

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL LOGÍSTICO BASADO EN LA ESTIMACIÓN DE PUNTOS DE FALLA EN EL SISTEMA ACTUAL DE PROGRAMACIÓN Y REQUERIMIENTO DE GRÚAS EN LA EMPRESA CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.**

**JOSÉ LUIS PÁEZ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL LOGÍSTICO BASADO EN LA ESTIMACIÓN DE PUNTOS DE FALLA EN EL SISTEMA ACTUAL DE PROGRAMACIÓN Y REQUERIMIENTO DE GRÚAS EN LA EMPRESA CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.**

**JOSÉ LUIS PÁEZ**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:  
ING. OSCAR JAVIER JAMOCÓ ANGEL  
MAGISTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

## Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
1.1	Ingeniería Industrial .....	7
1.2	Logística.....	7
1.3	Logística en Colombia.....	7
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
2.1	Situación actual .....	9
2.2	Ubicación.....	10
2.3	Organización.....	12
2.4	Logística de pozos petroleros en CANACOL ENERGY .....	13
2.5.1	Surgimiento del problema.....	14
2.5.2	Matriz DOFA .....	15
2.5.3	Estrategias DO, DA, FO y FA .....	15
2.5.4	Formulación del problema .....	17
2.5.5	Solicitud de Grúas en CANACOL ENERGY.....	17
2.5.6	Esquema Logístico Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas .....	17
3.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	20
3.1	Estudiante .....	20
3.2	Sociedad .....	20
3.3	Empresa.....	20
4.	MARCO TEÓRICO.....	21
4.1	Cadena de Suministro .....	21
4.2	Herramientas de Pronóstico .....	21
4.3	Herramientas de Medición de Pronósticos.....	28
4.4	Valoración de Proyectos.....	30
5.	OBJETIVO GENERAL.....	32
6.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	33
7.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PROGRAMACIÓN Y REQUERIMIENTO DE GRÚAS EN EL POZO RANCHO HERMOSO DE CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. ....	34
7.1	Esquema Logístico Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas .....	35
7.2	Esquema de Flujo Físico de la Prestación del Servicio de Grúas.....	37

8.	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN .....	39
8.1	Compra .....	39
8.2	Leasing.....	40
8.3	Tercerizar.....	41
8.4	Maquila.....	42
8.5	Herramienta de pronóstico .....	42
9.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA VIABLE PARA LA SOLUCIÓN DE LAS FALENCIAS IDENTIFICADAS EN EL PROCESO.....	48
10.	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO .....	52
10.1.	Presupuesto de Inversión.....	52
10.3.	Evaluación .....	54
11.	HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO.....	56
11.1	Introducción a la Herramienta de Pronóstico .....	56
11.1.1	<i>Funcionamiento y funciones de la Herramienta de Pronóstico.....</i>	56
11.2	La Herramienta de Pronóstico .....	57
11.2.1	<i>Pantalla de Inicio .....</i>	57
11.2.2	<i>Descripción gráfica de la Pantalla de Inicio.....</i>	57
11.2.3	<i>Instructivo para Visualizar Análisis de Datos .....</i>	58
11.2.4	<i>Descripción gráfica del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos .....</i>	59
11.2.5	<i>Paso a paso de las instrucciones en pantalla para la visualización de Análisis de Datos .....</i>	60
11.2.6	<i>Instructivo para el Ingreso de Datos .....</i>	62
11.2.7	<i>Descripción gráfica del Instructivo para el Ingreso de Datos .....</i>	63
11.2.8	<i>Herramienta de Pronóstico .....</i>	65
11.2.9	<i>Descripción gráfica de la Herramienta de Pronóstico .....</i>	65
11.2.10	<i>Paso a paso de las instrucciones en pantalla .....</i>	67
11.3	Resultados de la Herramienta de Pronóstico.....	70
11.3.1	<i>Análisis de los Resultados.....</i>	70
12.	CONCLUSIONES .....	72
13.	RECOMENDACIONES .....	73
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
15.	ANEXOS .....	76

15.1 Costos de grúas según tipología.....	76
15.2 Costos nomina logística 2013.....	76
15.3 Análisis POAM .....	76
15.3 Análisis PCI .....	78
15.5 Tabla de peticiones históricas consolidadas .....	79
15.6 Cálculo de Costos por Detención de la Operación.....	96
15.6.1 Historial de Fallos .....	96
15.6.2 Historial de Producción .....	97
15.6.3 Indicador de costo por detención de la operación .....	100
15.6.4 Comunicación escrita a proveedores .....	103
15.6.5 Comunicado de Respuesta de Logispetrol .....	104
15.6.6 Cálculo de la variación porcentual de la producción en caso de la implementación de la Herramienta de Pronóstico .....	104

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Ubicación en Bogotá.....	10
Ilustración 2: Ubicación del Pozo R.H. cerca a Yopal .....	11
Ilustración 3: Organigrama Corporativo.....	13
Ilustración 4: Esquema Logístico Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas .	18
Ilustración 5: Esquema Logístico Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas	36
Ilustración 6: Esquema de Flujo Físico de la Prestación del Servicio de Grúas.....	39
Ilustración 7: Vista general de la Pantalla de Inicio.....	57
Ilustración 8: Descripción gráfica de la Pantalla de Inicio .....	58
Ilustración 9: Vista general del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos.....	59
Ilustración 10: Descripción gráfica del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos .....	60
Ilustración 11: Botón de Office .....	60
Ilustración 12: Botón de Opciones de Excel .....	61
Ilustración 13: Ventana de Complementos.....	61
Ilustración 14: Selección de Herramientas para Análisis .....	62
Ilustración 15: Botón de Análisis de Datos o Herramientas de Análisis de Datos .....	62
Ilustración 16: Vista general del Instructivo para el Ingreso de Datos .....	63
Ilustración 17: Descripción gráfica del Instructivo para el Ingreso de Datos.....	65
Ilustración 18: Vista general de la Herramienta de Pronóstico .....	65
Ilustración 19: Descripción gráfica de la Herramienta de Pronóstico.....	66
Ilustración 20: Descripción gráfica de la parte Instructiva de la Herramienta de Pronóstico .....	67
Ilustración 21: Pestaña de Datos.....	67
Ilustración 22: Ventana Análisis de Datos.....	68

Ilustración 23: Rango Y de entrada .....	68
Ilustración 24: Rango X de entrada .....	68
Ilustración 25: Rango de salida .....	69
Ilustración 26: Marcaje opción de residuos .....	69
Ilustración 27: Arrastre hacia abajo de los datos de la herramienta .....	70
Ilustración 28: Descripción gráfica del visualizador .....	70

## Índice de tablas

Tabla 1: Requerimientos al área logística .....	14
Tabla 2: Matriz DOFA .....	15
Tabla 3: Estrategias DO, DA, FO y FA.....	17
Tabla 4: Descripción Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas en Actividades .....	19
Tabla 5: Descripción Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas en Actividades Los cambios en el esquema desde el inicial, desarrollado al inicio del estudio, al actual que fue modificándose durante el estudio, se dan al estudiar el proceso a fondo y entender con mayor claridad el orden y la dinámica del proceso. ....	36
Tabla 6: Cotización con Grúas Japonesas de los Andes .....	39
Tabla 7: Condiciones comerciales .....	40
Tabla 8: Condiciones leasing Bancolombia .....	40
Tabla 9: Condiciones leasing Davivienda .....	41
Tabla 10: Parámetros de modelos .....	45
Tabla 11: Parámetros de aurregresión .....	45
Tabla 12: Pronósticos resultantes de los modelos.....	46
Tabla 13: D.M.A. o M.A.D. de los modelos .....	46
Tabla 14: Costos por eventos de fallas.....	48
Tabla 15: Bases para la W.A.C.C.....	48
Tabla 16: W.A.C.C.....	49
Tabla 17: Estimación de costos de alquileres de los próximos 5 años.....	49
Tabla 18: V.P.N. de los costos estimados de alquileres de los próximos 5 años .....	49
Tabla 19: Flujo de caja para la compra de una grúa extensora de 220 ton. ....	49
Tabla 20: V.P.N. de la compra de una grúa extensora de 220 ton.....	50
Tabla 21: Flujo de caja para el leasing de una grúa extensora de 220 ton. ....	50
Tabla 22: V.P.N. de la compra de una grúa extensora de 220 ton.....	50
Tabla 23: Flujo de caja aproximado de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico .....	50
Tabla 24: V.P.N. aproximado de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico .....	51
Tabla 25: Matriz de Impacto .....	51
Tabla 26: Cotización inversión en recursos físicos .....	52
Tabla 27: Cotización capital de trabajo .....	53
Tabla 28: Cotización recursos administrativos necesarios.....	53

Tabla 29: Inversión total en recursos .....	54
Tabla 30: Flujo de caja de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico .....	54
Tabla 31: Valor presente neto de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico.....	55
Tabla 34: Tabla de ejemplo de ingreso de datos .....	64
Tabla 35: Costos de grúas según tipología .....	76
Tabla 36: Costos nómina logística 2013 .....	76
Tabla 35: Perfil POAM .....	78
Tabla 36: Perfil PCI .....	78
Tabla 37: Tabla de peticiones históricas consolidadas.....	96
Tabla 38: Fallas históricas.....	96
Tabla 39: Producción histórica 2009 .....	97
Tabla 40: Producción histórica 2010 .....	98
Tabla 41: Producción histórica 2011 .....	99
Tabla 42: Producción histórica 2012 .....	100
Tabla 43: Producción mensual de barriles .....	101
Tabla 44: Producción promedio mensual de barriles .....	101
Tabla 45: Precio promedio mensual .....	101
Tabla 46: Tasa representativa del mercado (TRM) .....	102
Tabla 47: Cálculo del costo por evento .....	102
Tabla 48: Cálculo de la variación porcentual de la producción en caso de la implementación de la Herramienta de Pronóstico .....	105

### Índice de imágenes

Imagen 1: Pozo Petrolero.....	9
Imagen 2: Oficinas de Canacol E. C. S. A. ....	9
Imagen 3: Ingeniero en Pozo R. H. realizando mediciones .....	11

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Ingeniería Industrial

Para el Institute of Industrial Engineers “La Ingeniería Industrial se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía”.<sup>1</sup>

Al elaborar este trabajo se busca conocer la situación actual de la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. en adelante en este documento CANACOL E. C. S. A. a nivel logístico. Con base en esa información obtenida poder diagnosticar la situación mediante una o varias de las herramientas con las que cuenta la Ingeniería Industrial y una vez se ha analizado el caso se procede a elaborar propuestas de solución a las problemáticas logísticas relacionadas con la contratación de grúas, encontradas como resultado del dictamen. Se evalúan luego las propuestas y se encuentra aquella que más se ajuste a las necesidades de CANACOL E. C. S. A. respaldada con buenos indicadores financieros que evidencien sus beneficios.

## 1.2 Logística

La logística (del inglés logistics) es: “El conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, etc.) que se repiten muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminado y se añade valor para el consumidor.”<sup>2</sup>, según Ronald H. Ballou.

## 1.3 Logística en Colombia

EL realizar un estudio de cómo se encuentra a nivel logístico el país brinda un panorama sobre la situación actual en Colombia en este ámbito, permitiendo un mayor entendimiento de la temática planteada.

Según la publicación de Legiscomex, Revista Logística de Mayo - Julio 2011: “Colombia se ha convertido en un país de mayor confiabilidad para la inversión, sin embargo Colombia se encuentra rezagada en materia de desempeño logístico. El desafío para los próximos años será

---

<sup>1</sup> (IIE, 1948)

<sup>2</sup> (BALLOU, 2004 )



mejorar la infraestructura y fortalecer las actividades institucionales asociadas a las operaciones de transporte y comercio internacional.”<sup>3</sup>

De acuerdo con la revista “los avances más importantes de Colombia es la elaboración del documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social), denominado “Política Nacional de Logística”, aprobado en 2008, y que definió los lineamientos de política, las necesidades en materia de infraestructura y el financiamiento para el desarrollo de acciones que permitieran aumentar la competitividad mediante la adopción de mejores prácticas de transporte y logística. El Gobierno Nacional informó que, con base en el CONPES aprobado en el 2008, Colombia realizó en 2009 inversiones superiores a \$55 billones en infraestructura vial, aérea, portuaria, férrea y fluvial.”<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> (LOGÍSTICA R. D., Estudio del perfil económico y comercial de Colombia, Mayo - Julio 2011)

<sup>4</sup> (LOGÍSTICA R. D., Apuesta por la logística, Agosto - Octubre 2010)

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta parte del texto se busca contextualizar al lector, presentándole la situación actual, mostrándole, en qué punto surge el problema o cuál es la causa raíz de este y a su vez indica la sintomatología y los resultados obtenidos de un diagnóstico de la situación actual.

### 2.1 Situación actual

CANACOL ENERGY LTDA es una empresa internacional de origen colombo-canadiense de ahí su nombre CANADA COLOMBIA pasó a ser CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A., una compañía dedicada a la exploración y producción petrolera, que en la actualidad opera en tierra en Ecuador y Colombia.



Imagen 1: Pozo Petrolero



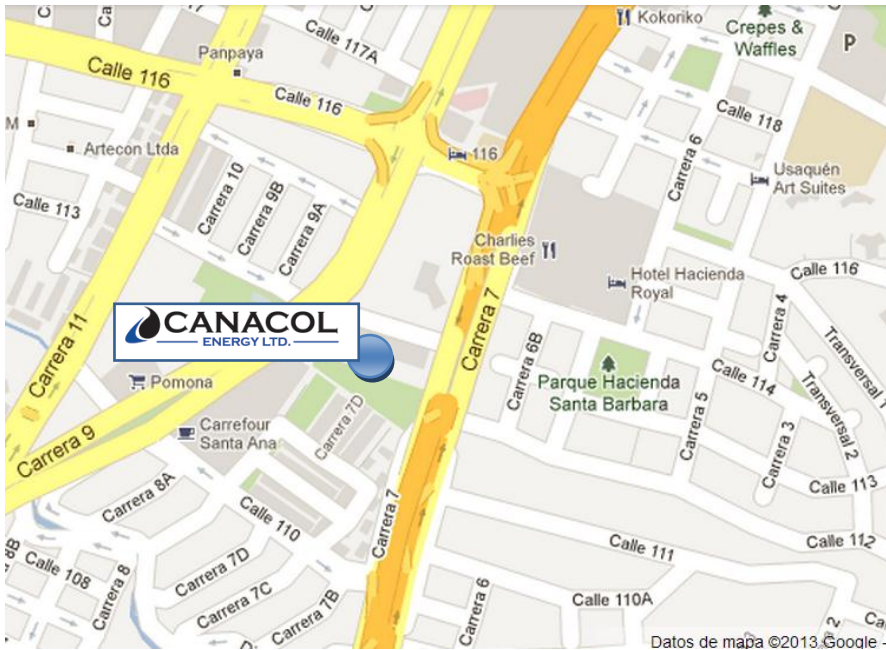
Imagen 2: Oficinas de Canacol E. C. S. A.

Las anteriores imágenes muestran uno de los pozos petroleros y las oficinas de CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.

## 2.2 Ubicación

Las oficinas de CANACOL están ubicadas en la Calle 113 No. 7-45 Torre B, en la ciudad de Bogotá

*Sede Bogotá*



**Ilustración 1 Ubicación en Bogotá**

*Sede Casanare*

En su sede en Casanare, el Pozo Rancho Hermoso sobre el cual se piensa realizar el trabajo está ubicado aproximadamente a unos 80 kilómetros al noroccidente de Yopal.



**Ilustración 2: Ubicación del Pozo R.H. cerca a Yopal**

*Imagen 5 Ingeniero en Pozo R. H. realizando mediciones*



**Imagen 3: Ingeniero en Pozo R. H. realizando mediciones**

El Pozo Rancho Hermoso fue considerado en el 2012 por el Ministerio de Minas y Energía como el noveno pozo más importante del país, en producción de barriles de petróleo.

## 2.3 Organización

La siguiente información fue obtenida por el autor directamente en la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA, con información de la compañía y algunos de sus funcionarios y ejecutivos. En este caso la información fue suministrada por Carlos J. Guillén Ruiz, Human Management Coordinator mediante una entrevista que en conjunto con información que reposa en la página web corporativa llevó a la construcción de una descripción de la situación actual a nivel organizacional de la empresa.

Razón Social: CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.

Objeto Social: (Adjunto Certificado de Cámara de Comercio)

Misión: Somos una empresa que explora, produce y comercializa hidrocarburos en forma eficiente, socialmente responsable, apoyada en nuestra gente y comprometidos con el desarrollo de todos los sitios donde operamos, en un marco de respeto y protección a nuestro entorno, acorde con las políticas establecidas por el Gobierno, nuestra casa matriz y generando bienestar a nuestros grupos de interés (accionistas, socios, empleados y vecinos).

Visión: Ser dentro de los próximos cinco años, una empresa líder en el sector de hidrocarburos, reconocida nacional e internacionalmente por sus operaciones responsables, rentables, seguras, limpias y transparentes dentro de un entorno de respeto confianza en nuestra organización, asociados y comunidades vecinas.

