad llega a un Hold de tipo Signal, el cual va a liberar la entidad cuando el buque pase por el Signal 3.

La entidad al salir del Hold 15 entra a una lógica que evalúa las colas críticas en el sistema para no arrojar todo el despacho en el sistema, separando de a cinco entidades y arrojándolas en el sistema, la entidad preguntaría si el despacho ya se completo, si la respuesta es afirmativa, la entidad volvería al hold 15 hasta la llegada del próximo buque, si es negativa, la entidad volvería a separar de a cinco entidades hasta completar el despacho. Esto se puede ver completamente en la figura 20.

Recordamos que la cantidad a despachar por buque es de cuarenta y cinco mil toneladas y que cada buque está conformado por cinco galerías de nueve mil toneladas cada una.

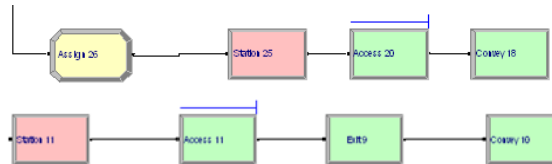


Figura 101:

Elaboración: Propia

A partir de la salida del Separate4 las entidades empiezan a ser descontadas del inventario y luego comienzan su recorrido por el sistema de cintas transportadoras compuesto igualmente por los siguientes componentes:

- Bloque de estación entrante
- Bloque de acceso a la cinta
- Bloque de cinta transportadora
- Bloque de estación destino

Esto se puede visualizar en la figura 21 y el sub sistema completo la figura 22

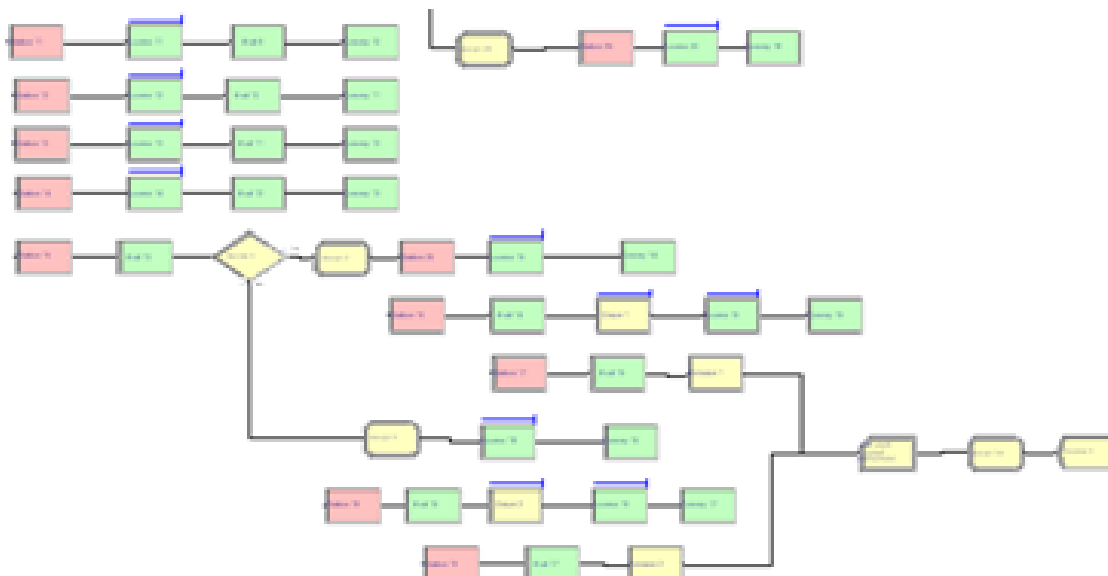


Figura 11: Cintas Transportadoras del Sub-sistema Out-Bound

Elaboración: Propia

○ **Cintas transportadoras**

Las cintas transportadoras que fueron colocadas en el modelo de simulación tienen la siguiente configuración:

Tabla 35: Características de las cintas transportadoras

Cintas	Long (cm)	Velocidad (m/seg)	Estándar	CellSize
Cinta CR-101	12300		2	6150
Cinta CR-102	6100		2	6100
Cinta CR-103	31200		2	6240
Cinta CR-40-00	1000		2	5000
Cinta CR-40-01	15850		2	3170
Cinta CR-40-02	16000		2	3200
Cinta CR-40-03	10150		2	5075
Cinta CR-40-04	26150		2	3765
Cinta CR-40-05	65900		2	4125
Cinta CR-40-06	89100		2	3715
Cinta CR-40-07	77600		2	3700
Cinta CR-70-08	112250		2	1440
Cinta CR-70-09	4800		2	4800
Cinta CR-70-10	4405		2	4405
Cinta CR-70-11	4405		2	4405
Cinta CR-70-12	5650		2	2825
Cinta CR-70-13	5650		2	2825

Elaboración: Propia

El CellSize se obtuvo teniendo el área ocupada por coque de cada cinta transportadora, la longitud de la cinta transportadora, y la densidad del coque (2,065 ton/m³).

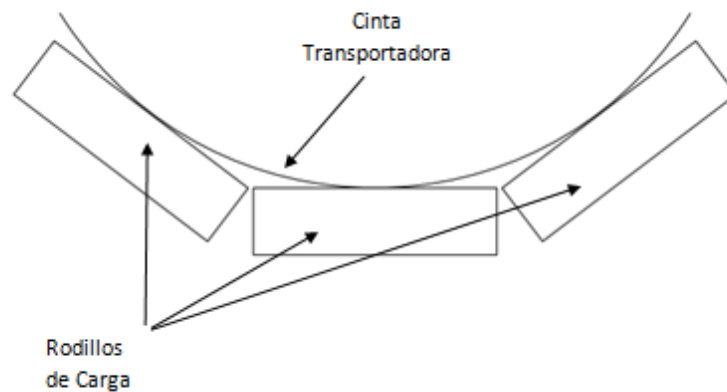


Figura 12: Área de la cinta transportadora

Elaboración: Propia

A partir de la figura 23 se saco un estimado del área ocupada por coque de la cinta transportadora como se ve en la figura 24

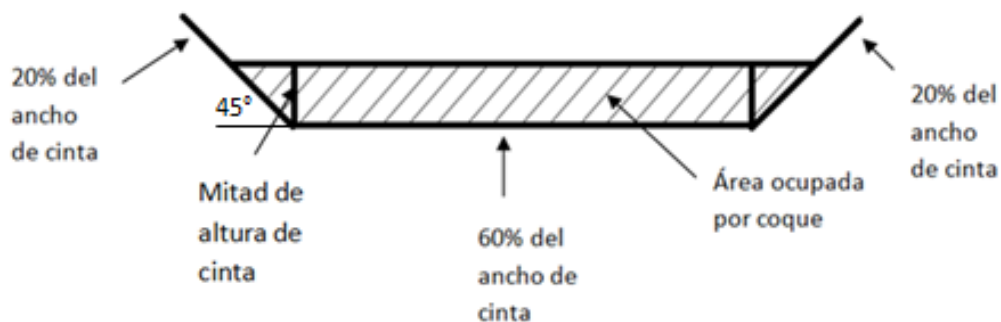


Figura 13: Estimación del área de la cinta transportadora

Elaboración: Propia

Después de esto se dividió la sección del área en 2 triángulos y un rectángulo y se totalizo para seguir el procedimiento utilizando la densidad para el cálculo del CellSize