✓ VICEPRESIDENCIAS Y GERENCIA GENERAL

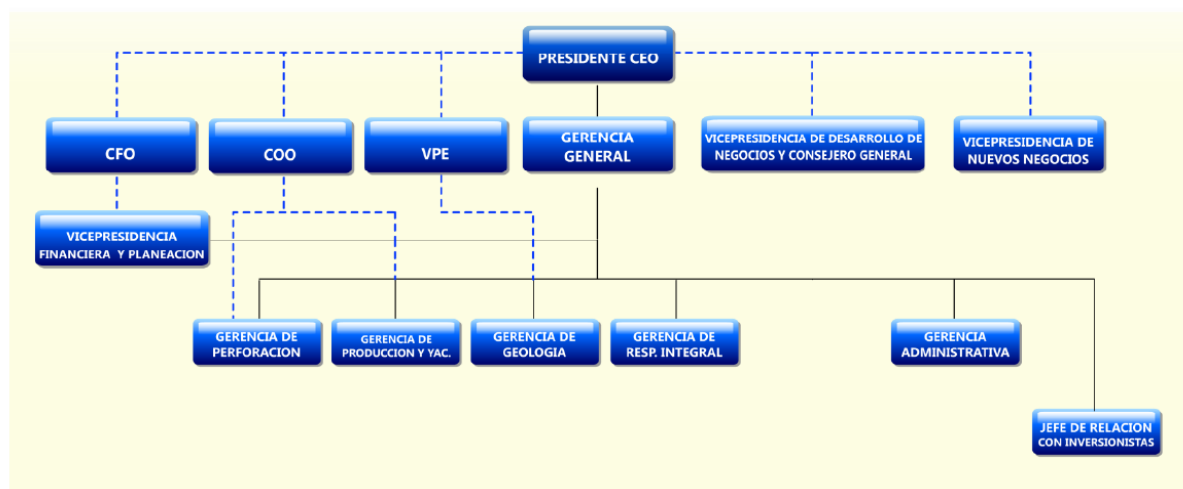


Ilustración 3: Organigrama Corporativo

Código CIU: 1110

Líneas de negocio: Producción y comercialización de crudo y gas

Número de empleados actuales: 250

Ingresos anuales: \$288.000 millones COP

## 2.4 Logística de pozos petroleros en CANACOL ENERGY

Según la entrevista<sup>5</sup> hecha a Libardo Granados, Coordinador de Logística en CANACOL ENERGY, un pozo petrolífero hace referencia a cualquier perforación del suelo diseñada con el objetivo de hallar y extraer fluido combustible, ya sea petróleo o hidrocarburos gaseosos. Ese proceso de extracción se puede descomponer en 5 fases:

- Exploración
- Perforación
- Completamiento

<sup>5</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Libardo Granados, Logistics and Materials Coordinator, 01 Agosto 2013)

- Producción
- Desafectación

El área logística en esta petrolera interactúa principalmente con 3 áreas: Administrativa, Perforación, Producción y Yacimientos a continuación se encuentra una tabla que permite dar a conocer los principales requerimientos de las 2 áreas que más hacen parte del objeto de estudio del presente trabajo:

Perforación	Producción y Yacimientos			
Búsqueda de taladros.	Completamiento	Bombas PSP		
Búsqueda de brocas.		"Tubing" o tubería		
Búsqueda, transporte y disposición de fluidos de perforación.		Árboles de Navidad		
Búsqueda de "companyman" <sup>6</sup>		Facilidades	Superficie	
Servicio de información y registro de profundidad			Producción	Cargaderos
Cañoneo				Oleoductos
			Tanques	

Tabla 1: Requerimientos al área logística<sup>7</sup>

En esta primera parte del texto se busca contextualizar al lector sobre la empresa, contándole un poco sobre ésta y en qué área particularmente se piensa realizar un acercamiento en busca de oportunidades de mejora.

## 2.5.1 Surgimiento del problema

En esta parte del trabajo se busca diagnosticar a nivel logístico a CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. con el fin de establecer la problemática de mayor impacto en la organización mediante una matriz DOFA, a fin de poder encontrar soluciones a esta a través de las estrategias DO, DA, FO y FA. Para la realización de la matriz DOFA según Humberto Serna se deben llevar a cabo primero en la empresa el Perfil de Capacidad Interna (PCI) y el Perfil de Oportunidades y Amenazas (POAM) que permitirán luego establecer los componentes de la matriz DOFA.

Una vez realizados los análisis PCI y POAM<sup>8</sup> se logra establecer las bases para una matriz DOFA.

<sup>6</sup> *Company man*: Responsable directo del pozo ante el responsable del campo, el Superintendente de Campo (SC).

<sup>7</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Ingeniero de Producción Senior, Ing. Hernan Mayorga, 16 de Enero 2014)

<sup>8</sup> Anexo Análisis PCI y POAM

## 2.5.2 Matriz DOFA

Al establecer los aspectos positivos y negativos de la situación logística de la empresa se pasa a construir con los elementos de mayor impacto de entre: fortalezas y debilidades, a nivel interno, junto con amenazas y oportunidades, a nivel externo, una matriz DOFA.

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<p><b>Política interna de no compra de grúas, a fin de ahorrar costos por mantenimientos preventivos y correctivos y por el desgaste que implica la venta de la maquinaria, de hasta un 30% del precio de la máquina.</b></p>	<p><b>Cercanía con otros pozos de otras empresas a tan solo 80 km, posibilitando el alquiler de maquinaria</b></p>
	<p><b>Cerca del pozo Rancho Hermoso en Yopal, Casanare hay 2 puntos de recibo de petróleo por parte de Ecopetrol, su principal comprador, por lo que un incremento en producción sí conllevaría un aumento en ventas.</b></p>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<p><b>Costos por fallas al programar y requerir grúas de 1.490 M COP<sup>9</sup> anuales</b></p>	<p><b>Alta volatilidad del dólar en el 2013 según revista Portafolio.</b></p>
	<p><b>Alto poder de mercado de las 5 empresas de alquiler de grúas.</b></p>

Tabla 2: Matriz DOFA<sup>1011</sup>

Habiendo encontrado las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas se procede a hacer el cruce de las estrategias DO, DA, FO y FA.

## 2.5.3 Estrategias DO, DA, FO y FA

EL resultado de cruzar los componentes de la matriz DOFA se obtiene como resultado las estrategias DO, DA, FO y FA que permitirán tomar acciones frente a la situación encontrada, aprovechando la situación actual de la empresa.

<sup>9</sup>Anexo Indicador de costo por detención de la operación

<sup>10</sup> (SERNA)

<sup>11</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Gerente de producción, Ing. Noel Valencia Lopez, 2 de Enero de 2014)



	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
	Cercanía con otros pozos de otras empresas, a tan solo 80 km, posibilitando el alquiler de maquinaria	Volatilidad del dólar en el 2013
	Cerca del pozo Rancho Hermoso en Yopal, Casanare hay 2 puntos de recibo de petróleo por parte de Ecopetrol, su principal comprador, un incremento en producción sí conllevaría un aumento en ventas	Poder de mercado de las 5 empresas de alquiler de grúas
FORTALEZAS	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS FA
Política interna de no compra de grúas, a fin de ahorrar costos por mantenimientos preventivos y correctivos y por el desgaste que implica la venta de la maquinaria, de hasta un 30% del precio de la máquina.	Propuesta para la implementación de un sistema de control logístico basado en la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas	Análisis del sector de grúas en búsqueda de nuevas empresas de grúas con mejores disponibilidades
		Propuesta para la implementación de un sistema de control logístico basado en la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas
DEBILIDADES	ESTRATEGIAS DO	ESTRATEGIAS DA
Costos por fallas al programar y requerir grúas de 1.490 M COP <sup>12</sup>	Iniciar proceso de compra de una grúa extensora de 80 ton	Iniciar proceso de Leasing Financiero de una grúa extensora de 80 ton
	Iniciar proceso de Leasing Financiero de una grúa extensora de 80 ton	Propuesta para la implementación de un sistema de control logístico basado en la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas

<sup>12</sup>Anexo 13.1.4 Indicador de costo por detención de la operación

Tabla 3: Estrategias DO, DA, FO y FA<sup>1314</sup>

Este cruce estratégico sirvió de base para poder comenzar la formulación del problema.

## 2.5.4 Formulación del problema

Una vez se identificaron las problemáticas y sus respectivas estrategias, se prosiguió a seleccionar aquellas que más se ajusten a las necesidades de CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. Luego de analizar cuáles de ellas tendrían el mayor impacto siendo además consecuentes con los recursos disponibles por parte de la empresa petrolera en términos tiempo y dinero, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cuál sería una propuesta para la implementación de un sistema de control logístico basado en la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas?

A fin de solucionar los costos por fallas al programar y requerir grúas de 1.490 M COP<sup>15</sup>, junto con el poder de mercado de las 5 empresas de alquiler de grúas y actuando en sincronía con la política interna de evitar compra de maquinaria, a fin de ahorrar costos en dinero por mantenimientos preventivos y correctivos, a su vez costos en tiempo y monetarios por la venta de las máquinas de hasta un 30% del precio de la máquina.

## 2.5.5 Solicitud de Grúas en CANACOL ENERGY

Entrando al tema del uso de las grúas utilizadas en el pozo, las principales áreas que requieren de este servicio son Perforación, además de Producción y Yacimientos, esta última particularmente en temas de generadores de energía, para suministrarle energía a las máquinas utilizadas, a su vez para realizar labores conjuntas con el almacén de máquinas y equipos.

## 2.5.6 Esquema Logístico Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas

Una vez realizada la solicitud de una o varias grúas, se procede al proceso de Programación y Requerimiento de Grúas descrito mediante el siguiente Esquema Logístico:

---

<sup>13</sup> (SERNA)

<sup>14</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Gerente de producción, Ing. Noel Valencia Lopez, 2 de Enero de 2014)

<sup>15</sup> Anexo 13.1.4 Indicador de costo por detención de la operación

ESQUEMA DEL PROCESO DE PROGRAMACIÓN Y REQUERIMIENTO DE GRÚAS EN CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.  
MIÉRCOLES, OCTUBRE 02, 2013

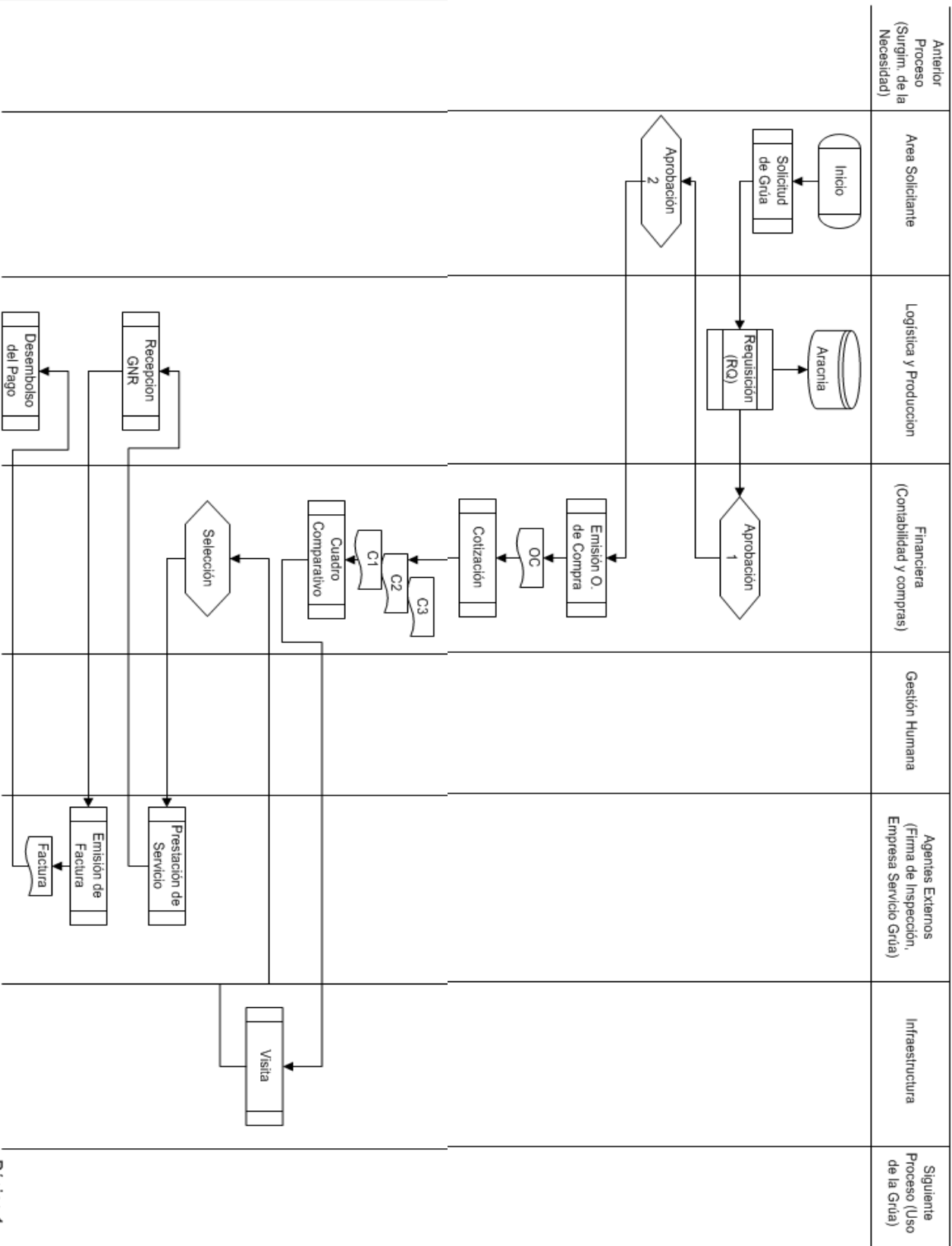


Ilustración 4: Esquema Logístico Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas

#	Descripción Inicial del Proceso en Actividades
1	Solicitud de grúa(s) por parte un área
2	Elaboración de una Requisición (RQ)
3	Ingreso de la Requisición al sistema de información Aracnia
4	Aprobación por el área de Contabilidad
5	Aprobación por el Gerente del área solicitante
6	Emisión de una orden de compra por el área de Compras
7	Cotización con mínimo 3 empresas prestadoras del servicio
8	Cuadro comparativo entre las diferentes alternativas
9	Visita al pozo con Inspector de Grúas
10	Selección de una alternativa con el Superintendente de Campo y con un delegado del área solicitante
11	Prestación del servicio
12	Recepción en CANACOL del Good Note Receipt (GNR)
13	Emisión de factura por parte del prestador del servicio
14	Desembolso del dinero

Tabla 4: Descripción Inicial del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas en Actividades<sup>16</sup>

<sup>16</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Superintendente de Campo, Ing. Miguel Pereira., 9 de Enero 2014)

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

#### **3.1 Estudiante**

Este trabajo brindará desde el punto de vista de la académico en la Ingeniería Industrial brindará experiencia pertinente sobre el sector petrolero y permitirá aplicar conceptos aprendidos durante la carrera, además ampliará el campo de acción del estudiante como futuro profesional.

#### **3.2 Sociedad**

El documento elaborado servirá como documento de consulta para futuras investigaciones académicas tanto en el ámbito de la Ingeniería Industrial como en el propio del sector petrolero, además de proporcionar una herramienta de gestión útil para posteriores proyectos de CANACOL ENERGY COLOMBIA S. A. o empresas similares que puedan tener acceso a este documento, todas ellas como parte de la sociedad. Al aplicar dicha herramienta la empresa de capital colombo-canadiense podrá convertirse en una versión más eficiente y competitiva de sí misma, lo que se prestará para una operación utilizando mejores prácticas a la hora de extracción del petróleo, del que se derivan diversos productos, por lo que probablemente esto conlleve beneficio para los individuos que en este momento conviven en este país, además una empresa con un nivel de costos más competitivo tiene mayores facilidades para la generación de empleos por tanto es posible que la implementación de la herramienta propuesta genere indirectamente un incremento al número de empleados asalariados del país.

#### **3.3 Empresa**

La construcción de este trabajo es pertinente porque brindará a CANACOL ENERGY COLOMBIA S. A. una herramienta que en caso de ser aplicada aportará a la reducción de costos logísticos como la suspensión de la producción por 1.490 M COP<sup>17</sup>, esas disminuciones generarán ahorros y por tanto contribuirán al buen desempeño financiero y operativo de la empresa.

---

<sup>17</sup>Anexo 13.1.4 Indicador de costo por detención de la operación

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Cadena de Suministro

Según Sunil Chopra: “Es aquella que está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye al fabricante, el proveedor, el transportista, almacenista, vendedores y los clientes.”<sup>18</sup> Esta a su vez se subdivide en 3 ramas principales:

Administración de la relación con el cliente: Todos los procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus clientes.

Administración de la cadena de suministro interna: Todos los procesos internos de la empresa.

Administración de la relación con el proveedor: Todos los procesos que se centran en la interacción de la compañía con sus proveedores.

Estos tres procesos macro administran el flujo de información, productos y fondos requeridos para generar, recibir y cumplir la petición del cliente.

### 4.2 Herramientas de Pronóstico

Para el cálculo de costos por detención de la operación y para la construcción del modelo que permitirá el control logístico, se necesita usar modelos de pronóstico básicos, los principales son:

- Regresión Lineal

$$\hat{y} = a + bx$$

- Promedio Móvil Simple<sup>19</sup>

$$A_t = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

---

<sup>18</sup> (CHOPRA & MEINDL, 2008)

<sup>19</sup> (CHASE, 2000)

- Promedio Móvil Ponderado

$$F_{t+1} = A_t = W_1 D_t + W_2 D_{t-1} + \dots + W_N D_{t-N+1}$$

- Suavización Exponencial Simple (S.E.S.)<sup>20</sup>

Se basa en el principio de que un dato futuro será el resultado de dos componentes fundamentales. El primero, una cierta inercia que ya llevaba el proceso por lo que se debe tener en cuenta datos históricos y darles una ponderación acorde con el contexto en el que se toma la información. El segundo componente se refiere al pronóstico del periodo anterior, ya que se debe tener también un referente de pronósticos anteriores.