Tabla 36: Calculo del CellSize

Cintas	Área (m2)	Área por densidad del coque (Tn/m)	Capacidad en peso de una banda (tn)	Redondear (tn/cinta)	Llevar a múltiplo de 5	Entidad = 5 toneladas	CellSize
Cinta CR-101	0.0390	0.0806	9.9087	10	10	2	6150
Cinta CR-102	0.0390	0.0806	4.9141	5	5	1	6100
Cinta CR-103	0.0390	0.0806	25.1344	25	25	5	6240
Cinta CR-40-00	0.0390	0.0806	0.8056	1	1	1	5000
Cinta CR-40-01	0.0645	0.1332	21.1073	21	25	5	3170
Cinta CR-40-02	0.0645	0.1332	21.3070	21	25	5	3200
Cinta CR-40-03	0.0645	0.1332	13.5166	14	10	2	5075
Cinta CR-40-04	0.0645	0.1332	34.8236	35	35	7	3765
Cinta CR-40-05	0.0645	0.1332	87.7582	88	80	16	4125
Cinta CR-40-06	0.0645	0.1332	118.6534	119	120	24	3715
Cinta CR-40-07	0.0645	0.1332	103.3390	103	105	21	3700
Cinta CR-70-08	0.1659	0.3426	384.5734	385	390	78	1440
Cinta CR-70-09	0.0645	0.1332	6.3921	6	5	1	4800
Cinta CR-70-10	0.0645	0.1332	5.8661	6	5	1	4405
Cinta CR-70-11	0.0645	0.1332	5.8661	6	5	1	4405
Cinta CR-70-12	0.0645	0.1332	7.5240	8	10	2	2825
Cinta CR-70-13	0.0645	0.1332	7.5240	8	10	2	2825

Elaboración: Propia

○ Paradas por fallas

Se creo la lógica de paradas por fallas de acuerdo al dia de ocurrencia de la falla en el mes y el tiempo de los equipos afectados. La falla ocurrirá al inicio de la carga con un delay con un tiempo respectivo a cada equipo.

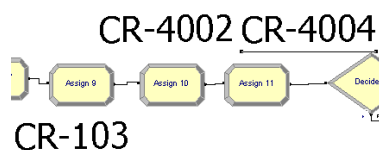


Figura 14: Lógica de parada y falla

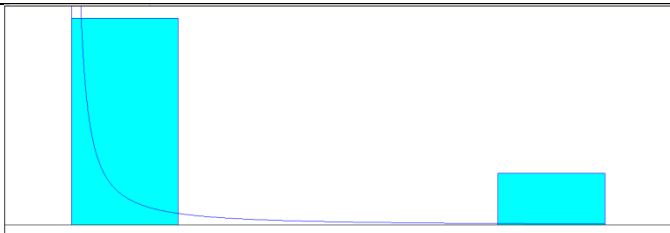
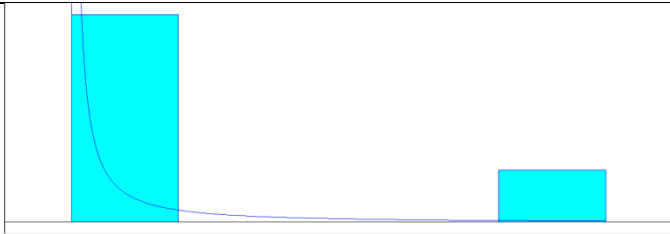
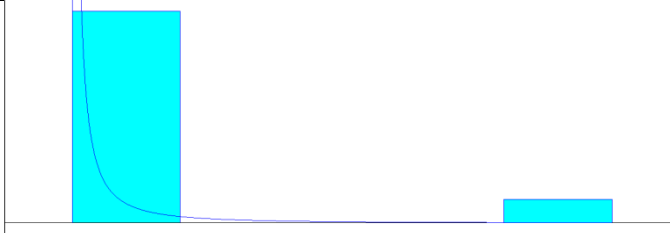
Elaboración: Propia

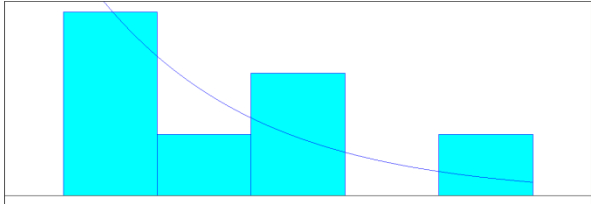
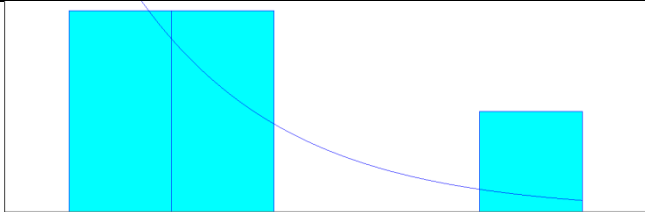
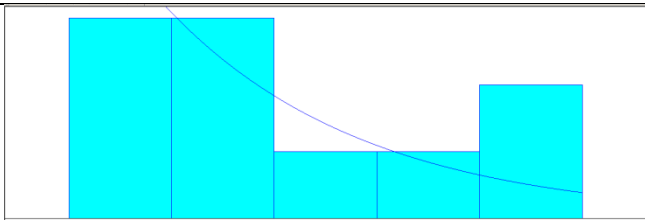
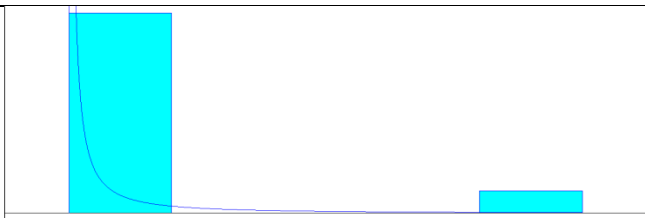
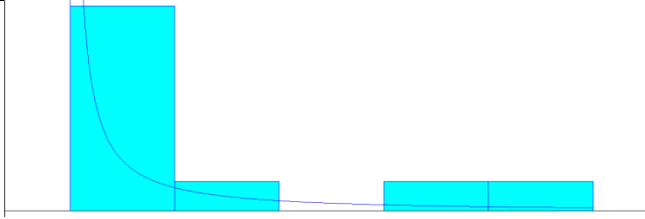
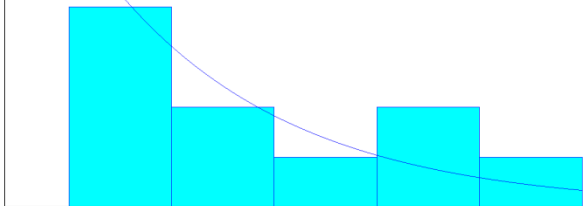
Como se puede ver en la figura 26, la entidad que pasa por estos 3 assign se le asignara los tiempos correspondientes de fallas para luego entrar a un decide que evalua el dia de ocurrencia de la falla y asi entrar a un delay para que la entidad espere a que la falla se realice

Para los tiempos de parada por equipo, se agregaron en la herramienta del software Arena llamada input analyzer los datos de parada correspondientes a cada equipo, para así tener una distribución estadística acerca del comportamiento mensual de los tiempos de paradas.

Se van a presentar los resultados del input analyzer en la siguiente tabla y además los diagramas arrojados por la herramienta

Tabla 37: Resultados arrojados por la herramienta Input Analyzer

Equipo	Distribución	Diagramas
Grúas	-0.001 + WEIB(0.0657, 0.214)	
Cinta CR-103	-0.001 + WEIB(0.0613, 0.218)	
Cinta CR-40-02	-0.001 + WEIB(0.0118, 0.264)	

Cinta 40-04	CR-	$-0.001 + \text{EXPO}(12)$	
Cinta 40-05	CR-	$-0.001 + \text{EXPO}(39.5)$	
Cinta 70-08	CR-	$-0.001 + \text{EXPO}(12)$	
Cinta 70-09	CR-	$-0.001 + \text{WEIB}(0.0161, 0.235)$	
Cinta 70-13	CR-	$-0.001 + \text{WEIB}(0.0796, 0.202)$	
SL 1		$-0.001 + \text{WEIB}(1.3, 0.245)$	
SL 2		$-0.001 + \text{EXPO}(9.19)$	

Elaboración: Propia

A continuación se presenta en la figura 26 las lógicas completas por equipo de paradas por fallas presentadas en el modelo de simulación.