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha) A_{t-1}$$

Ahora se explicará las relaciones directas entre los dos componentes fundamentales y el valor pronosticado. Primero se realiza la siguiente asignación a fin de simplificar la fórmula y obtener unos subíndices en el mismo tiempo.

$$F_{t+1} = A_t$$

Reemplazando y sacando factor común del ponderador se obtiene

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

Este despeje nos permite evidenciar concretamente las relaciones que entre los elementos de la fórmula.

- $F_{t+1}$ : Valor pronosticado en un periodo más, a futuro, partiendo desde el periodo actual (t).
- $F_t$ : Valor pronosticado en el periodo actual.
- $\alpha$ : Ponderación que valora entre 0 y 1 cuanto influye el error del periodo pasado en el pronóstico del periodo futuro.
- $D_t$ : Demanda en el periodo actual.
- $D_t - F_t$ : es el error del periodo pasado, resultado de la diferencia entre la demanda del periodo pasado y el pronóstico de ese mismo momento.

Por tanto el pronóstico futuro es el resultado de sumar el pronóstico del periodo actual más el error del periodo actual antes multiplicado por alfa un ponderador que permite graduar que tanto influye el error actual en el pronóstico futuro.

---

<sup>20</sup> (RUSSELL & TAYLOR, 2003)

- Suavización Exponencial Doble (S.E.D., Holt-Winters)<sup>21</sup>

Este modelo de pronóstico se basa en la SES, pero tiene un elemento nuevo, la tendencia.

$$\begin{aligned}
 FIT_t &= F_t + T_t \\
 F_t &= FIT_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - FIT_{t-1}) \\
 T_t &= T_{t-1} + \beta(D_{t-1} - FIT_{t-1})
 \end{aligned}$$

- $T_t$  permite sumarle al pronóstico futuro un valor que represente una tendencia en la demanda, de forma que se pueda ajustar ese pronóstico de forma más aproximada a los cambios que conlleva que la demanda tenga una tendencia. Ese valor  $T_t$  a su vez tiene el mismo sistema de corrección de errores, pero para la tendencia, sistema que busca sumarle el error actual al pronóstico de tendencia futuro, antes habiendo ponderado según cómo se considere es la influencia del error actual a la tendencia futura.
  - $F_t$  es el resultado del sistema de corrección de errores antes mencionado, pero en este caso para el pronóstico del periodo pasado (t-1), sistema que busca sumarle el error actual al pronóstico de tendencia futuro, antes habiendo ponderado según cómo se considere es la influencia del error actual a el pronóstico futuro.
  - $FIT_t$  Valor pronosticado en un periodo más, a futuro, partiendo desde el periodo actual (t-1).
- Suavización Exponencial Triple (S.E.T.)<sup>22</sup>

$$\begin{aligned}
 F_{t+k} &= (S_t + kB_t)c_{t+k-L} \\
 S_t &= \alpha(D_t / c_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + B_{t-1}) \\
 B_t &= \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)B_{t-1} \\
 c_t &= \gamma(D_t / S_t) + (1 - \gamma)c_{t-L}
 \end{aligned}$$

Se tiene conocimiento de la existencia de este modelo, sin embargo se decidió no usarlo por razones relacionadas con el valor agregado intrínseco del modelo, el uso de estacionalidades o ciclos. Para poder hallar los ciclos se requiere analizar la gráfica

<sup>21</sup> (SCHROEDER, 1990)

<sup>22</sup> (SIPPER, 1998)



histórica detalladamente en busca de estacionalidades o ciclos, labor que posiblemente no sea tarea fácil para el funcionario al que le sea encargado el uso de esta herramienta, por lo que, en busca de practicidad se plantea el uso de la SED que no requiere una mirada profunda a los datos sino que una vez construido el modelo, con actualizar los datos sea suficiente para que el pronóstico se actualice de forma automática.

- Modelo Autorregresivo de Media Móvil (A.R.M.A.)<sup>23</sup>

En estadística, los modelos autorregresivos de media móvil (en inglés AutoRegressive Moving Average models, abreviados ARMA), también llamados Modelos Box-Jenkins, se aplican a series temporales de datos.

Dada una serie temporal de datos  $X_t$ , el modelo ARMA es una herramienta para entender y, aún más, para predecir futuros valores de la serie. El modelo está formado por dos partes, una parte autorregresiva (AR) y otra de media móvil (MA). El modelo se conoce con el nombre de modelo ARMA (p,q), donde p es el orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte de media móvil.

- Modelo Autorregresivo

La notación AR(p) se refiere a un modelo autorregresivo de orden p. Un modelo AR(p) puede escribirse como:

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \varepsilon_{t-1}$$

donde  $\phi_1, \dots, \phi_p$  son los parámetros del modelo,  $c$  es una constante y es un  $\varepsilon_t$  es un término de error. Muchos autores omiten el término constante, para fines de simplificación.

Un modelo autorregresivo es esencialmente un filtro de respuesta infinita al impulso IIR, con determinada interpretación adicional.

Se debe tener en cuenta que es necesario imponer ciertas restricciones a los valores de los parámetros de este modelo para que funcione correctamente (proceso estacionario). Por ejemplo, en un modelo AR(1), si  $|\phi_1| > 1$  el modelo no tendrá un buen comportamiento.

---

<sup>23</sup> (BOX & JENKINS, 1976)

Ejemplo: Un proceso AR(1)

Un proceso AR(1) está dado por:

$$X_t = c + \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$$

donde  $\varepsilon_t$  es un proceso de ruido blanco con media cero y varianza  $\sigma^2$ . El proceso es de covarianza estacionaria. Si  $|\phi| < 1$ , entonces  $X_t$  tiene una raíz unitaria. El cálculo de la esperanza de  $X_t$  es directo. Asumiendo la covarianza estacionaria, tenemos:

$$E(X_t) = E(c) + \phi E(X_{t-1}) + E(\varepsilon_t) \Rightarrow \mu = c + \phi\mu + 0$$

entonces:

$$\mu = \frac{c}{1-\phi}$$

donde  $\mu$  es la media. La varianza es:

$$\text{var}(X_t) = E(X_t^2) - \mu^2 = \frac{\sigma^2}{1-\phi^2}$$

La función de autocorrelación viene dada por:

$$B_n = E\tau(X_{t+n} X_t) - \mu^2 = \frac{\sigma^2}{1-\phi^2} \phi^{|n|}$$

Se puede ver que la función de autocorrelación decrece con un intervalo de decrecimiento de  $\tau = -1/\ln(\phi)$ .

La función de densidad espectral es la transformada de Fourier de la función de autocorrelación. En términos discretos, ésta sería la transformada de Fourier de tiempo discreto:

$$\Phi(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{n=-\infty}^{\infty} B_n e^{-i\omega n} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left( \frac{\sigma^2}{1 + \phi^2 - 2\phi \cos(\omega)} \right)$$

Esta expresión contiene aliasing debido a la naturaleza discreta de  $X_j$ . Si asumimos que el intervalo de la muestra es mucho menor que el intervalo

de decrecimiento ( $\tau \ll 1$ ), entonces podemos utilizar una aproximación continua a  $B_n$  :

$$B(t) \approx \frac{\sigma^2}{1-\phi^2} \phi^{|n|}$$

que da un perfil Lorentzian para la densidad espectral:

$$\Phi(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\sigma^2}{1-\phi^2} \frac{\gamma}{\pi(\gamma^2 + \omega^2)}$$

donde  $\gamma = 1/\tau$  es la frecuencia angular asociada con el intervalo de decrecimiento de  $\tau$ .

Una expresión alternativa para  $X_t$  se puede obtener substituyendo primero  $c + \phi X_{t-1} + \varepsilon_{t-1}$  por  $X_{t-1}$  en la ecuación de definición.

Continuando este proceso N veces, obtenemos:

$$X_t = c \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k + \phi^N X_{t-N} + \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k \varepsilon_{t-k}$$

Cuando N tiende a infinito, tiende a cero y:

$$X_t = \frac{c}{1-\phi} + \sum_{k=0}^{\infty} \phi^k \varepsilon_{t-k}$$

Véase que  $X_t$  es ruido blanco convolucionado  $\phi^k$  con más la constante de la media. Por el teorema del límite central,  $X_t$  será distribuido normalmente como cualquier muestra de  $X_t$ , que es más grande que el intervalo de decrecimiento de la función de autocorrelación.

- Modelo de Medias Móviles

La notación MA(q) se refiere a un modelo de media móvil de orden q.

$$X_t = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i}$$

donde  $\theta_1, \dots, \theta_q$  son los parámetros del modelo y  $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots$  son, de nuevo, los términos de error.

Un modelo de medias móviles es esencialmente un filtro de respuesta finita al impulso FIR, con cierta interpretación adicional.

- Modelo autorregresivo de media móvil

La notación ARMA(p, q) se refiere a un modelo con p términos autorregresivos y q términos de media móvil. Este modelo combina los modelos AR e MA:

$$X_t = c \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k + \phi^N X_{t-N} + \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k \varepsilon_{t-k}.$$

- Especificación en términos del operador retardo (lag operator)

En algunos textos los modelos se especifican en términos del operador retardo L. En estos términos, el modelo AR(p) viene dado por:

$$\varepsilon_t = \left( 1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i \right) X_t + \phi X_t$$

donde  $\phi$  representa el polinomio

$$\phi = 1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i.$$

Un modelo MA(q) viene dado por:

$$X_t = \left( 1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i \right) \varepsilon_t = \theta \varepsilon_t$$

donde  $\theta$  representa el polinomio

$$\theta = 1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i.$$

Por último, el modelo combinatorio ARMA viene dado por

$$\left(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i\right) X_t = \left(1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i\right) \varepsilon_t$$

o, de forma más concisa,

$$\theta X_t = \theta \varepsilon_t.$$

- Modelos de Ajuste (fitting models)

En general, tras seleccionar  $p$  y  $q$ , los modelos ARMA pueden ajustarse mediante regresión de mínimos cuadrados para encontrar los valores de los parámetros que minimizan el término de error. Se considera generalmente una buena práctica encontrar los valores menores de  $p$  y  $q$  que proporcionan un ajuste aceptable a los datos. Para un modelo puro AR, deben utilizarse las ecuaciones Yule-Walker para proporcionar un ajuste.

- Modelo de Regresión de Poisson

La presente herramienta se desarrolla partiendo de la base de poder entregar una solución real a la problemática de la empresa razón por la cual no fueron tenidos en cuenta los métodos de pronóstico de suma complejidad debido a su la dificultad intrínseca de aplicación, sin embargo se deja la opción abierta para que a futuro cuando se logre el avance matemático y tecnológico de la simplificación y adaptación del Modelo de Regresión de Poisson, se evalúe si al aplicarlo tendrá un posible mejor rendimiento la Herramienta de Pronóstico teniendo en cuenta que es basado en la modelación de datos de conteo del número de veces que ocurre cierto fenómeno aleatorio. Lo anterior partiendo del hipotético que se lograse el desarrollo más adelante en el tiempo.

### 4.3 Herramientas de Medición de Pronósticos

Estos son los criterios más utilizados para cuantificar los errores y la situación de un pronóstico:

- Suma Acumulada de los Errores de Pronóstico (en inglés CFE Cumulative sum of Forecast Errors)

$$SAEP = \sum_{i=1}^n e_t$$

- Error Medio (en inglés ME Mean Error)

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n e_t}{n}$$

- Error Medio Cuadrado (en inglés MSE Mean Square Error)

$$EMC = \frac{\sum_{i=1}^n e_t^2}{n}$$

- Porcentaje Medio Absoluto de Error (en inglés MAPE Mean Absolute Percentage Error)

$$PMAE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{e_t}{D_t} \right| / 100}{n}$$

- Desviación Media Absoluta (en inglés MAD Mean Absolute Deviation)

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |e_t|}{n}$$

- Señal de Rastreo (en inglés TS tracking Signal)

$$SR = \frac{\sum_{i=1}^n e_t}{DMA}$$

En los que  $e_t$  es el error resultante de restar el dato histórico  $t$  al pronóstico en el tiempo  $t$ . Para DMA, EMC y PMAE se busca que sean lo mínimo posible y un TS ideal es estable entre un límite superior e inferior de 4 y -4 respectivamente, al cumplir en mayor o menor medida estas métricas es recomendable o no tan recomendable usar un modelo de pronóstico. Cabe agregar que el TS no sirve como criterio de primera instancia, sino que es utilizado en caso de tener dos modelos de pronóstico con DMA similares, lo anterior teniendo en cuenta que según Canavos el criterio fundamental para decidir entre un modelo y otro es la DMA.

#### 4.4 Valoración de Proyectos

- Valor Presente Neto (VPN)

Es una cifra monetaria que resulta de comparar el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos. En términos concretos, calcular el valor presente neto consiste en comparar los ingresos con los egresos en pesos en la misma fecha. Por formalismo se ha determinado el momento cero para efectuar esta comparación, pero es perfectamente válido hacerla en cualquier otra fecha.

¿Cómo se sabe si un proyecto es rentable?

Aparentemente, cuando al comparar las utilidades obtenidas en un periodo contable con la inversión que las genera, el resultado obtenido (rentabilidad operativa) es al menos igual al costo de la inversión. Se requiere entonces estimar flujos netos de efectivo (FNE). El diagrama anterior muestra el flujo de caja, donde se parte de una inversión (P). La ecuación del VPN se plantea de la siguiente forma:

Estamos comparando el valor de los egresos (P) con los ingresos futuros (FNE) en una misma fecha; para este caso, en el momento cero. Estamos midiendo el proyecto en pesos del mismo día.

La tasa de descuento utilizada para trasladar los FNE del futuro al presente es la tasa de oportunidad del inversionista (TIO), llamada también costo de capital simple. Estamos asumiendo que el inversionista aporta todos los recursos que requiere la inversión inicial. En caso de existir varias fuentes de financiamiento la tasa de oportunidad se reemplaza por el costo de capital.

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

Al analizar el VPN pudimos observar que su resultado dependía fundamentalmente de la tasa de descuento. Vamos a analizar, ahora, un indicador

que es independiente de la tasa de descuento para su cálculo, y es una característica propia del proyecto.

Para ello se buscará aquella tasa que haga el  $VPN=0$  y para que esto sea así, la diferencia entre el valor presente de los FNE y la inversión, debe ser también igual a cero, o sea, el valor presente de los FNE debe ser igual a la inversión.

Podemos definir, entonces la TIR como la tasa de interés que hace el  $VPN = 0$  o, también, la tasa de interés que iguala el valor presente de los FNE con la inversión.

Una interpretación importante de la TIR es que aquella es la máxima tasa de interés a la que un inversionista estaría dispuesto a pedir prestado dinero para financiar la totalidad del proyecto, pagando con los beneficios (FNE) la totalidad del capital y sus intereses, sin perder un solo centavo.



## **5. OBJETIVO GENERAL**

*Elaborar una propuesta para la implementación de un sistema de control logístico para la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas en la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A*

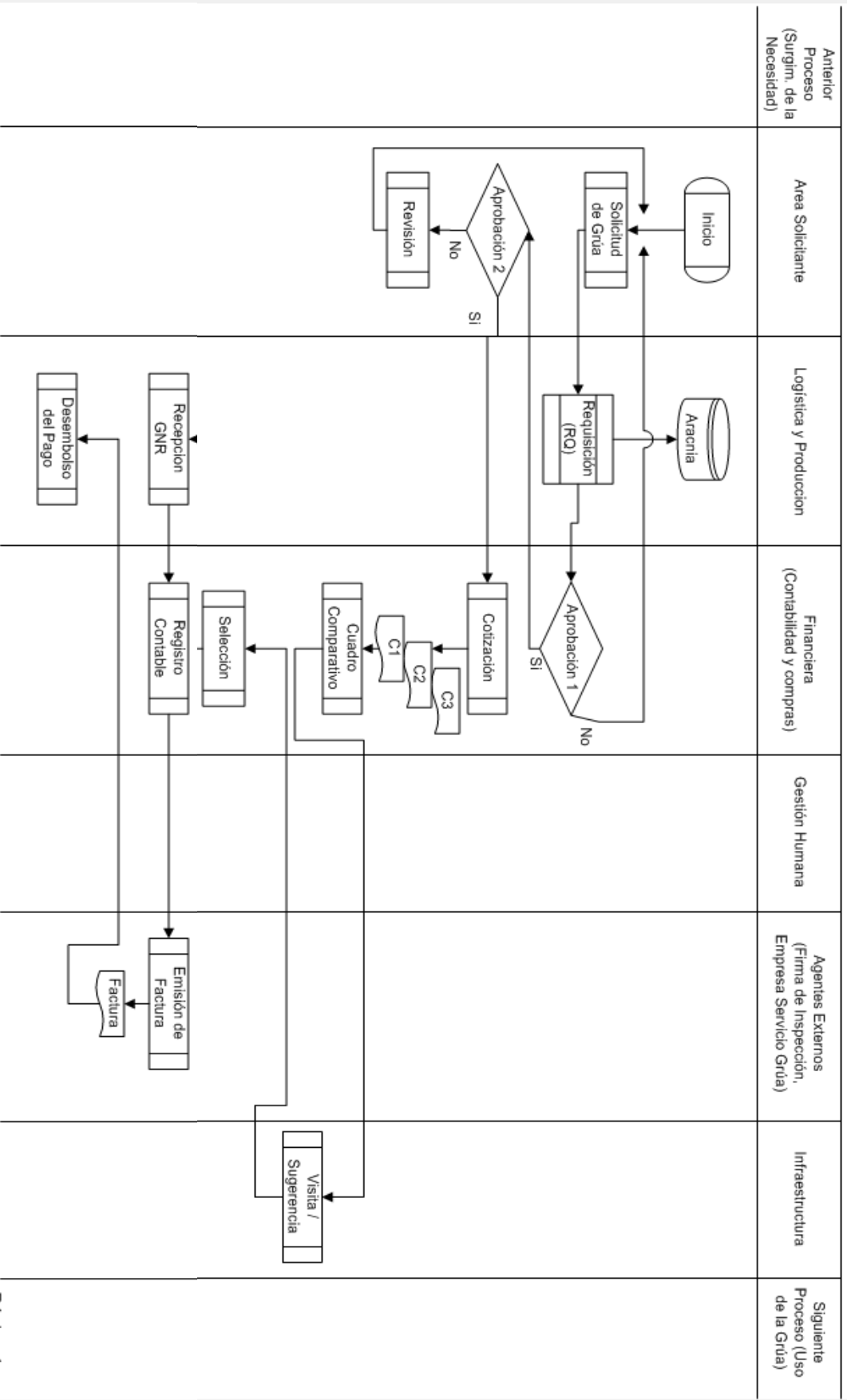
## 6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- *Diagnosticar y caracterizar la situación actual del proceso de programación y requerimiento de grúas en el pozo petrolero Rancho Hermoso de la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. mediante el uso de la herramienta Matriz DOFA.*
- *Elaborar la o las posibles propuestas de solución a las problemáticas identificadas en el proceso mediante una Lista Inicial de Oportunidades de Mejora.*
- *Analizar y seleccionar una alternativa viable para la solución de las falencias identificadas en el proceso de programación y requerimiento de grúas, mediante una matriz de impacto.*
- *Evaluar financieramente la posible implementación de la alternativa seleccionada y el impacto que esta causaría, mediante el cálculo de la relación beneficio/costo, la tasa interna de retorno y el valor presente neto.*

## **7. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE PROGRAMACIÓN Y REQUERIMIENTO DE GRÚAS EN EL POZO RANCHO HERMOSO DE CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.**

Con base en el entendimiento adquirido hasta el momento sobre CANACOL ENERGY COLOMBIA se actualiza el Esquema Logístico Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas además de indagar más sobre la parte de la prestación del servicio, por lo cual se estructura el Esquema de Flujo Físico de la Prestación del Servicio de Grúas

**ESQUEMA DEL PROCESO DE CONTRATACIÓN DE GRÚAS EN CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A.**  
**MARTES, ABRIL 1, 2014**



**Ilustración 5: Esquema Logístico Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas**

#	Descripción Actual del Proceso en Actividades
1	Solicitud de grúa(s) por parte un área
2	Elaboración de una Requisición (RQ)
4	Ingreso de la Requisición al sistema de información Aracnia
5	Aprobación por el área de Contabilidad
6	Aprobación por el Gerente del área solicitante
7	Revisión
8	Cotización con mínimo 3 empresas prestadoras del servicio Emisión de una orden de compra por el área de Compras
9	Cuadro comparativo entre las diferentes alternativas
10	
11	Visita al pozo con Inspector de Grúas y sugerencia por parte del Inspector.
12	Selección de una alternativa con el Superintendente de Campo y con un delegado del área solicitante
13	Prestación del servicio
14	Recepción en CANACOL del Good Note Receipt (GNR)
	Registro contable
15	Emisión de factura por parte del prestador del servicio
16	Desembolso del dinero

**Tabla 5: Descripción Actual del Proceso de Programación y Requerimiento de Grúas en Actividades<sup>24</sup>**

Los cambios en el esquema desde el inicial, desarrollado al inicio del estudio, al actual que fue modificándose durante el estudio, se dan al estudiar el proceso a fondo y entender con mayor claridad el orden y la dinámica del proceso.

<sup>24</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Superintendente de campo, Ing. Carlos Rivera, 20 de Febrero 2014)

En primera instancia los flujos de información ya que no se había contemplado que al haber toma de decisiones, se deben contemplar posibles reprocesos, es decir que se deba evaluar nuevamente la decisión, agregándose por tanto la actividad de Revisión.

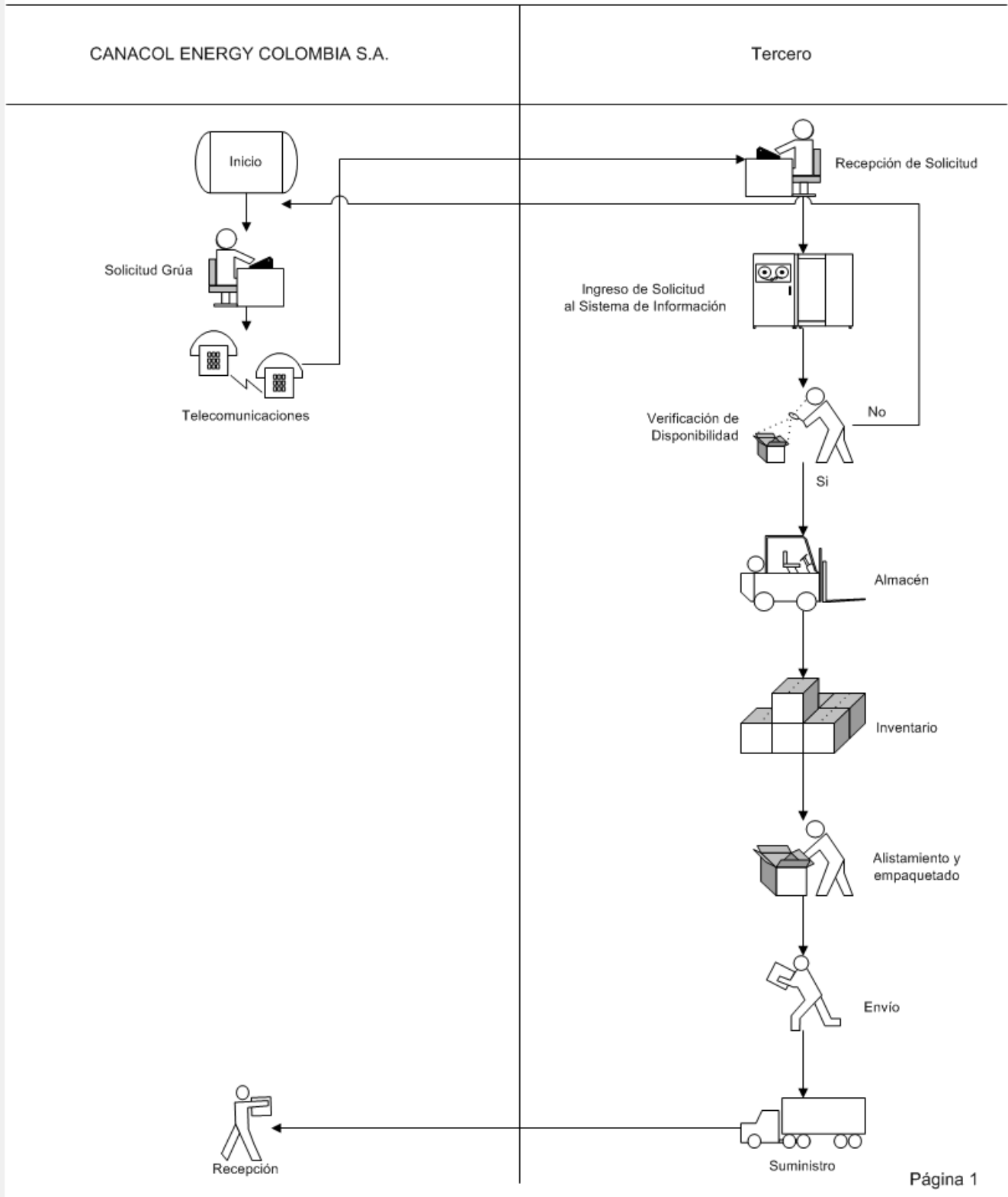
Se encontró que en el proceso se da la selección de la grúa a contratar y luego se emite la orden de compra, por lo que se reubico la actividad Emisión de Orden de Compra después de la actividad Selección además teniendo en cuenta que se debe hacer un registro contable, se agregó dicha actividad al flujo en la parte posterior a la Recepción del Good Note Receipt o Recibido a Conformidad.

Finalmente se estableció que la visita del inspector externo tiene como fin sugerir un tipo de grúa a utilizar razón por la cual se cambió el nombre de la actividad a Visita/Sugerencia.

Dentro del proceso de requerimiento de grúas se profundizó en el análisis de la parte del proceso en la que se da la prestación del servicio.

## **7.2 Esquema de Flujo Físico de la Prestación del Servicio de Grúas**

**Esquema de Flujo Físico de la Prestación del Servicio de Grúas**  
Martes, Abril 1, 2014



## 8. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

La siguiente parte del documento contiene el Listado Inicial de Oportunidades de Mejora, más adelante en el documento se hará la profundización financiera.

Para el análisis de las siguientes alternativas se tuvieron en cuenta las necesidades de calidad de maquinaria, capacidad de levantamiento de carga, bajo costo en mantenimientos que requiere CANACOL ENERGY COLOMBIA, con base en éstas y con base en los datos históricos de solicitudes de grúas<sup>25</sup> y la tipología de grúas usadas históricamente<sup>26</sup> se estableció que la grúa que se debe contemplar para solventar el problema debe ser la tipo Grúa Extensora con una capacidad mínima de levante de 200 toneladas. La tabla siguiente es una cotización de Grúas Japonesas de los Andes el distribuidor oficial de Grúas Tadano en Colombia.

Toneladas	Precios en Euros <sup>27</sup>	Precios en COP
400	€ 2.508.013,00	\$ 6.839.351.451
<b>220</b>	<b>€ 1.276.278,00</b>	<b>\$ 3.480.410.106</b>
130	€ 1.123.984,00	\$ 3.065.104.368

Tabla 6: Cotización con Grúas Japonesas de los Andes<sup>28</sup>

Luego de realizar averiguaciones en entidades financieras se encontró que para optimizar costos, en el caso de una adquisición o un leasing se debe manejar directamente con las entidades bancarias con las que CANACOL ENERGY COLOMBIA ya tiene vínculos, con base en eso se planteó analizar la propuesta en los siguientes bancos Bancolombia, Helm y Davivienda. De las anteriores entidades solo Bancolombia y Davivienda nos suministraron información para el caso de leasing, en Helm según políticas del banco no se puede brindar esta información a menos que se cumpla con una serie de requisitos a los cuales la empresa petrolera no está dispuesta a acceder.

### 8.1 Compra

El resultado de investigar en la Superintendencia Financiera qué condiciones manejan las tres entidades financieras anteriormente mencionadas para la compra de bienes o activos productivos se encontró que son:

<sup>25</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Libardo Granados, Logistics and Materials Coordinator, 01 Agosto 2013)

<sup>26</sup> Ver Anexo Tabla de peticiones históricas consolidadas

<sup>27</sup> Tasa de cambio = 2727 COP/ € EUR

<sup>28</sup> (COTIZACIÓN, Cotización con Walter Torres Gonzalez, 03 Enero 2014)



Nombre Entidad	Tasa (e.a.)	Monto (en miles)
Bancolombia	10,09%	\$ 327.032.818
Helm Bank	9,53%	\$ 176.032.700
Banco Davivienda	11,82%	\$ 75.313.380

Tabla 7: Condiciones comerciales<sup>29</sup>

De acuerdo a lo anterior se seleccionó al banco Helm para analizar una posible compra por brindar la menor tasa para la compra de la maquinaria. Teniendo en cuenta un crédito a 5 años y una tasa del 0,76 % efectiva mensual. las cuotas mensuales a pagar serían de \$ 84.457.952 COP.

## 8.2 Leasing

Modelo mediante el cual la empresa que busca la adquisición de un bien, en este caso productivo, a corto o largo plazo con la ayuda de una entidad bancaria. El proceso funciona de la siguiente forma: la empresa decide la maquinaria que necesita comprar una vez identifique esto, le comunica al banco su deseo de adquirir esa máquina de una marca determinada con una especificaciones dadas mediante leasing, luego de esto y de la aprobación por parte del banco de la capacidad de pago de la empresa el banco procede a comprar el bien al proveedor de éste. La empresa puede decidir si dar una cuota inicial junto con pagos mensuales o únicamente los pagos mensuales.

Una vez establecidas las condiciones del contrato y realizada la compra se procede a brindarle el bien a la empresa a cambio de la cuota inicial, si la hay, y unos cánones mensuales. Una vez se cumpla con todos los cánones del periodo pactado ya transcurrido, la empresa tiene una opción de compra del bien, es decir puede decidir si desea comprarlo o simplemente que siga siendo propiedad del banco.

Luego de indagar con las entidades qué condiciones manejan para el leasing de bienes o activos productivos se estableció que son:

Bancolombia:

Tipo activo	Financiación brindada	Condiciones	Rango de tasas (e.a.)
Nuevo	100% financiado	12 a 60 meses	8,60% -22,56%
Usado	80% máximo financiamiento	13 a 36 meses	

Tabla 8: Condiciones leasing Bancolombia<sup>30</sup>

<sup>29</sup> <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?!Servicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=60829>

<sup>30</sup> (COTIZACIÓN, Cotización Leasing Bancolombia vía telefónica)

### Davivienda:

Tipo activo	Financiación brindada	Condiciones	Rango de tasas (e.a.)
Nuevo	100% financiado	15 días a 36 meses	12,16% -17,68%
Usado	80% máximo financiamiento	30 días a 60 meses	

Tabla 9: Condiciones leasing Davivienda<sup>31</sup>

Las tasas varían según el tipo de cliente, tipo de activo, capacidad de pago y acuerdos que se logren realizar con el banco. Lo que puede establecer CANACOL ENERGY COLOMBIA con seguridad es el valor de la opción de compra, que está entre el 1 y el 10% del precio del activo. Ahora bien haciendo un análisis para 5 años, sin cuota inicial y con opción de compra del 10 % y usando la menor tasa promedio en este caso la de Davivienda con un 14,92%, los cánones mensuales tendrían un valor de \$ 76.906.952.

### 8.3 Tercerizar

Un modelo de tercerización para el caso de CANACOL ENERGY COLOMBIA y el sistema actual de programación y requerimiento de grúas implica la contratación de una empresa ajena a la empresa petrolera que le permita liberarse de toda responsabilidad que acarrea el no contar con grúas al no haber disponibilidad de grúas por parte de los proveedores actuales, para este caso se tendría en cuenta una tarifa un poco más elevada que sería la ganancia de ese tercero que entraría a dialogar con los proveedores en busca de convenios para cumplirle a CANACOL ENERGY COLOMBIA.

Este esquema no se puede usar como solución a la situación actual debido a que se han hecho averiguaciones y en el sector no hay un tercero que esté dispuesto a realizar la labor ya que las condiciones al parecer no serían lo suficientemente atractivas. Se envió una comunicación a Logispetrol, Transportes Benavides, Transportes y Servicios Nacionales y Servirig, actuales proveedores de transporte logístico de CANACOL ENERGY COLOMBIA. Al comunicado Transportes Benavides, Transportes y Servicios Nacionales y Servirig informaron por vía telefónica que por el momento no es de su interés la propuesta. Logispetrol dio una respuesta al comunicado en la que especifica que no podría cumplir con las condiciones que necesita CANACOL ENERGY COLOMBIA sin embargo no descarta la posibilidad de que en un futuro si cambiasen los requerimientos de grúas para CANACOL ENERGY COLOMBIA se lograra un acuerdo ya que si está interesado solo que no con las condiciones actuales.<sup>32 33</sup>

<sup>31</sup> (COTIZACIÓN, Cotización Leasing Davivienda vía telefónica)

<sup>32</sup> Anexo 15.6.4 Comunicación escrita a proveedores

<sup>33</sup> Anexo 15.6.5 Comunicado de Respuesta de Logispetrol

## 8.4 Maquila

Un modelo de maquila para el caso de CANACOL ENERGY COLOMBIA y el sistema actual de programación y requerimiento de grúas implica un convenio que busca que la petrolera le brinde los medios, principalmente respaldo financiero a una empresa ajena con el objetivo de la compra del activo productivo, en este caso Grúa Extensora por parte de la empresa ajena a CANACOL ENERGY COLOMBIA. Esto de la mano con la firma de un convenio de exclusividad por un periodo de tiempo específico de forma que la empresa ajena tenga al terminar el contrato un activo productivo y la empresa petrolera pueda asegurarse ser provista de una grúa cuando la necesite y además sin tener que incurrir en pagos de mantenimientos ni impuestos que conllevaría ser el dueño del activo.