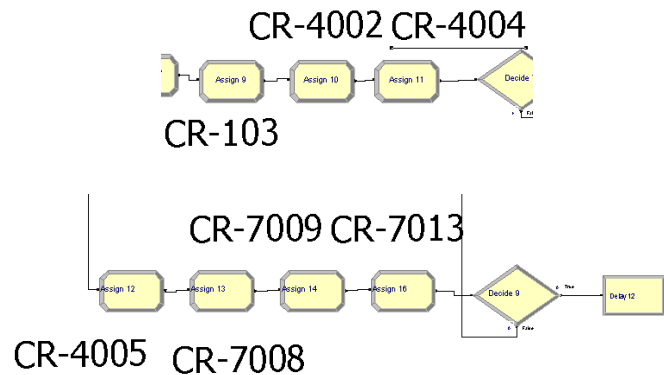


Figura 15: Lógica de paradas por fallas en el sistema de manejo de sólidos

Elaboración: Propia

- **Verificación y Validación del modelo de simulación**

Para la validación del modelo de la situación actual se utilizaron veinticuatro buques que se ejecutaron en el periodo de estudio, por lo que se validó el modelo con el tiempo de carga de los buques mensuales para una cantidad de despacho constante por buque. En la tabla N° 4 se muestra los 10 meses con la cantidad de buques por mes de capacidad de cuarenta y cinco mil toneladas cada uno.

Tabla 38: Valores reales para la validación de los datos

Mes	Buques Nominados	Tiempo de Carga Total (Horas)	Tiempo de Carga por buque (Horas)	Promedio Buque	Máximo Buque	Mínimo Buque
Feb-12	4	242,48	59,35	79,59	140,32	57,38
Mar-12	4	301,00	79,87	Promedio al Mes	Máximo al Mes	Mínimo al Mes
Abr-12	4	325,50	82,31	187,30	325,50	102,60
May-12	1	200,50	140,32	Promedio Mes Buques 4	Máximo Mes 4 Buques	Mínimo Mes 4 Buques
Jun-12	1	105,40	75,89	289,66	325,50	242,48
Jul-12	2	102,60	57,38	Promedio Mes Buques 1	Máximo Mes 1 Buques	Mínimo Mes 1 Buques
Ago-12	2	138,25	75,32	152,95	200,50	105,40
Sep-12	2	150,60	71,94	Promedio Mes Buques 2	Máximo Mes 2 Buques	Mínimo Mes 2 Buques
Oct-12	2	140,50	70,92	139,62	166,15	102,60
Feb-13	2	166,15	82,62			

Elaboración: Propia

Antes de proceder a la validación del modelo de simulación se necesita conocer cuántas replicaciones deben realizarse; cuando se manejan variables estocásticas es necesario efectuar varias replicaciones para obtener un resultado con un nivel de confianza y error deseado. En el grado que se tengan mayor número de replicaciones se tendrá un mejor estimador puntual de los valores de las variables en estudio; el equilibrio se logra cuando una replicación adicional no agrega mayor exactitud al resultado puntual.

Se realizan treinta replicaciones de prueba de todos los buques para calcular el número de replicaciones necesarias y obtener un nivel de confianza de 95% y un error no mayor a 10%. El número de replicaciones que más se adapta al modelo de simulación es de

siete replicaciones. A continuación se presenta el mes de julio que presentó el mayor número de replicaciones de la muestra.

Tabla 39: Cálculo del número de replicaciones

k	S	e	n
1.96	9,0398	6,981	6,4416

Elaboración: Propia

Para el resto de los meses en la tabla n se observa el número de replicaciones necesarias por mes, con su respectiva desviación estándar y su promedio.

A partir de los resultados obtenidos por el modelo de simulación se procede a validar cada mes. Por ejemplo, para el buque número uno (1) se grafica el valor real del tiempo de carga, se crea un intervalo de control con el valor máximo y el valor mínimo, y se grafica los resultados de cada replicación arrojados por el modelo de simulación; en el gráfico N° 1 se puede observar que todos los valores correspondientes al comportamiento del modelo cuando se despachan el primer mes que cumple con el comportamiento del sistema real debido a que todos los valores se encuentran dentro del intervalo de control, quedando validado el modelo para esta orden en específico.

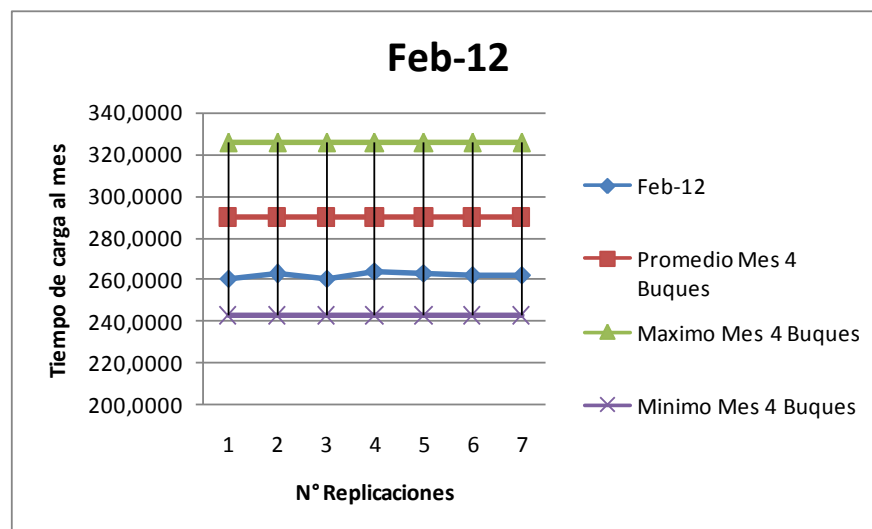


Gráfico 7: Validación del mes de Febrero

Elaboración: Propia

Las validaciones para los nueve meses restantes se presentan en los siguientes gráficos, donde se puede observar que cada uno de los despachos cumple con el comportamiento del sistema real del Out-bound.