Este esquema no se puede usar como solución a la situación actual debido a que se han hecho averiguaciones y en el sector no hay un tercero que esté dispuesto a realizar la labor ya que las condiciones al parecer no serían lo suficientemente atractivas. Se envió una comunicación a Logispetrol, Transportes Benavides, Transportes y Servicios Nacionales y Servirig, actuales proveedores de transporte logístico de CANACOL ENERGY COLOMBIA. Al comunicado Transportes Benavides, Transportes y Servicios Nacionales y Servirig informaron por vía telefónica que por el momento no es de su interés la propuesta. Logispetrol dio una respuesta al comunicado en la que especifica que no podría cumplir con las condiciones que necesita CANACOL ENERGY COLOMBIA sin embargo no descarta la posibilidad de que en un futuro si cambiasen los requerimientos de grúas para CANACOL ENERGY COLOMBIA se lograra un acuerdo ya que si está interesado solo que no con las condiciones actuales.<sup>34 35</sup>

## 8.5 Herramienta de pronóstico

Se planteó diseñar una herramienta de pronóstico que le permitiera al área Logística de CANACOL ENERGY COLOMBIA, en específico a aquellas personas encargadas de la programación y requerimiento de grúas un diagnóstico del estado actual del sistema de grúas, con el fin de poder tomar acciones en caso de que haya una falla en potencia próxima a suceder.

Con base en lo anterior a esta empresa petrolera en el 2013 se le solicitaron los datos de producción de barriles y las fechas históricas de fallas en el sistema de programación y requerimiento de grúas actual de los últimos 4 años en su momento los cuales fueron estudiados buscando en primera instancia poder cuantificar las pérdidas directamente relacionadas con las fallas de sistema anteriormente mencionado, en segunda instancia poder realizar un pronóstico de falla del sistema de grúas sin embargo se llegó a la conclusión que se necesitaría más información,

---

<sup>34</sup> Anexo 15.6.4 Comunicación escrita a proveedores

<sup>35</sup> Anexo 15.6.5 Comunicado de Respuesta de Logispetrol

por lo cual fueron solicitados a CANACOL ENERGY los datos históricos de peticiones de grúas de los últimos 5 años, es decir del 2009 a la fecha actual marzo del 2014.

Una vez solicitada esta información adicional, se prosiguió a probar los diferentes métodos de pronóstico que brinda la estadística:

- Regresión Lineal

$$\hat{y} = a + bx$$

- Promedio Móvil Simple<sup>36</sup>

$$A_t = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

- Promedio Móvil Ponderado

$$F_{t+1} = A_t = W_1 D_t + W_2 D_{t-1} + \dots + W_N D_{t-N+1}$$

- Suavización Exponencial Simple (S.E.S.)<sup>37</sup>

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t)$$

- Suavización Exponencial Doble (S.E.D., Holt-Winters)<sup>38</sup>

$$\begin{aligned} FIT_t &= F_t + T_t \\ F_t &= FIT_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - FIT_{t-1}) \\ T_t &= T_{t-1} + \beta(D_{t-1} - FIT_{t-1}) \end{aligned}$$

---

<sup>36</sup> (CHASE, 2000)

<sup>37</sup> (RUSSELL & TAYLOR, 2003)

<sup>38</sup> (SCHROEDER, 1990)

- Suavización Exponencial Triple (S.E.T.)<sup>39</sup>

$$\begin{aligned}
 F_{t+k} &= (S_t + kB_t)c_{t+k-L} \\
 S_t &= \alpha(D_t / c_{t-L}) + (1-\alpha)(S_{t-1} + B_{t-1}) \\
 B_t &= \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)B_{t-1} \\
 c_t &= \gamma(D_t / S_t) + (1-\gamma)c_{t-L}
 \end{aligned}$$

- Modelo Autorregresivo<sup>40</sup>

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi X_{t-i} + \varepsilon_{t-1}$$

- Modelo Autorregresivo de Media Móvil (A.R.M.A.)<sup>41</sup>

$$X_t = c \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k + \phi^N X_{t-N} + \sum_{k=0}^{N-1} \phi^k \varepsilon_{t-k}$$

De estos modelos se descartaron Promedio Móvil Simple, Promedio Móvil Ponderado, Suavización Exponencial Simple, Suavización Exponencial Triple y Modelo Autorregresivo de Media Móvil ya que teniendo en cuenta que lo que se busca pronosticar es una falla, los primeros 3 modelos arrojarían directamente una fila de ceros lo cual no sería de utilidad cuando se busca pronosticar si ocurrirá un evento, en el caso del la Suavización Exponencial Triple no se tiene en cuenta al no encontrar estacionalidad en los datos y el Modelo Autorregresivo de Media Móvil tampoco sería tenido en cuenta ya que no podrían establecerse grupos de datos dentro del histórico a los cuales promediar y así ponderar la regresión.

Para los modelos resultantes de la anterior depuración, se les puso a prueba sus pronósticos con base en las siguientes especificaciones:

Modelo	Parámetros
Regresión Lineal	$\gamma=2,35081E-05x$
Suavización Exponencial Doble	$\alpha=2,35081E-05, \beta=0$
Suavización Exponencial Doble	$\alpha=2,35081E-05, \beta=1E-05$
Modelo Autorregresivo	Ver tabla a continuación

<sup>39</sup> (SIPPER, 1998)

<sup>40</sup> (BOX & JENKINS, 1976)

<sup>41</sup> (BOX & JENKINS, 1976)

**Tabla 10: Parámetros de modelos<sup>42</sup>**

En la siguiente tabla se muestran los parámetros:  $\phi$  también llamado el coeficiente de la regresión y  $\varepsilon$  también conocido como el error típico.

# \ Parámetros M.A.	Coeficientes	Error típico
1	0,00120007	0,00943626
2	0,00120007	0,00943626
3	0,00120007	0,00943626
4	0,00120007	0,00943626
5	0,00120007	0,00943626
6	0,00120007	0,00943626
7	0,00120007	0,00943626
8	0,00120007	0,00943626
9	0,00120007	0,00943626
10	0,00120007	0,00943626
11	0,00120007	0,00943626
12	0,00120007	0,00943626
13	0,00120007	0,00943626
14	0,00120007	0,00943626
15	0,00120007	0,00943626
16	0,00110375	0,00940752
17	0,00110375	0,00940752
18	0,00089804	0,00926579
19	0,00089804	0,00926579
20	0,00089804	0,00926579
21	0,00059612	0,00894963
22	0,00059612	0,00894963
23	0,00059612	0,00894963
24	0,00068032	0,00897365
25	0,00068032	0,00897365
26	0,0006256	0,00893017

**Tabla 11: Parámetros de autorregresión<sup>43</sup>**

A continuación los resultados obtenidos:

<sup>42</sup> Parámetros escogidos por el autor buscando un comportamiento diferente a estable en cero.

<sup>43</sup> Parámetros de la autorregresión de los datos en la herramienta Microsoft Excel

# \ Modelo de Pronóstico	R.L.	S.E.D.( $\alpha=2,35081$ E-05, $\beta=0$ )	S.E.D.( $\alpha=2,35081$ E-05, $\beta=1E-05$ )	M.A.
1	0,01208318	0,027519805	-0,00241248	0,01543662
2	0,01210669	0,027543313	-0,002435022	0,01543662
3	0,0121302	0,027566821	-0,002457588	0,01543662
4	0,01215371	0,02759033	-0,002480177	0,01543662
5	0,01217722	0,027613838	-0,002502791	0,01543662
6	0,01220072	0,027637346	-0,00252543	0,01543662
7	0,01222423	0,027660854	-0,002548093	0,01543662
8	0,01224774	0,027684362	-0,002570781	0,01543662
9	0,01227125	0,02770787	-0,002593494	0,01543662
10	0,01229476	0,027731378	-0,002616233	0,01543662
11	0,01231826	0,027754887	-0,002638997	0,01543662
12	0,01234177	0,027778395	-0,002661788	0,01543662
13	0,01236528	0,027801903	-0,002684604	0,01543662
14	0,01238879	0,027825411	-0,002707446	0,01543662
15	0,0124123	0,027848919	-0,002730316	0,01543662
16	0,0124358	0,027362084	-0,002753211	0,01492628
17	0,01245931	0,027385593	-0,002776134	0,01492628
18	0,01248282	0,026238801	-0,002799084	0,01375598
19	0,01250633	0,026262309	-0,002822062	0,01375598
20	0,01252984	0,026285818	-0,002845067	0,01375598
21	0,01255335	0,024483573	-0,0028681	0,01193023
22	0,01257685	0,024507082	-0,002891162	0,01193023
23	0,01260036	0,02453059	-0,002914251	0,01193023
24	0,01262387	0,024999098	-0,00293737	0,01237523
25	0,01264738	0,025022606	-0,002960517	0,01237523
26	0,01267089	0,024729068	-0,002983693	0,01205818

Tabla 12: Pronósticos resultantes de los modelos<sup>44</sup>

Según Canavos el criterio fundamental para decidir entre un modelo y otro es la D.M.A.:

Modelo	Desviación Media Absoluta (M.A.D. en inglés)
Regresión Lineal ( $y=2,35081E-05x$ )	0,012400542
Suaviz. Exp. Doble ( $\alpha=2,35081E-05$ , $\beta=0$ )	0,015701101
Suaviz. Exp. Doble ( $\alpha=2,35081E-05$ , $\beta=1E-05$ )	0,010940457
Modelo Autorregresivo	0,37526916

Tabla 13: D.M.A. o M.A.D. de los modelos<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Pronósticos resultantes de los diferentes modelos corridos en la herramienta Microsoft Excel

<sup>45</sup> Basado en apuntes de Clase de Producción con Ing. Jorge Silva

De estos cuatro modelos se buscó mediante parámetros que el pronóstico no fuese cero sino un indicador que permitiera identificar si se avecina o no una falla por lo cual la Regresión Lineal y la Suavización Exponencial Doble tienen una tendencia pronunciadamente creciente razón por la cual no permitirían sus pronósticos identificar con una subida una posible falla, mientras que el Modelo Autorregresivo logra efectivamente anunciar fallas con el crecimiento en la cifra pronosticada. Por lo que aunque los tres primeros modelos tengan una mejor DMA se diseñó la herramienta con base en el Modelo Autorregresivo.



## 9. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE UNA ALTERNATIVA VIABLE PARA LA SOLUCIÓN DE LAS FALENCIAS IDENTIFICADAS EN EL PROCESO

Para la evaluación de las alternativas se tuvo en cuenta como ingresos los ahorros por pérdidas resultantes de falla en el actual sistema de programación y requerimiento de grúas, razón por la cual para estimar los ingresos se tomaron los costos por evento históricos, que fueron calculados en su momento para dimensionar la magnitud del impacto, dichos valores se encuentran extraídos de la tabla original de estudio del impacto para efectos prácticos, se muestran en la siguiente tabla:

Fallo	Fecha	Costo por evento
1	4/Junio/2009	\$ 207.654.715 COP
2	13/Agosto/2010	\$ 286.811.696 COP
3	9/Diciembre/2011	\$ 607.111.885 COP
4	26/Octubre/2012	\$ 388.983.815 COP

Tabla 14: Costos por eventos de fallas<sup>46</sup>

Con base en la tabla anterior se especifica por tanto el valor promedio de ingresos mensuales del proyecto en \$ 31.053.377 COP. Una vez se tiene la cifra de ingresos y gastos se procede al cálculo del Promedio Ponderado del Costo del Capital o P.P.C.C. (en inglés Weighted Average Cost of Capital o W.A.C.C.) el cual mide el costo promedio que ha costado adquirir el activo que en este caso es el activo productivo Grúa Telescópica, para ello se toma una tasa libre de riesgo, la tasa de mercado y un factor  $\beta$  que tiene en cuenta los riesgos por sector y por país, a continuación las bases para la W.A.C.C.:

Bases para la W.A.C.C.	Tasa
Tasa libre de Riesgo <sup>47</sup>	6,45%
Tasa mercado	15,30%
Beta $\beta$ <sup>48</sup>	0,980

Tabla 15: Bases para la W.A.C.C.<sup>49</sup>

Una vez se tienen los componentes para el cálculo del Costo del capital propio o  $K_e$  y Costo de la deuda o  $K_d$ , mediante la fórmulas de estas componentes:  $K_e = R_f + ((R_m - R_f) * \beta)$  y  $K_d = Tasa * (1 - T_s)$  se procede al cálculo de la W.A.C.C., sin embargo teniendo en cuenta que no hay capital propio la

<sup>46</sup> Extracto de Tabla 47 de Anexo 15.6.3 Indicador de costo por detención de la operación

<sup>47</sup> [https://www.grupoaval.com/portal/page?\\_pageid=33,115460184&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](https://www.grupoaval.com/portal/page?_pageid=33,115460184&_dad=portal&_schema=PORTAL)

<sup>48</sup> [http://pages.stern.nyu.edu/~ADAMODAR/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~ADAMODAR/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

<sup>49</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

W.A.C.C. es directamente la tasa resultante de la toma del leasing , la compra y el crédito para la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico, es decir 14,92%, 9,53% y 29,35% respectivamente. Con base en lo anterior y en aras de simplificar la valoración se toma como tasa de valoración el DTF<sup>50</sup> más 5 puntos lo que equivale a una tasa del 9,41%.

<b>W.A.C.C.</b>
9,41%

Tabla 16: W.A.C.C.<sup>51</sup>

Ahora bien, para la evaluación también se tuvo en cuenta el realizar un comparativo con respecto a los costos actuales de operación anual de alquileres de grúas en CANACOL ENERGY COLOMBIA, se realizó la siguiente estimación:

Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Alquileres de grúas	\$ (1.250.800.000)	\$ (1.298.330.400)	\$ (1.347.666.955)	\$ (1.398.878.299)	\$ (1.452.035.675)	\$ (1.507.213.031)

Tabla 17: Estimación de costos de alquileres de los próximos 5 años<sup>52</sup>

Al traer esos costos a valor presente se obtuvo que:

<b>V.P.N.</b>
(\$ 6.037.903.736)

Tabla 18: V.P.N. de los costos estimados de alquileres de los próximos 5 años<sup>53</sup>

A continuación los flujos de caja de las 3 alternativas junto con las diferencias con respecto a los costos actuales:

#### Compra de una grúa extensora de 220 ton.

	Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos anuales	Ahorros de costos por fallas	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524
	Pago Compra	\$ (1.013.495.424)	\$ (1.013.495.424)	\$ (1.013.495.424)	\$ (1.013.495.424)	\$ (1.013.495.424)	\$ (1.013.495.424)
Egresos anuales	Alquileres del 40% de las grúas	\$ (500.320.000)	\$ (519.332.160)	\$ (539.066.782)	\$ (559.551.320)	\$ (580.814.270)	\$ (602.885.212)
	<b>Total Neto Anual</b>	<b>\$ (1.141.174.900)</b>	<b>\$ (1.160.187.060)</b>	<b>\$ (1.179.921.682)</b>	<b>\$ (1.200.406.220)</b>	<b>\$ (1.221.669.170)</b>	<b>\$ (1.243.740.112)</b>

Tabla 19: Flujo de caja para la compra de una grúa extensora de 220 ton.<sup>54</sup>

- <sup>50</sup> <https://www.superfinanciera.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=60824>

<sup>51</sup> Resultado del cálculo de la W.A.C.C.

<sup>52</sup> Basado en anexos 15.1 Costos de grúas según tipología y 15.5 Tabla de peticiones históricas consolidadas

<sup>53</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

V.P.N.	Diferencia
\$ (5.255.179.203)	\$ 782.724.533

Tabla 20: V.P.N. de la compra de una grúa extensora de 220 ton.<sup>55</sup>

Leasing de una grúa extensora de 220 ton.

	Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos anuales	Ahorros de costos por fallas	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524
	Pago Leasing	\$ (922.883.424)	\$ (922.883.424)	\$ (922.883.424)	\$ (922.883.424)	\$ (922.883.424)	\$ (922.883.424)
Egresos anuales	Alquileres del 40% de las grúas	\$ (500.320.000)	\$ (519.332.160)	\$ (539.066.782)	\$ (559.551.320)	\$ (580.814.270)	\$ (602.885.212)
	Total Neto Anual	\$ (1.050.562.900)	\$ (1.069.575.060)	\$ (1.089.309.682)	\$ (1.109.794.220)	\$ (1.131.057.170)	\$ (1.153.128.112)

Tabla 21: Flujo de caja para el leasing de una grúa extensora de 220 ton.<sup>56</sup>

V.P.N.	Diferencia
\$ (4.853.622.338)	\$ 1.184.281.398

Tabla 22: V.P.N. de la compra de una grúa extensora de 220 ton.<sup>57</sup>

Posible implementación de la Herramienta de Pronóstico

	Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos anuales	Ahorros de costos por fallas	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524
	Alquileres de grúas	\$ (1.250.800.000)	\$ (1.298.330.400)	\$ (1.347.666.955)	\$ (1.398.878.299)	\$ (1.452.035.675)	\$ (1.507.213.031)
Egresos anuales	Recursos físicos	\$ (1.068.000)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Capital de trabajo	\$ (5.913.600)	\$ (6.138.317)	\$ (6.371.573)	\$ (6.613.693)	\$ (6.865.013)	\$ (7.125.883)
	Recursos administrativos	\$ (179.900)	\$ (186.736)	\$ (193.832)	\$ (201.198)	\$ (208.843)	\$ (216.779)
Total Neto Anual	\$ (885.320.976)	\$ (932.014.929)	\$ (981.591.836)	\$ (1.033.052.666)	\$ (1.086.469.007)	\$ (1.141.915.169)	

Tabla 23: Flujo de caja aproximado de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico<sup>58</sup>

<sup>54</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

<sup>55</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

<sup>56</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

<sup>57</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

<sup>58</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

V.P.N.	Diferencia
\$ (4.416.897.897)	\$ 1.621.005.839

Tabla 24: V.P.N. aproximado de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico<sup>59</sup>

Es de resaltar que en los tres casos habría beneficios para CANACOL ENERGY con la implementación, sin embargo al comparar se obtiene que la propuesta con el mayor beneficio en costos para la empresa petrolera, es la Herramienta de pronóstico con un valor presente neto de los costos de 5 años de \$ 4.416.897.897 COP y un posible ahorro con la implementación de \$1.621.005.839 COP.

Para la selección de una alternativa también fue tenido en cuenta el impacto logístico y funcional de las propuestas según la opinión de expertos. Con base en la entrevista entre el autor y el Gerente de Producción el Ing. Noel Valencia Lopez, se ponderó el nivel de aporte logístico y funcional de cada una de las 3 alternativas siendo una calificación de:

- 1 – Bajo Impacto
- 2 – Impacto Medio
- 3 – Impacto Alto

Los resultados se esquematizan en la siguiente matriz de impacto:

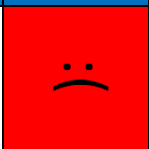
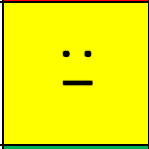
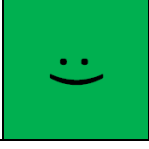
Propuesta	Impacto Financiero	Impacto Logístico	Selección
Compra	\$ 782.724.533	1	
Leasing	\$1.184.281.398	2	
H. Pronóstico	\$1.621.005.839	3	

Tabla 25: Matriz de Impacto<sup>60</sup>

En la matriz se puede observar que la alternativa Herramienta de Pronóstico coincidió tanto en el impacto financiero como en el impacto logístico y funcional.

<sup>59</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela Maria Jaramillo

<sup>60</sup> Basado en apuntes clase de Introducción a la Ingeniería Industrial con el Ing. Jorge Duarte

## 10. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

El objetivo de realizar un análisis financiero para este trabajo de grado es verificar si es rentable o no la propuesta para la implementación de un sistema de control logístico basado en la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas en la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA lo cual implica determinar su viabilidad económica.

### 10.1. Presupuesto de Inversión

La inversión que se tiene en cuenta involucra únicamente los costos y gastos que conlleva adquirir los recursos necesarios para la implementación de la herramienta de pronóstico (recursos físicos, capital de trabajo y software).

#### 10.1.1. Inversión en recursos físicos

Recursos físicos	Valor (COP)
1 Escritorios (x 1 unidad)	\$ 279.000
1 Computadores (x 1 unidad)	\$ 789.000
TOTAL	\$ 1.068.000

Tabla 26: Cotización inversión en recursos físicos<sup>61</sup>

<sup>61</sup>Fuentes cotización recursos administrativos:

- [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409880864-escritorio-vidrio-computador-oficina-hogar-8mm-templado-r251-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409880864-escritorio-vidrio-computador-oficina-hogar-8mm-templado-r251-_JM)
- [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409686304-portatil-samsung-4gb-ram-500gb-dd-intel-doble-nucleo-led-14-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409686304-portatil-samsung-4gb-ram-500gb-dd-intel-doble-nucleo-led-14-_JM)

### 10.1.2. Capital de trabajo

Costos de operación administrativa mensual	Base Mensual(COP)	Valor Hora Hombre al mes	Valor de prestación servicios mensual	Valor Total de prestación servicios primer año			
Auxiliar administrativo (8 horas hombre)	\$ 1.232.000	\$ 61.600	\$ 492.800	\$ 5.913.600			
Capital de trabajo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Auxiliar Adminstrativo	\$ (5.913.600)	\$ (6.138.317)	\$ (6.371.573)	\$ (6.613.693)	\$ (6.865.013)	\$ (7.125.883)	\$ (39.028.079)

Tabla 27: Cotización capital de trabajo<sup>62</sup>

### 10.1.3. Recursos administrativos

Recursos administrativos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Software Microsoft Office	\$ (179.900)	\$ (186.736)	\$ (193.832)	\$ (201.198)	\$ (208.843)	\$ (216.779)	\$ (1.187.289)

Tabla 28: Cotización recursos administrativos necesarios<sup>63</sup>

<sup>62</sup>Fuentes cotización capital de trabajo:

- [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409880864-escritorio-vidrio-computador-oficina-hogar-8mm-templado-r251-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-409880864-escritorio-vidrio-computador-oficina-hogar-8mm-templado-r251-_JM)

<sup>63</sup>Fuentes cotización capital de trabajo:

- [http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-410050790-licencia-office-2010-hogar-y-pequena-empresa-oem-dvd-espanol-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-410050790-licencia-office-2010-hogar-y-pequena-empresa-oem-dvd-espanol-_JM)

Una vez tenidos en cuenta todos los recursos necesarios para el funcionamiento se obtiene:

Tipo de Recurso	Valor (COP)
Recursos físicos	1.068.000
Capital de trabajo	39.028.079
Recursos administrativos	1.187.289
<b>TOTAL Inversión</b>	<b>\$ 41.283.367</b>

Tabla 29: Inversión total en recursos<sup>64</sup>

Es decir que la cifra total de inversión del proyecto es de \$ 41.283.367 COP.

### 10.3. Evaluación

Para la evaluación del proyecto se tuvo en cuenta como ingresos los ahorros por pérdidas resultantes de falla en el actual sistema de programación y requerimiento de grúas, razón por la cual para estimar los ingresos se tomaron los costos por evento históricos, que fueron calculados en su momento para dimensionar la magnitud del impacto, al promediar dichos valores se obtiene una cifra promedio de ingresos mensuales del proyecto de \$ 31.053.377 COP. Con base el cálculo de los cánones mensuales de \$ 1.713.451 COP y una W.A.C.C. del 9,41%, éste último obtenido en la fase de evaluación y selección de alternativas, se procede a evaluar la herramienta de pronóstico:

	Item	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos anuales	Ahorros de costos por fallas	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524	\$ 372.640.524
Egresos anuales	Alquileres de grúas	\$ (1.250.800.000)	\$ (1.298.330.400)	\$ (1.347.666.955)	\$ (1.398.878.299)	\$ (1.452.035.675)	\$ (1.507.213.031)
	Recursos físicos	\$ (1.068.000)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	Capital de trabajo	\$ (5.913.600)	\$ (6.138.317)	\$ (6.371.573)	\$ (6.613.693)	\$ (6.865.013)	\$ (7.125.883)
	Recursos administrativos	\$ (179.900)	\$ (186.736)	\$ (193.832)	\$ (201.198)	\$ (208.843)	\$ (216.779)
<b>Total Neto Anual</b>		<b>\$ (885.320.976)</b>	<b>\$ (932.014.929)</b>	<b>\$ (981.591.836)</b>	<b>\$ (1.033.052.666)</b>	<b>\$ (1.086.469.007)</b>	<b>\$ (1.141.915.169)</b>

Tabla 30: Flujo de caja de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Resultado del cálculo de la suma de las inversiones necesarios en los diferentes tipos de recursos

<sup>65</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo

<b>V.P.N.</b>
(\$ 4.416.897.897)

**Tabla 31: Valor presente neto de la posible implementación de la Herramienta de Pronóstico<sup>66</sup>**

Al comparar la propuesta con respecto al valor presente neto de los costos anuales estimados de los próximos 5 años por alquileres de grúas de la tabla 18 se obtiene un ahorro por la posible implementación de la herramienta de pronóstico de \$ 1.621.005.839,, equivalente a una reducción de los costos del 27 %.

---

<sup>66</sup> Basado en apuntes clase de Preparación y Evaluación de Proyectos con Ángela María Jaramillo



## **11. HERRAMIENTA DE PRONÓSTICO**

### **11.1 Introducción a la Herramienta de Pronóstico**

#### *11.1.1 Funcionamiento y funciones de la Herramienta de Pronóstico*

La Herramienta de Pronóstico está basada en Microsoft Excel un programa insignia del paquete que maneja el sistema operativo Windows, mediante ésta será posible pronosticar y analizar información relacionada con el sistema de contratación de grúas en CANACOL ENERGY COLOMBIA. Este instrumento proporciona tanto practicidad como robustez cuando se realiza un pronóstico, esto teniendo en cuenta que fue desarrollado específicamente para que fuera de fácil uso por parte de los empleados de CANACOL ENERGY COLOMBIA, además de ser una herramienta especialmente diseñada de acuerdo a las necesidades logísticas de esta empresa.

En vez de preocuparse porque no se encuentren grúas disponibles en el momento de necesitarlas en el pozo, la Herramienta de Pronóstico permite a los encargados en la gerencia de Producción y Yacimientos de programación y requerimiento de grúas prever con antelación cuando se presentarán este tipo de eventos con el fin de mitigar los riesgos y contrarrestar los costos asociados a esta problemática.

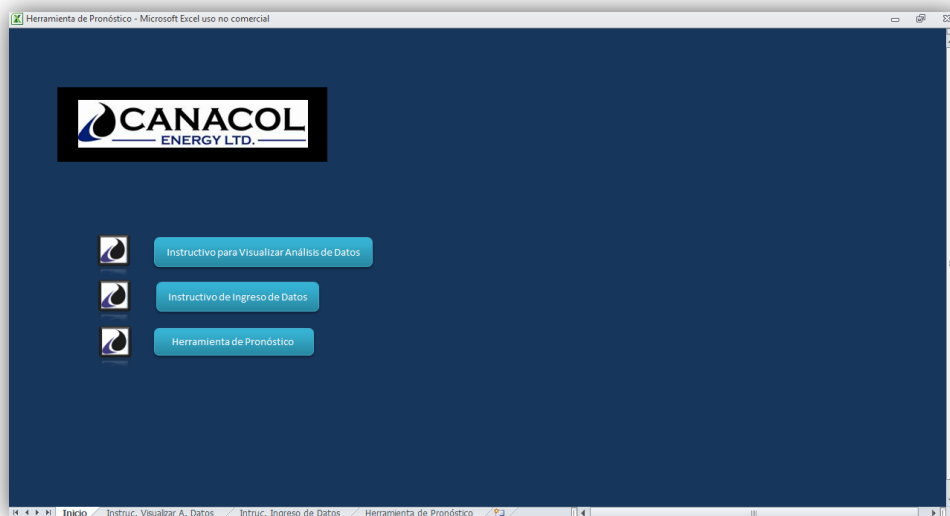
Esta herramienta mediante su capacidad de asimilar tanto datos históricos como datos nuevos de peticiones de grúas, permite a los usuarios tener una información actualizada de la situación en la que se encuentra la empresa en términos logísticos en lo que respecta a grúas.

Para el uso de la herramienta se requiere de una orientación básica, donde para la alimentación de la información y el análisis de los resultados se cuenta con la ventaja de tener una interfaz de usuario sencilla y amigable, permitiendo al usuario tener una experiencia agradable al trabajar con ésta. A través del instructivo paso a paso la construcción del pronóstico se lleva a cabo sin complicaciones de ningún tipo permitiendo al usuario no perder tiempo en confusiones con respecto a metodologías y aplicaciones de éstas sino por el contrario brindarle información que le permita tomar decisiones de forma acertada y oportuna.

## 11.2 La Herramienta de Pronóstico

### 11.2.1 Pantalla de Inicio

Al abrir la herramienta se despliega en la pantalla un espacio denominado Inicio desde el cual el usuario podrá acceder a las diferentes partes de la herramienta mediante una serie de botones planteados para este fin. Este espacio fue diseñado pensando en brindar al usuario la opción de volver a punto inicial en caso de que moverse entre diferentes las partes de la herramienta pudiera tornarse una tarea dispendiosa.



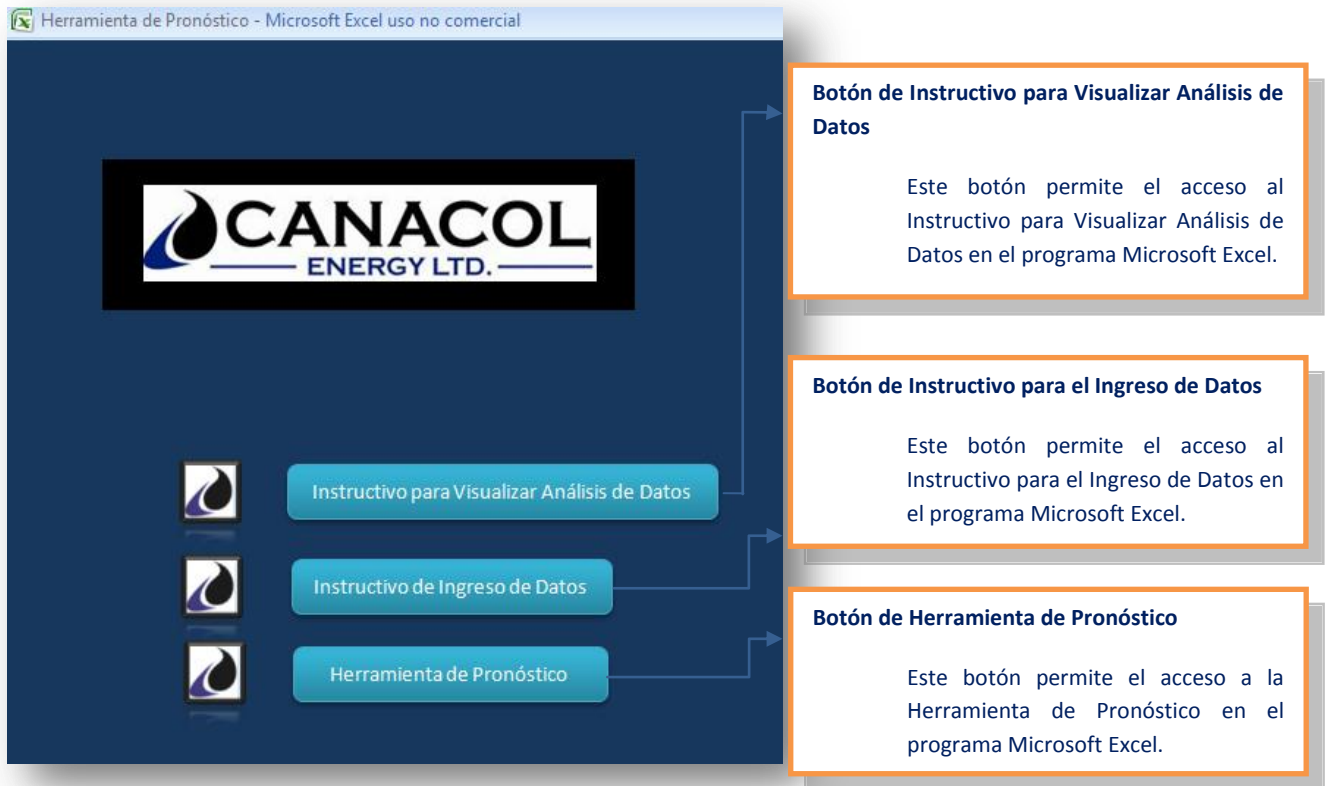
**Ilustración 7: Vista general de la Pantalla de Inicio**

### 11.2.2 Descripción gráfica de la Pantalla de Inicio

Al encontrarse el usuario en la pantalla de inicio cuenta con tres opciones que son:

- Instructivo para Visualizar Análisis de Datos
- Instructivo de Ingreso de Datos
- Herramienta de Pronóstico

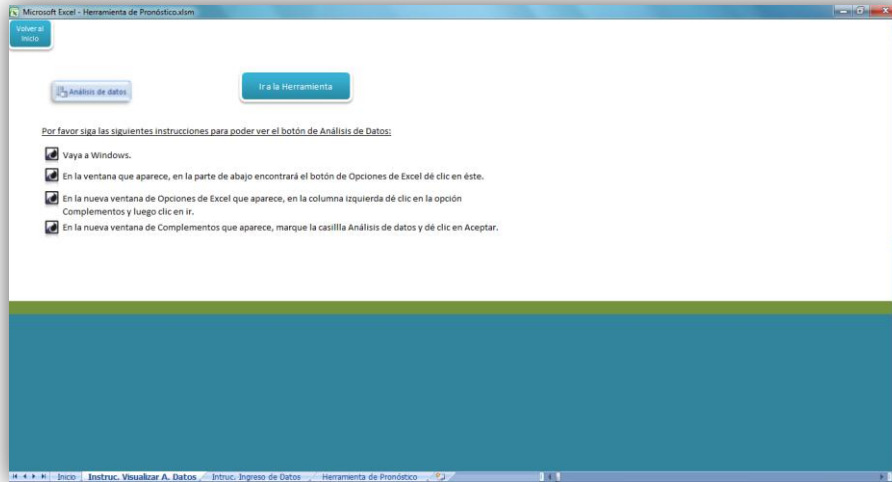
Como se puede apreciar en la imagen a continuación se pueden visualizar los tres botones correspondientes a las opciones mencionadas anteriormente.



**Ilustración 8: Descripción gráfica de la Pantalla de Inicio**

### 11.2.3 Instructivo para Visualizar Análisis de Datos

Al estar en Inicio y dar clic en el botón de Instructivo para Visualizar Análisis de Datos se despliega en la pantalla un espacio denominado con ese mismo nombre, desde el cual el usuario podrá ser instruido sobre cómo preparar su programa Excel con los complementos necesarios para poder llevar a cabo el pronóstico además se le permitirá movilizarse por la herramienta mediante una serie de botones planteados para este fin. Este espacio fue diseñado pensando en brindar al usuario la opción de seguir un paso a paso sobre cómo activar el complemento Análisis de Datos ya que dicha activación sin un instructivo podría llevarle un tiempo al usuario.