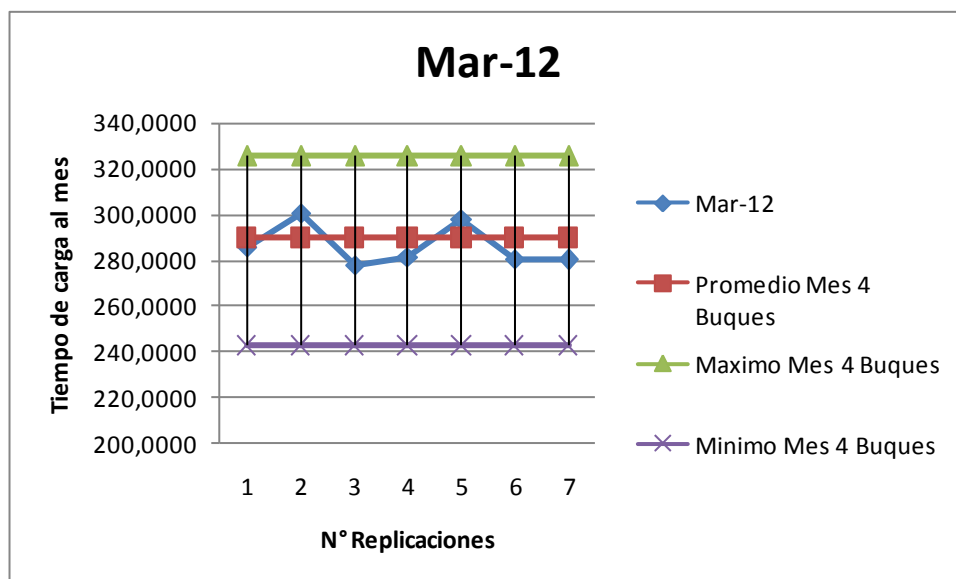


Gráfico 8: Validación del mes de Marzo

Elaboración: Propia

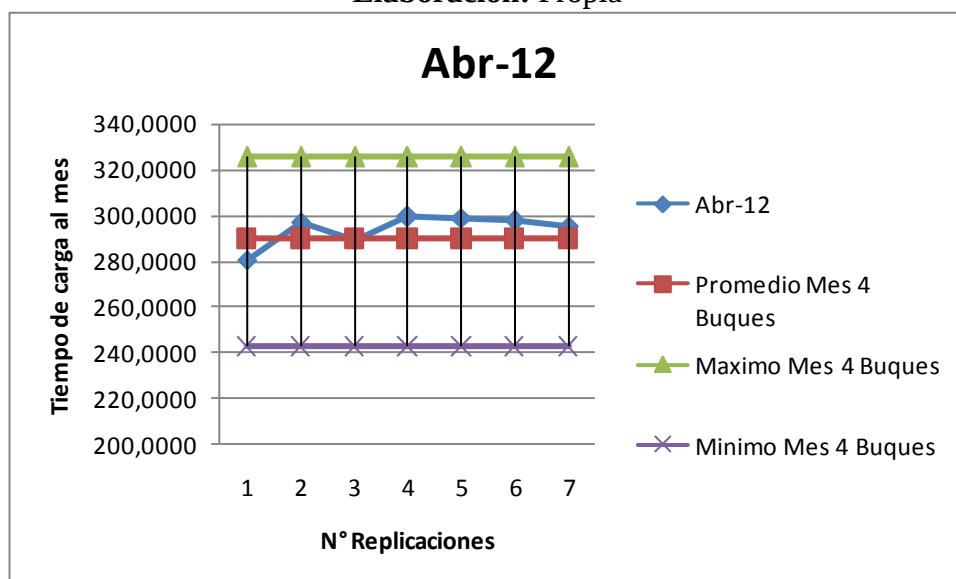


Gráfico 9: Validación del mes de Abril

Elaboración: Propia

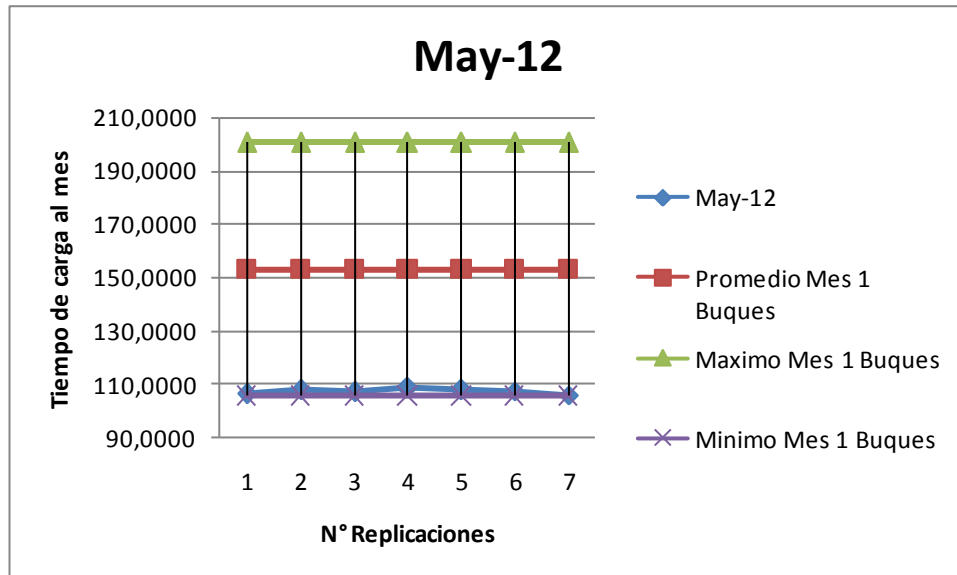


Gráfico 10: Validación del mes de Mayo

Elaboración: Propia

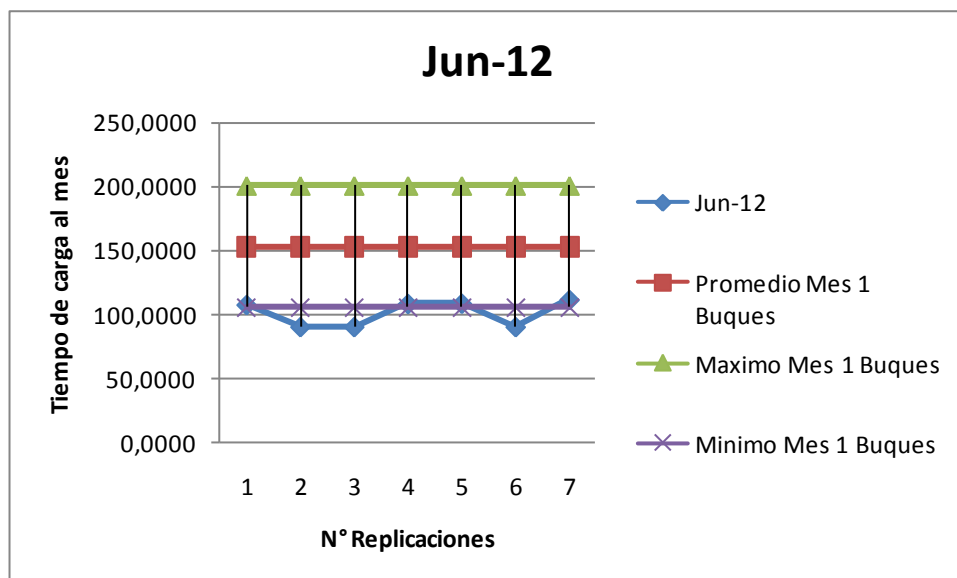


Gráfico 11: Validación del mes de Junio

Elaboración: Propia

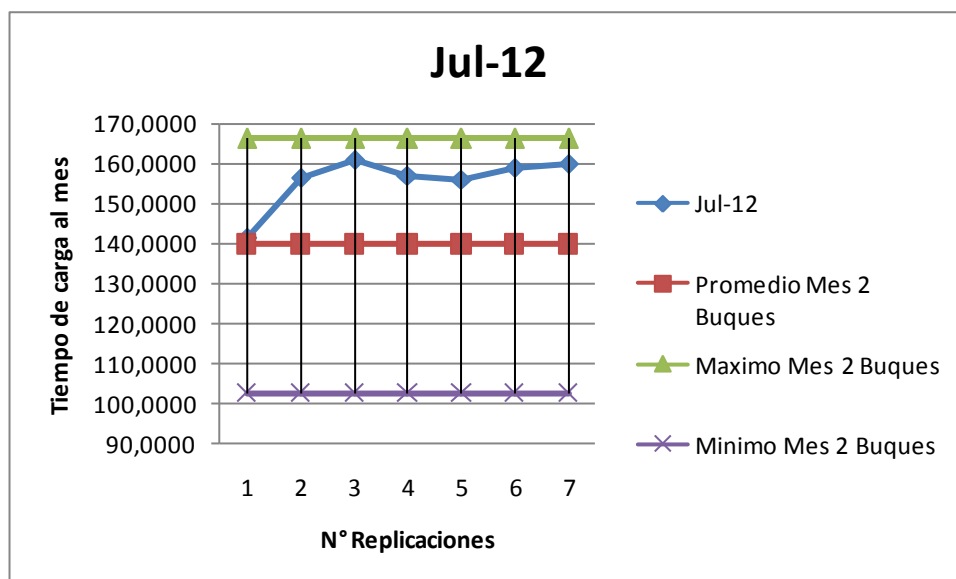


Gráfico 12: Validación del mes de Julio

Elaboración: Propia

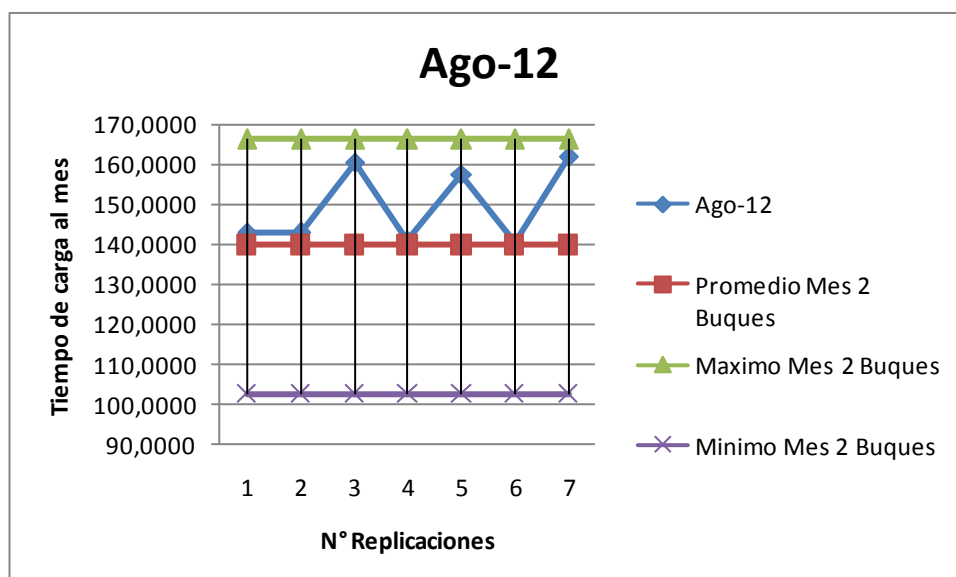


Gráfico 13: Validación del mes de Agosto

Elaboración: Propia

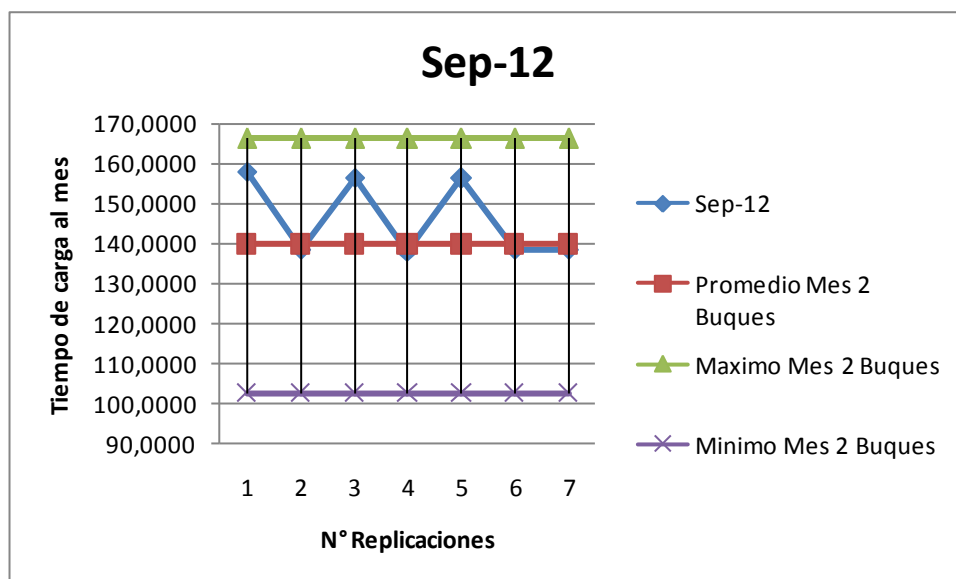


Gráfico 14: Validación del mes de Septiembre

Elaboración: Propia

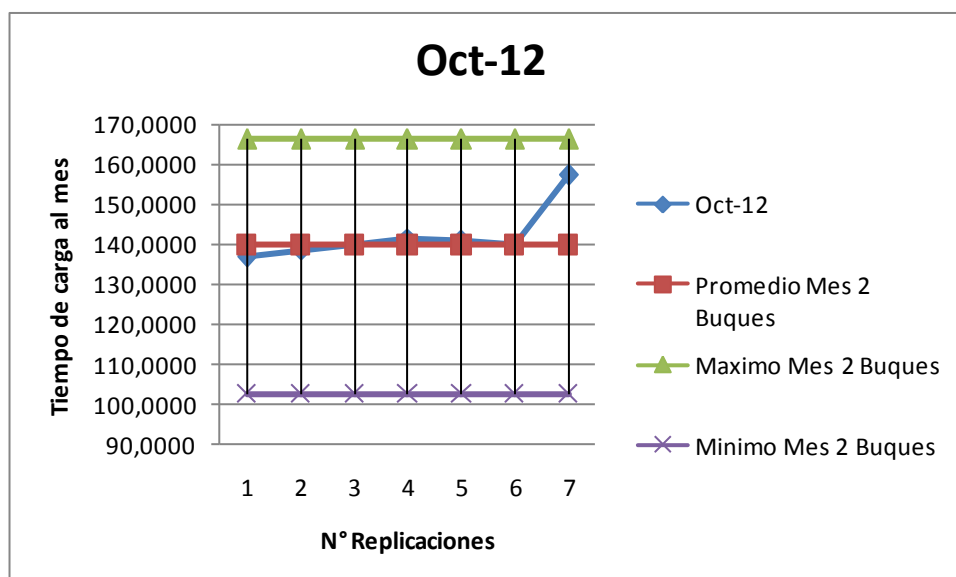


Gráfico 15: Validación del mes de Octubre

Elaboración: Propia

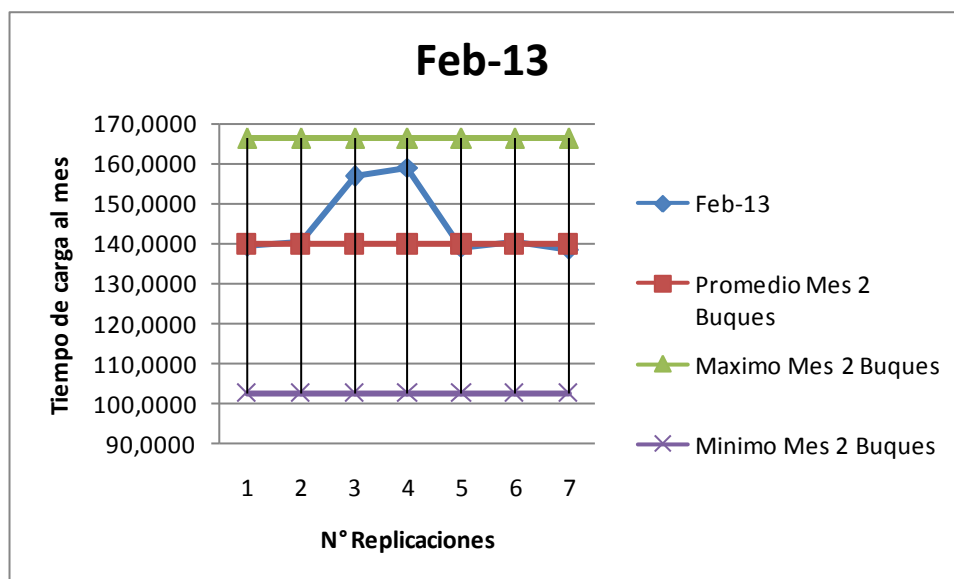


Gráfico 16: Validación del mes de Febrero

Elaboración: Propia