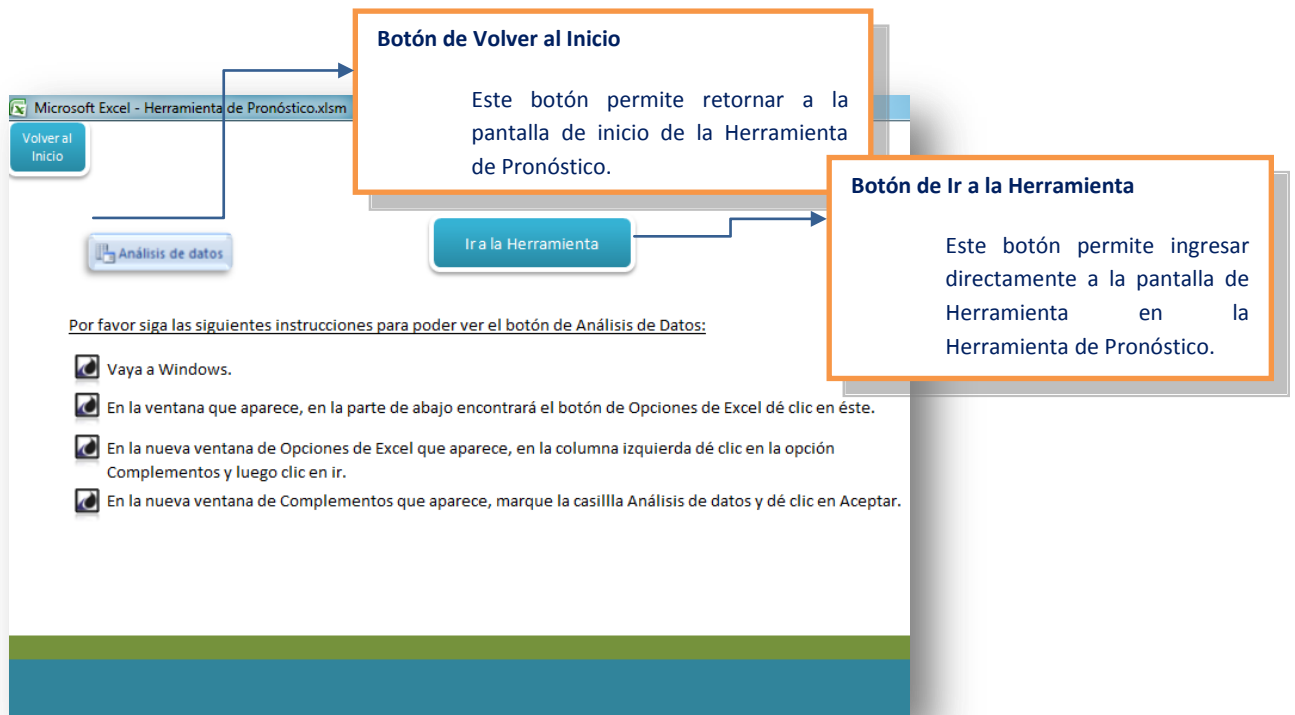


**Ilustración 9: Vista general del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos**

#### 11.2.4 Descripción gráfica del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos

Al encontrarse el usuario en la pantalla del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos cuenta con cuatro instrucciones que son:

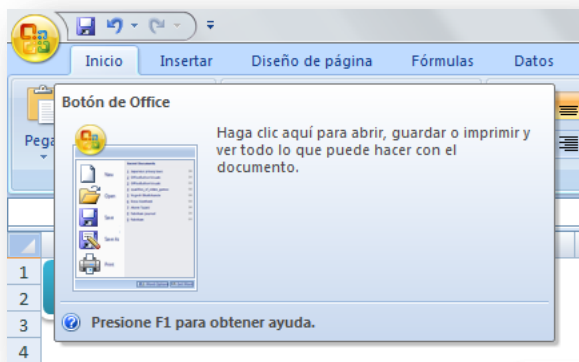
- Vaya a Windows
- En la ventana que aparece, en la parte de abajo encontrará el botón de Opciones de Excel dé clic en éste.
- En la nueva ventana de Opciones de Excel que aparece, en la columna izquierda dé clic en la opción Complementos y luego clic en ir.
- En la nueva ventana de Complementos que aparece, marque la casilla Análisis de datos y dé clic en Aceptar.



**Ilustración 10: Descripción gráfica del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos**

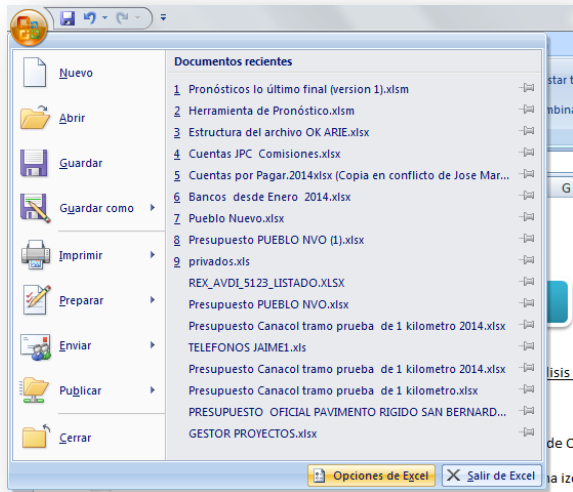
### 11.2.5 Paso a paso de las instrucciones en pantalla para la visualización de Análisis de Datos

- Vaya al botón de Office también conocido como Windows



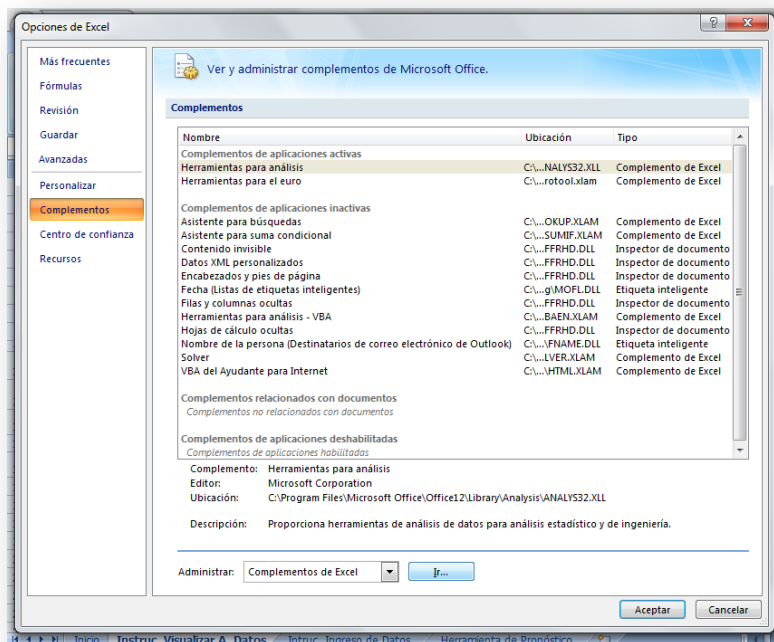
**Ilustración 11: Botón de Office**

- En la ventana que aparece, en la parte de abajo encontrará el botón de Opciones de Excel dé clic en éste.



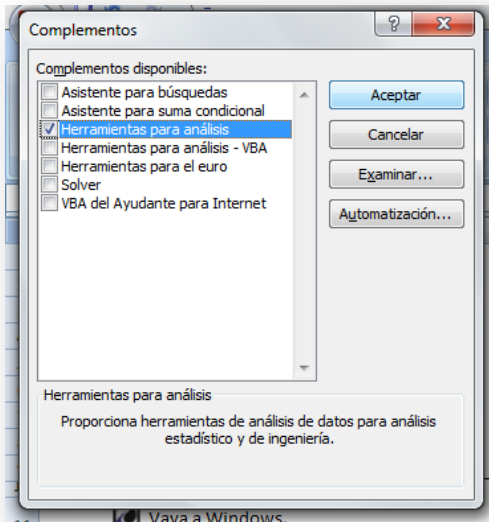
**Ilustración 12: Botón de Opciones de Excel**

- En la nueva ventana de Opciones de Excel que aparece, en la columna izquierda dé clic en la opción Complementos y luego clic en ir.



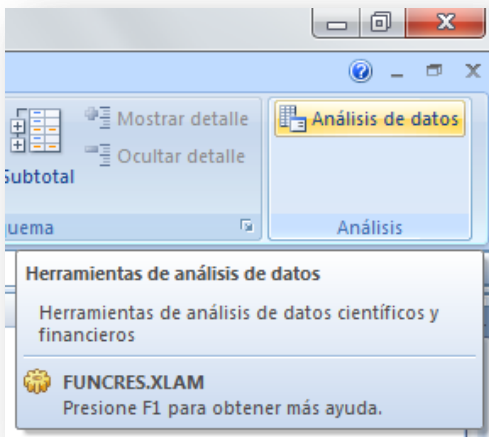
**Ilustración 13: Ventana de Complementos**

- En la nueva ventana de Complementos que aparece, marque la casilla Herramientas para Análisis y dé clic en Aceptar.



**Ilustración 14: Selección de Herramientas para Análisis**

- Una vez realizados todos los pasos en la cinta de opciones, específicamente en la pestaña Datos en la parte superior derecha de la pantalla debe aparecer el botón de herramientas de análisis de datos.

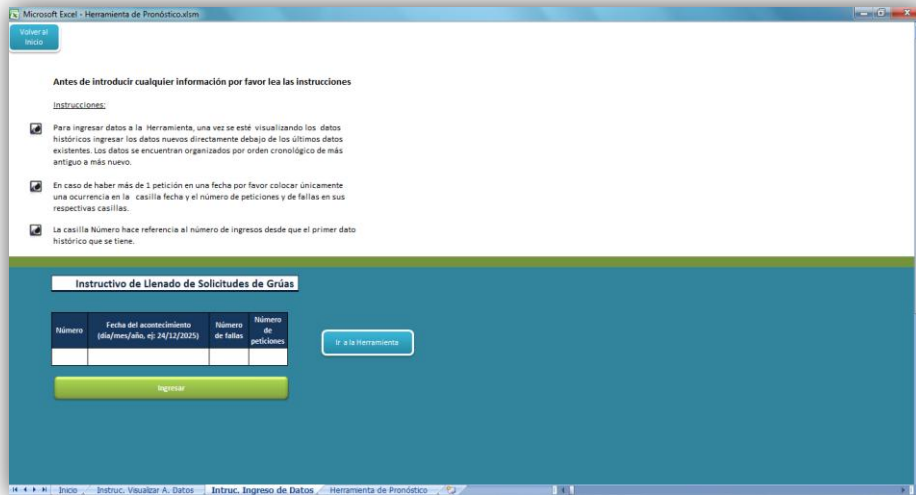


**Ilustración 15: Botón de Análisis de Datos o Herramientas de Análisis de Datos**

### 11.2.6 Instructivo para el Ingreso de Datos

Al estar en Inicio y dar clic en el botón de Instructivo para el Ingreso de Datos se despliega en la pantalla un espacio denominado con ese mismo nombre, desde el cual el usuario podrá ser instruido sobre cómo ingresar en la herramienta los datos necesarios para poder llevar a cabo el pronóstico además se le permitirá movilizarse por la herramienta mediante una serie de botones

planteados para este fin. Este espacio fue diseñado pensando en brindar al usuario una guía sobre como introducir los datos en la herramienta para así evitar posibles errores al momento de la digitación de los datos que además podría conllevar un funcionamiento inadecuado por parte de la herramienta.



**Ilustración 16: Vista general del Instructivo para el Ingreso de Datos**

### 11.2.7 Descripción gráfica del Instructivo para el Ingreso de Datos

Al encontrarse el usuario en la pantalla del Instructivo para Visualizar Análisis de Datos cuenta con cuatro instrucciones que son:

- Para ingresar datos a la Herramienta, una vez se esté visualizando los datos históricos ingresar los datos nuevos directamente debajo de los últimos datos existentes. Los datos se encuentran organizados por orden cronológico de más antiguo a más nuevo.
- En caso de haber más de 1 petición en una fecha por favor colocar únicamente una ocurrencia en la casilla fecha y el número de peticiones y de fallas en sus respectivas casillas.
- La casilla Número hace referencia al número de ingresos desde que el primer dato histórico que se tiene.
- Directamente debajo del título de este espacio se encuentra la tabla en la que se encuentran los campos con los que deberá ser llenada la herramienta. El primer campo ya fue explicado en la instrucción anterior, para el segundo como se ilustra en la tabla lo que se busca es que el usuario introduzca la fecha en el formato día/mes/año y para ello se da un ejemplo el cual es la introducción de la fecha 24 de diciembre de 2025. Para el tercer campo el usuario deberá introducir si al hacer el número de peticiones que hasta ahora se han hecho ese día hubo una o varias fallas es decir si no fue posible conseguir una grúa o



varias grúas, cuarto campo se da la instrucción antes mencionada de introducir varias peticiones si hacen referencia a una sola fecha.

Número	Fecha del acontecimiento (día/mes/año, ej: 24/12/2025)	Número de fallas	Número de peticiones

Tabla 32: Tabla de ejemplo de ingreso de datos<sup>67</sup>

**Botón de Volver al Inicio**

Este botón permite retornar a la pantalla de inicio de la Herramienta de Pronóstico.

**Botón de Ir a la Herramienta**

Este botón permite acceder a la pantalla de Herramienta, específicamente lleva al usuario a las instrucciones de esta pantalla, en la Herramienta de Pronóstico.

**Botón de Ir a la Herramienta**

Este botón permite ingresar directamente a la parte operacional de la pantalla Herramienta en la Herramienta de Pronóstico.

**Instructivo de Llenado de Solicitudes de Grúas**

**Antes de introducir cualquier información por favor lea las instrucciones**

Instrucciones:

- Para ingresar datos a la Herramienta, una vez se esté visualizando los datos históricos ingresar los datos nuevos directamente debajo de los últimos datos existentes. Los datos se encuentran organizados por orden cronológico de más antiguo a más nuevo.
- En caso de haber más de 1 petición en una fecha por favor colocar únicamente una ocurrencia en la casilla fecha y el número de peticiones y de fallas en sus respectivas casillas.
- La casilla Número hace referencia al número de ingresos desde que el primer dato histórico que se tiene.

Número	Fecha del acontecimiento (día/mes/año, ej: 24/12/2025)	Número de fallas	Número de peticiones

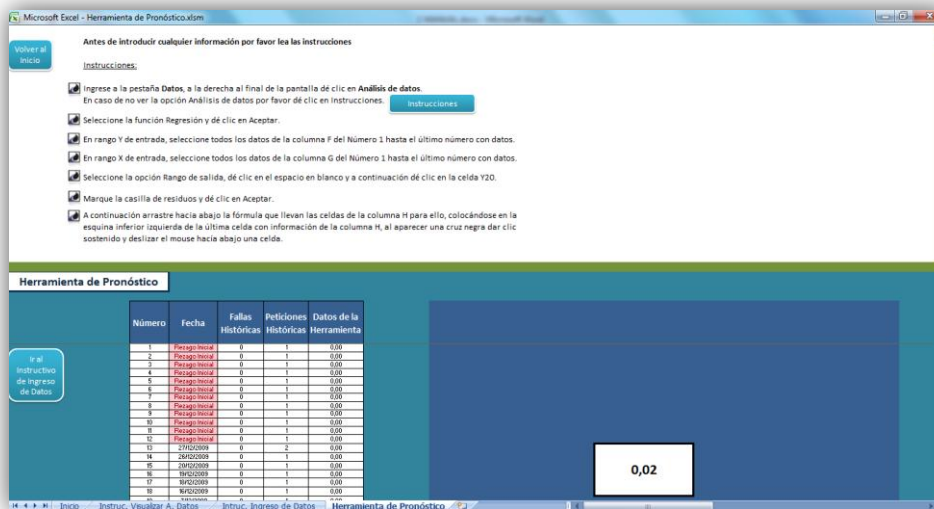
Ingresar

<sup>67</sup> Tabla que permite representar cómo se deben llenar los datos en la herramienta de pronóstico

**Ilustración 17: Descripción gráfica del Instructivo para el Ingreso de Datos**

### 11.2.8 Herramienta de Pronóstico

Al estar en Inicio y dar clic en el botón de Herramienta de Pronóstico se despliega en la pantalla un espacio denominado con ese mismo nombre, desde el cual el usuario podrá realizar la regresión estadística de los datos históricos y con ésta se llegará a pronosticar si para la petición del siguiente mes hay posibilidad o no de una falla, lo anterior con un 95 % de confiabilidad. Además se le permitirá movilizarse por la herramienta mediante una serie de botones planteados para este fin. Este es el espacio central de la Herramienta de pronóstico, fue diseñado pensando en brindar al usuario una interfaz tan amigable como fuese posible, en aras de proporcionar una mejor experiencia a la hora de realizar los pronósticos de fallas en el sistema programación y requerimiento de grúas.