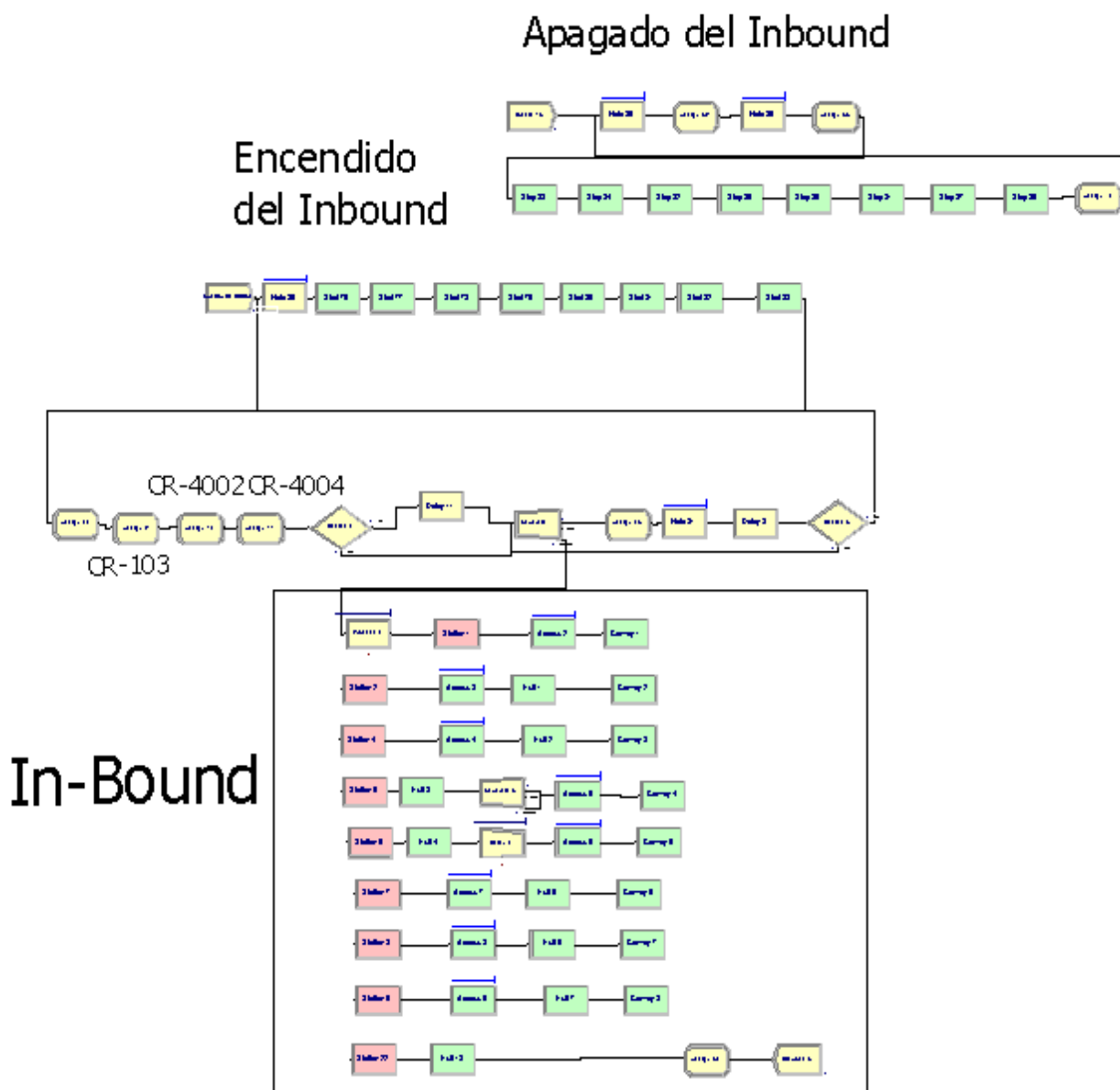
Una vez observados los gráficos antes expuestos, se evidencia la validación del modelo para los 24 despachos de buques estudiados, ya que los resultados arrojados por el modelo de simulación se ajustan correctamente a los datos reales del sistema esto se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 40: Resultados de las corridas de simulación

Replicaciones	Feb-12	Mar-12	Apr-12	May-12	Jun-12	Jul-12	Aug-12	Sep-12	Oct-12	Feb-13
1ra	260.0731	285.4552	280.3940	106.2234	107.6322	141.2854	142.7988	158.0038	136.7158	139.2318
2da	262.3944	300.3515	296.9358	107.5928	90.5265	156.5282	142.7268	138.4163	138.4490	140.4517
3ra	260.4414	277.8512	289.1275	106.8740	90.5265	160.9016	160.5302	156.4336	139.8427	156.6439
4ta	263.7439	281.5589	299.2706	108.4710	108.3871	156.8413	141.1052	138.1116	141.4659	159.0309
5ta	262.7812	297.9701	298.8325	107.6337	108.6075	155.8276	157.4823	156.1086	140.7657	139.0344
6ta	262.0386	280.4223	297.4446	107.4277	90.5265	158.9526	140.3011	138.4286	139.8849	140.4517
7ma	262.0666	280.0001	295.3945	105.7157	111.4842	159.9912	161.7723	138.4163	157.1128	138.4004
Promedio de los tiempos de carga por el modelo	261.9342	286.2299	293.9142	107.1340	101.0986	155.7611	149.5310	146.2741	142.0338	144.7493
Tiempos de carga reales del sistema	242.48	301	325.5	200.5	105.4	102.6	138.25	150.6	140.5	166.15
Volumen despachado del modelo	180000	180000	180000	45000	45000	90000	90000	90000	90000	90000
Volumen despachado real del sistema	183838.00	169594.51	177945.00	64300.00	62500.50	80465.53	82600.00	94200.30	89153.41	90500.00
Rata de Carga del modelo	687.1955	628.8651	612.4236	420.0346	445.1098	577.8079	601.8820	615.2831	633.6518	621.7648
Rata de Carga real del sistema	758.1574	563.4369	546.6820	320.6983	592.9839	784.2644	597.4684	625.5000	634.5438	544.6885
Promedio Rata de Carga del modelo	584.4018									
Promedio Rata de Carga real del sistema	596.8424									

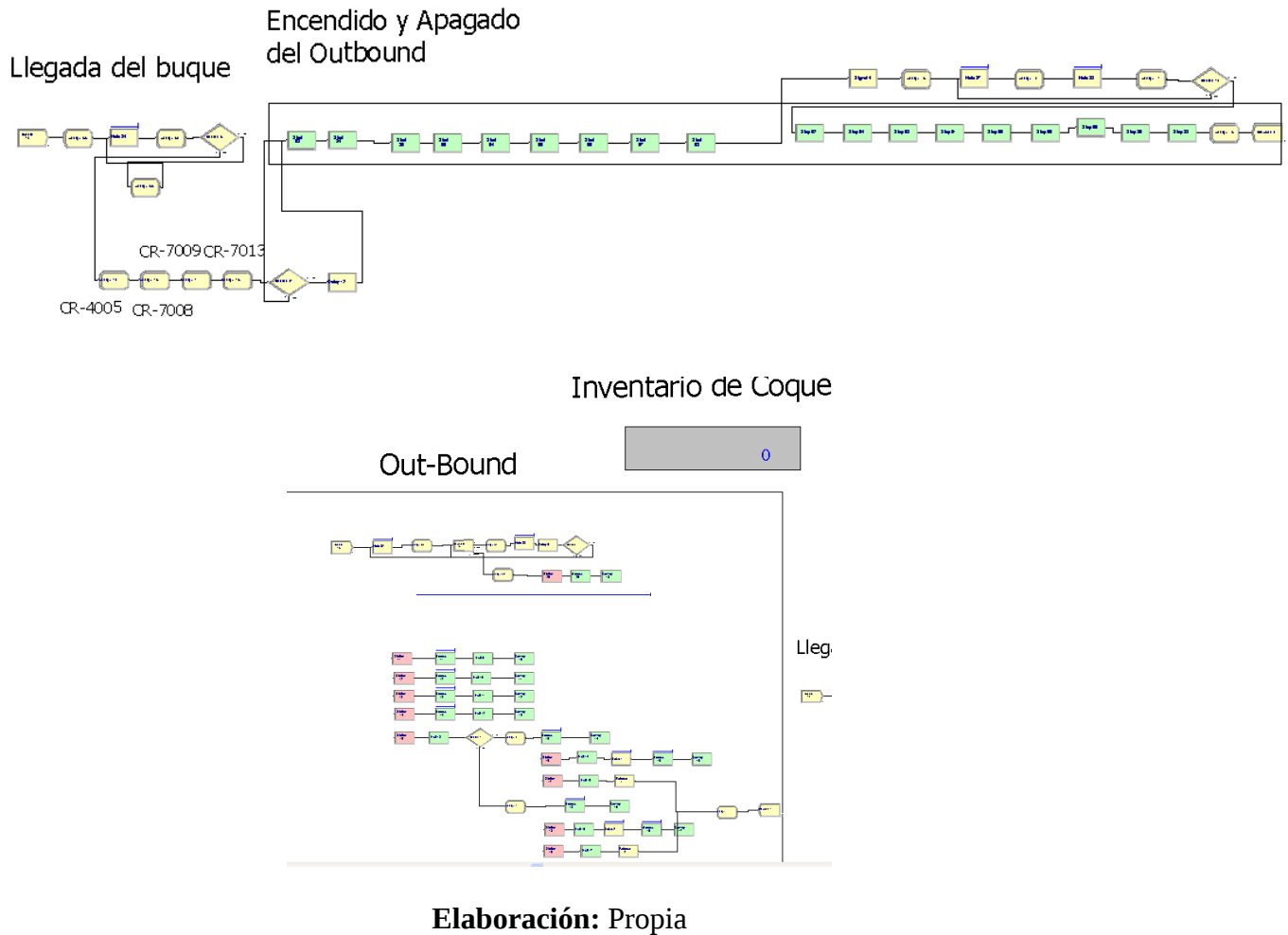
Elaboración: Propia

ANEXO 10: ESTRUCTURA DEL MODELO DE SIMULACION, SUB-SISTEMA IN-BOUND



Elaboración: Propia

ANEXO11: ESTRUCTURA DEL MODELO DE SIMULACION, SUB-SISTEMA OUT-BOUND



ANEXO 12: RESULTADOS OBTENIDOS POR LA PRIMERA CORRIDA DEL MODELO

Tabla 41: Resultados obtenidos

	Feb-12	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Feb-13
1ra	260,0731	285,4552	280,3940	106,2234	107,6322	141,2854	142,7988	158,0038	136,7158	139,2318
2da	262,3944	300,3515	296,9358	107,5928	90,5265	156,5282	142,7268	138,4163	138,4490	140,4517
3ra	260,4414	277,8512	289,1275	106,8740	90,5265	160,9016	160,5302	156,4336	139,8427	156,6439
4ta	263,7439	281,5589	299,2706	108,4710	108,3871	156,8413	141,1052	138,1116	141,4659	159,0309
5ta	262,7812	297,9701	298,8325	107,6337	108,6075	155,8276	157,4823	156,1086	140,7657	139,0344
6ta	262,0386	280,4223	297,4446	107,4277	90,5265	158,9526	140,3011	138,4286	139,8849	140,4517
7ma	262,0666	280,0001	295,3945	105,7157	111,4842	159,9912	161,7723	138,4163	157,1128	138,4004
8va	260,6117	297,1669	300,2687	88,5265	108,0343	139,1537	156,2501	136,9746	138,1280	157,2533
9na	263,1208	287,4865	299,3987	108,3222	109,4660	138,9106	158,2402	158,2264	139,3328	138,7049
10ma	260,3651	289,1275	281,4487	107,6535	90,5265	141,0076	156,7258	141,1246	140,2038	138,5932
11ma	259,7862	277,7134	278,0220	104,5534	90,5265	158,7029	157,9653	138,4163	139,2281	140,7614
12ma	260,3979	284,1273	294,6301	106,6068	111,9508	141,2003	139,5495	141,1246	136,6157	155,5499
13ra	260,7886	296,6541	274,3227	101,7553	109,4915	141,0452	160,4825	140,3170	139,6297	140,4517
14ta	261,4787	296,1669	289,1275	105,7871	90,5265	138,7428	156,4913	141,1246	139,0632	155,1124
15ta	258,8145	292,9818	295,1196	85,5265	109,7030	140,6789	159,2083	137,3362	161,0228	157,8848
16ta	259,0404	295,8085	278,9125	103,1208	109,5306	140,1483	156,5481	159,0303	138,1299	141,3798
17ma	260,1400	295,6972	280,7928	106,7938	110,5647	157,4111	157,7086	138,1164	161,2327	158,2385
18va	259,6953	296,8843	291,3357	85,5265	110,8911	142,3307	138,9274	140,1638	141,0512	158,7012
19na	260,6148	297,0182	300,1680	103,2018	111,6014	137,6071	141,9497	157,2015	138,1982	137,1076
20ma	259,7161	289,1275	289,1275	103,9524	107,5796	139,3479	156,2741	138,4163	155,5534	141,3520
21ra	260,7987	302,6929	298,0703	85,5265	109,9030	154,9799	142,7573	136,5527	157,4568	140,4517
22da	260,9477	294,9537	300,1884	101,7117	106,5658	139,0464	142,0465	138,4163	138,6695	138,5970
23ra	260,9609	294,5589	289,1275	105,4356	110,3834	157,4500	140,0440	139,2981	139,0558	140,3354
24ta	260,5068	288,1572	279,7314	106,7594	108,8080	141,4820	157,0593	137,1530	156,4280	159,3583
25ta	260,7468	295,8270	276,7766	104,0347	107,7284	138,3216	159,4826	141,1246	142,0507	153,7443
26ta	263,3136	298,0211	294,4231	101,7119	109,1250	156,9662	141,4088	142,5893	155,7185	138,5964
27ma	261,1524	275,1573	281,3621	102,1981	90,5265	160,0209	158,1566	138,3442	137,9455	140,4517
28va	261,2531	297,4853	281,1246	85,5265	108,9030	140,9620	140,3049	156,0001	163,3921	140,8922
29na	260,0978	281,7686	294,7049	105,8060	108,8874	140,2513	142,1547	138,4163	138,7320	156,6781
30ma	258,1119	294,1323	275,3072	105,5117	111,2814	138,4209	141,2590	138,4163	139,3088	142,3981
Promedio	260,8666	290,7441	289,3630	102,1829	105,0065	147,1505	150,2570	143,2601	144,3461	146,1946
Desviacion Est	1,3191	7,7755	8,8212	7,5771	8,2216	9,0398	8,7080	8,0077	8,8742	8,5741
Error	14,483	14,483	14,483	7,6475	7,6475	6,981	6,981	6,981	6,981	6,981
N Replicaciones	0,0319	1,1073	1,4251	3,7712	4,4400	6,4416	5,9774	5,0547	6,2078	5,7950

Elaboración: Propia

**ANEXO 13: INCORPORACIONES AL MODELO DE SIMULACION PARA LA
CORRIDA DE LA MEJORA 1 Y MEJORA 2**

MEJORA 1

Llegada del buque

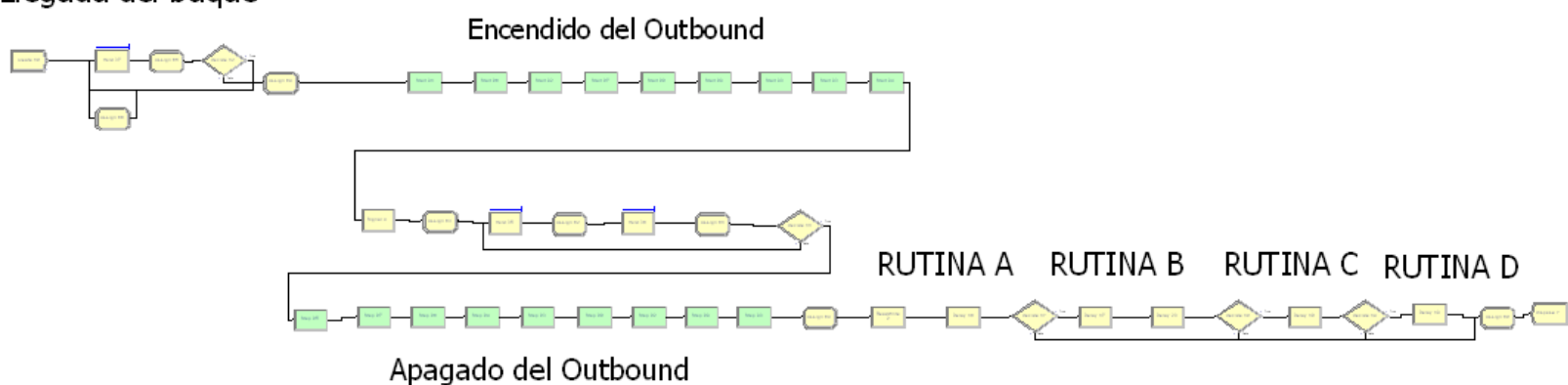
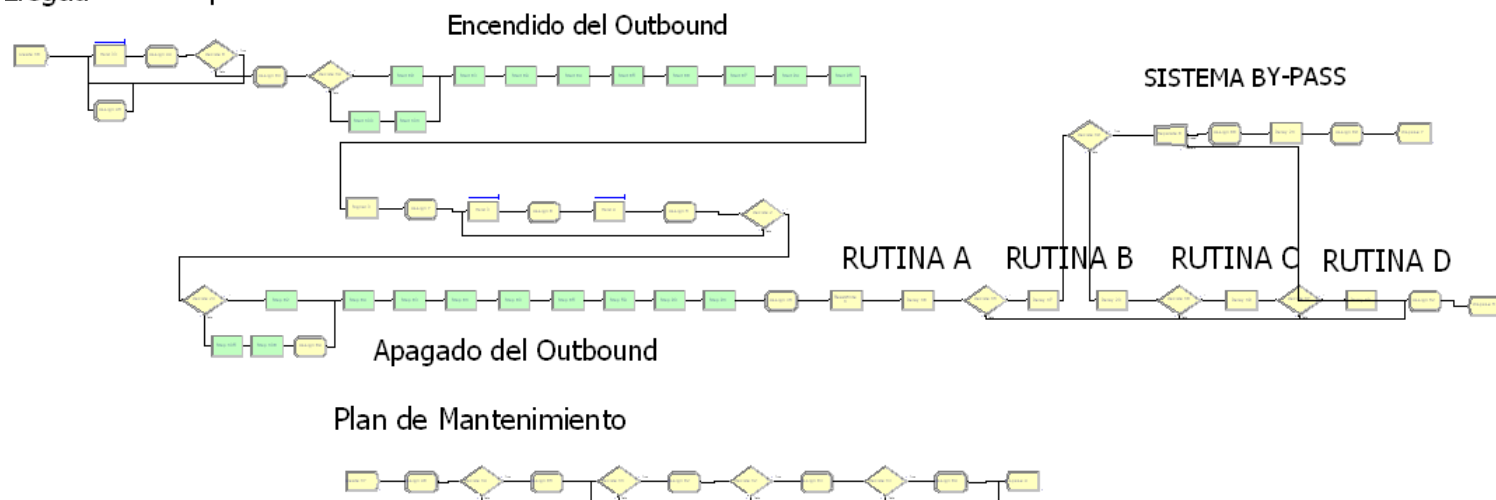


Figura 16: Incorporaciones al modelo para la mejora 1

Elaboración: Propia

MEJORA 2

Llegada del buque



Out-Bound

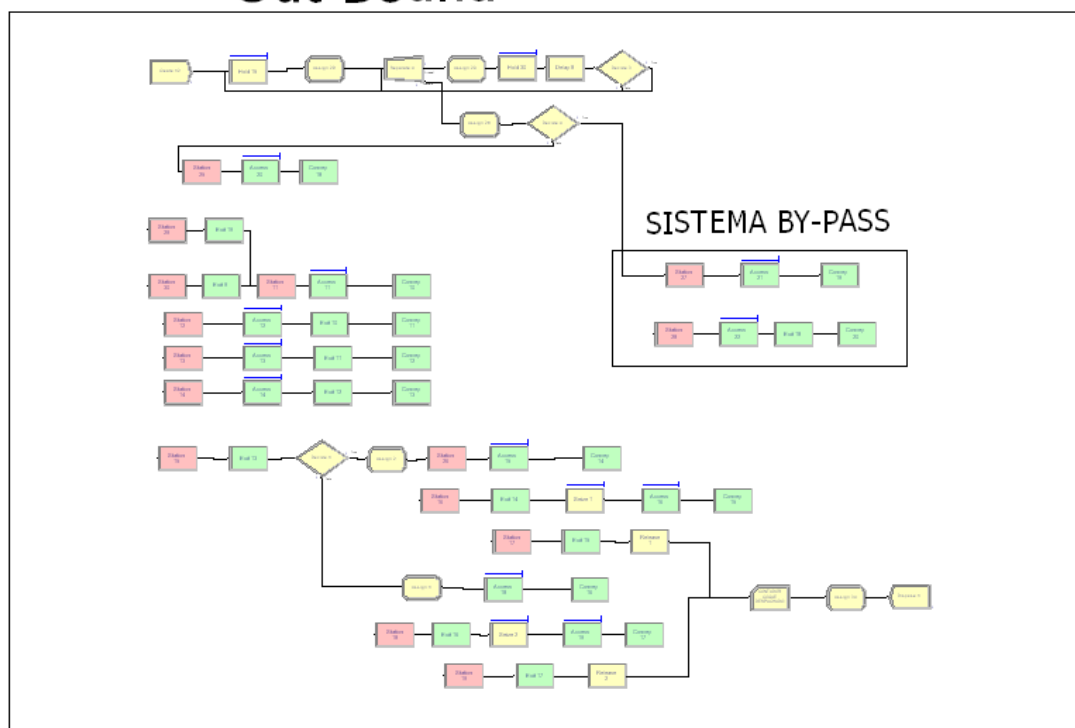


Figura 17: Incorporaciones en el modelo para la mejora 2

Elaboración: Propia

ANEXO 14: RESULTADOS DE LA MEJORA 1

Tabla 42: Resultados de la mejora 1

Replicaciones	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma
Buque 1	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 2	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 3	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 4	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 5	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 6	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 7	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 8	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 9	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 10	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 11	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 12	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 13	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 14	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 15	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 16	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 17	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 18	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 19	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 20	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 21	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 22	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 23	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212
Buque 24	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212	48.4212

Elaboración: Propia

ANEXO 15: RESULTADOS DE LA MEJORA 2

Tabla43: Resultados de la mejora 2

Replicaciones	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma
Buque 1	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 2	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 3	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 4	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 5	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 6	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 7	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 8	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 9	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 10	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 11	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 12	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 13	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 14	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 15	60.4405	60.4405	60.5266	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 16	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 17	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 18	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 19	60.5266	60.4405	60.5266	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 20	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 21	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405	60.4405
Buque 22	60.5266	60.5266	60.4405	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 23	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266
Buque 24	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266	60.5266

Elaboración: Propia

Los datos obtenidos por el modelo de simulación que se encuentran en casillas de color verde, son aquellos datos que se refieren a tiempos de carga con la utilización del sistema By-Pass.

ANEXO 16: RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS 2 MEJORAS

Tabla 44: Resultados de la implementación de las 2 mejoras

Replicaciones	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma
Buque 1	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 2	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 3	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 4	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 5	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 6	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 7	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 8	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 9	48,4212	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	48,4212	47,8926
Buque 10	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926
Buque 11	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926	47,8926
Buque 12	47,8926	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	47,8926	48,4212
Buque 13	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 14	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 15	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 16	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 17	48,4212	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	48,4212	47,8921
Buque 18	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921
Buque 19	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921	47,8921
Buque 20	47,8921	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	47,8921	48,4212
Buque 21	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 22	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 23	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212
Buque 24	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212	48,4212

Elaboración: Propia

Los datos obtenidos por el modelo de simulación que se encuentran en casillas de color verde, son aquellos datos que se refieren a tiempos de carga con la utilización del sistema By-Pass.