**Ilustración 18: Vista general de la Herramienta de Pronóstico**

### 11.2.9 Descripción gráfica de la Herramienta de Pronóstico

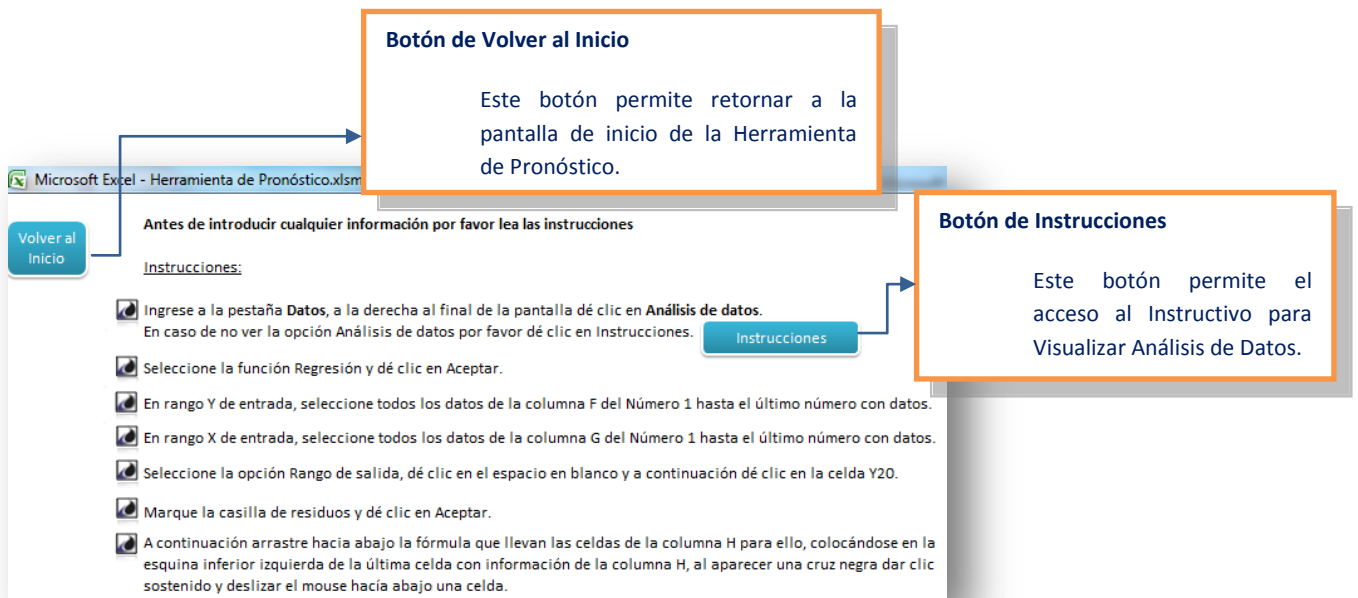
Al encontrarse el usuario en la pantalla de la Herramienta de Pronóstico verá en la parte superior de la pantalla una serie de instrucciones y en la parte inferior una tabla. Por favor diríjase a la tabla y realice el diligenciamiento de la información de acuerdo a las instrucciones dadas en el Instructivo para el Ingreso de Datos, en caso de preferir consultar el instructivo de nuevo antes de comenzar la inserción de datos dar clic en el botón Ir al Instructivo de Ingreso de Datos.

Número	Fecha	Fallas Históricas	Peticiónes Históricas	Datos de la Herramienta
1	Rezago Inicial	0	1	0,00
2	Rezago Inicial	0	1	0,00
3	Rezago Inicial	0	1	0,00
4	Rezago Inicial	0	1	0,00
5	Rezago Inicial	0	1	0,00
6	Rezago Inicial	0	1	0,00
7	Rezago Inicial	0	1	0,00
8	Rezago Inicial	0	1	0,00
9	Rezago Inicial	0	1	0,00
10	Rezago Inicial	0	1	0,00

**Ilustración 19: Descripción gráfica de la Herramienta de Pronóstico**

Al haber diligenciado la tabla con los datos de peticiones en la pantalla de la Herramienta de Pronóstico, debe dirigirse a las instrucciones en la parte superior, se cuenta con siete instrucciones que son:

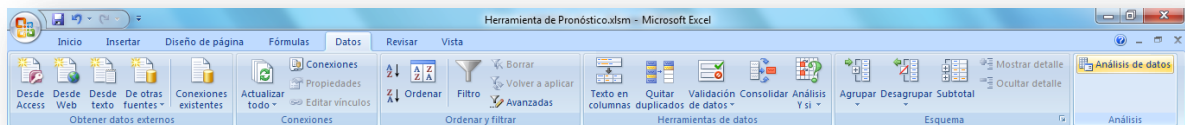
- Ingrese a la pestaña Datos, a la derecha al final de la pantalla dé clic en Análisis de datos. En caso de no ver la opción Análisis de datos por favor dé clic en Instrucciones.
- Seleccione la función Regresión y dé clic en Aceptar.
- En rango Y de entrada, seleccione todos los datos de la columna F del Número 1 hasta el último número con datos.
- En rango X de entrada, seleccione todos los datos de la columna G del Número 1 hasta el último número con datos.
- Seleccione la opción Rango de salida, dé clic en el espacio en blanco y a continuación dé clic en la celda Y20.
- Marque la casilla de residuos y dé clic en Aceptar.
- A continuación arrastre hacia abajo la fórmula que llevan las celdas de la columna H para ello, colocándose en la esquina inferior izquierda de la última celda con información de la columna H, al aparecer una cruz negra dar clic sostenido y deslizar el mouse hacia abajo una celda.



**Ilustración 20: Descripción gráfica de la parte Instructiva de la Herramienta de Pronóstico**

### 11.2.10 Paso a paso de las instrucciones en pantalla

- Ingrese a la pestaña **Datos**, a la derecha al final de la pantalla dé clic en **Análisis de datos**.

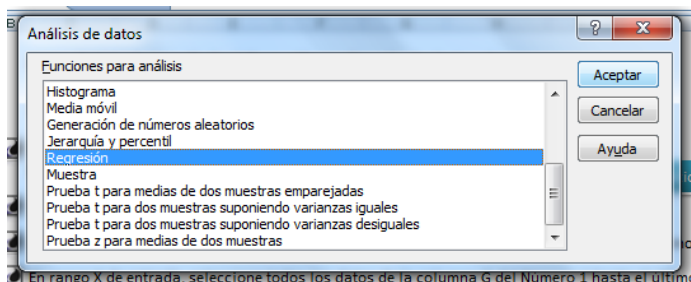


**Ilustración 21: Pestaña de Datos**

En caso de no ver la opción **Análisis de datos** por favor dé clic en **Instrucciones**.

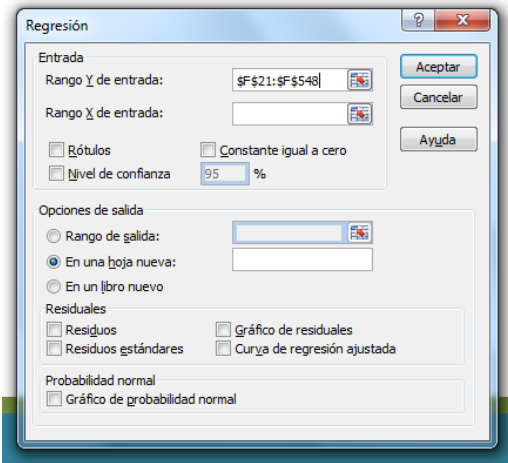


- Seleccione la función **Regresión** y dé clic en **Aceptar**.



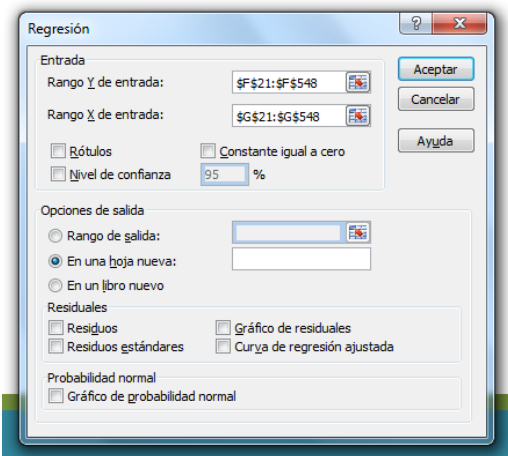
### Ilustración 22: Ventana Análisis de Datos

- En rango Y de entrada, seleccione todos los datos de la columna F del Número 1 hasta el último número con datos.



### Ilustración 23: Rango Y de entrada

- En rango X de entrada, seleccione todos los datos de la columna G del Número 1 hasta el último número con datos.



### Ilustración 24: Rango X de entrada

- Seleccione la opción Rango de salida, dé clic en el espacio en blanco y a continuación dé clic en la celda Y20.

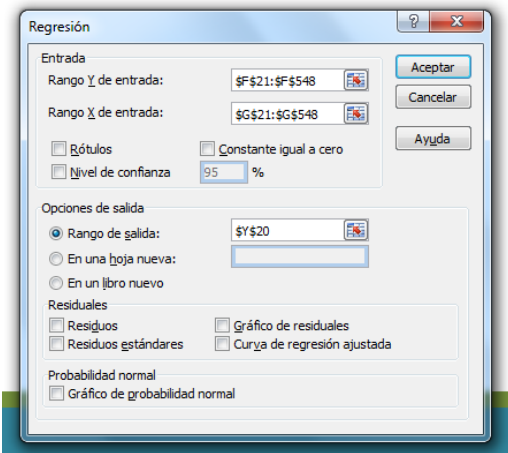


Ilustración 25: Rango de salida

- Marque la casilla de residuos y dé clic en Aceptar.

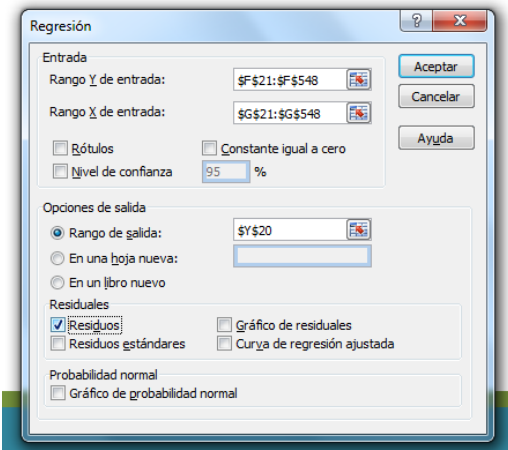


Ilustración 26: Marque opción de residuos

- A continuación arrastre hacia abajo la fórmula que llevan las celdas de la columna H para ello, colocándose en la esquina inferior izquierda de la última celda con información de la columna H, al aparecer una cruz negra dar clic sostenido y deslizar el mouse hacía abajo una celda.

Herramienta de Pronóstico					Herramienta de Pronóstico				
Número	Fecha	Fallas Históricas	Peticiones Históricas	Datos de la Herramienta	Número	Fecha	Fallas Históricas	Peticiones Históricas	Datos de la Herramienta
521	19/11/2013	0	1	0,00	521	19/11/2013	0	1	0,00
522	14/12/2013	0	1	0,00	522	14/12/2013	0	1	0,00
523	12/11/2013	0	1	0,00	523	12/11/2013	0	1	0,00
524	11/11/2013	0	1	0,00	524	11/11/2013	0	1	0,00
525	6/11/2013	0	1	0,00	525	6/11/2013	0	1	0,00
526	4/11/2013	0	1	0,00	526	4/11/2013	0	1	0,00
527	3/11/2013	0	1	0,00	527	3/11/2013	0	1	0,00
528	01/10/2014	0	1	0,00	528	01/10/2014	0	1	0,00

Ilustración 27: Arrastre hacia abajo de los datos de la herramienta

### 11.3 Resultados de la Herramienta de Pronóstico

#### 11.3.1 Análisis de los Resultados

Al cumplir satisfactoriamente todos los pasos anteriores se obtendrá el pronóstico resultante:

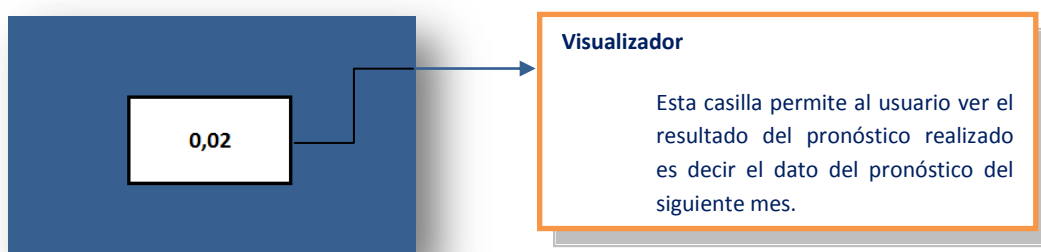


Ilustración 28: Descripción gráfica del visualizador

Al analizar el dato pronosticado se tienen tres opciones:

- Que sea igual a 0.

En cuyo caso se espera que no haya fallas en el próximo mes y además posiblemente se esté dando una reducción en el número de fallas con respecto al histórico que haga al pronóstico logre acercarse lo suficiente a 0 para que Excel lo aproxime a 0.

- Que esté entre 0 y 0,025.

En cuyo caso se espera que no haya fallas en el próximo mes, pero se recomienda estar alerta ante cualquier aumento repentino en el número de peticiones ya que esto puede contribuir a que el pronóstico se aproxime a cifras superiores a 0,025 es decir que haya mayor riesgo de una posible falla.

- Que sea mayor a 0,025.

En cuyo caso se debe alertar inmediatamente al encargado de programación y requerimiento de grúas ya que se espera que posiblemente haya una o varias fallas en el próximo mes. Se recomienda tomar las medidas necesarias ante la posible eventualidad por ejemplo ponerse en contacto con el proveedor de grúas de confianza o con el cual se haya realizado la última petición de grúas y proponer un convenio para el mes siguiente que permita mitigar el riesgo de una falla en la contratación de grúas y que por ende esto conlleve un impacto monetario para CANACOL ENERGY COLOMBIA; llamando además a proveedores directamente relacionados con el traslado de la grúa por ejemplo alimentación de operarios, estadía de operarios, entre otros, a informarles que en caso de no se llegue a un acuerdo entre CANACOL ENERGY COLOMBIA y los proveedores

de grúas, que satisfaga a ambas partes es posible que no sean necesarios sus servicios para esa fecha.



## 12. CONCLUSIONES

Se diagnosticó y caracterizó la situación actual del proceso de programación y requerimiento de grúas en el pozo petrolero Rancho Hermoso de la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. mediante el uso de la herramienta Matriz DOFA. Herramienta que en conjunto con los esquemas logísticos incluidos en el documento le serán útiles a la empresa como documentos de referencia sobre la situación de la empresa a nivel logístico para la toma de decisiones en este ámbito.

Se elaboraron las posibles propuestas de solución a las problemáticas identificadas en el proceso mediante una Lista Inicial de Oportunidades de Mejora. Listado que le servirá a CANACOL ENERGY COLOMBIA al brindarle soluciones de referencia en caso de cambios impredecibles en la situación de la empresa.

Se realizó el análisis de las propuestas y se seleccionó una alternativa viable para la solución de las falencias identificadas en el proceso de programación y requerimiento de grúas, mediante una Matriz de Impacto. Herramienta que permitirá a la empresa entender de forma cuál es la solución de referencia más atractiva.

Se evaluó financieramente la posible implementación de la alternativa seleccionada y el impacto que ésta causaría, mediante el cálculo de la relación beneficio/costo, la tasa interna de retorno y el valor presente neto. Dicha evaluación permitirá a la CANACOL ENERGY COLOMBIA un mejor entendimiento del proyecto ante una posible implementación de la Herramienta de Pronóstico, en lo que respecta a los recursos y necesidades de la empresa para una implementación apropiada. Reduciendo así el riesgo de una posible implementación sin los recursos adecuados.

Se elaboró una propuesta para la implementación de un sistema de control logístico para la estimación de puntos de falla en el sistema actual de programación y requerimiento de grúas en la empresa CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A. La posible implementación de la Herramienta de Pronóstico proporcionará una disminución del costo anual de alquileres de grúas de los próximos 5 años en un 27 %. La implementación permitiría además un incremento de la producción de barriles en un 11%.

### **13. RECOMENDACIONES**

La posible implementación de la Herramienta de Pronóstico para CANACOL ENERGY COLOMBIA en más de un pozo, puede darse partiendo del establecimiento de ésta como instrumento de trabajo, inicialmente para el pozo Rancho Hermoso y posteriormente, según el avance del sistema logístico y resultados obtenidos incluirla dentro de las herramientas utilizadas en los diferentes pozos con los que cuenta actualmente la petrolera a los se les pueda asimilar el comportamiento del sistema de programación y requerimiento de grúas.

Para la correcta aplicación de la herramienta es esencial que el personal esté interesado en su capacitación y manejo. Para una correcta instrucción en la herramienta se sugiere además que el personal se encuentre capacitado en el uso específico del programa administrativo Microsoft Excel. Una vez capacitado adecuadamente el personal de un pozo éste estará en capacidad de capacitar al personal de otros, lo anterior con el fin de divulgar los contenidos dentro de un marco de conocimiento definido que permita aprovechar al máximo las ventajas del presente trabajo.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

BALLOU, R. H. (2004 ). *Logística. Capítulo 1: Logística de los negocios y la cadena de suministros*, Pág. 7. Pearson Educación.

BOX, G. E., & JENKINS, F. (1976). *Análisis de Series de Tiempo: Pronóstico y Control*. Oakland, CA: Holden-Day.

CHASE, R. (2000). *Administración de producción y operaciones*. Bogotá: Mc Graw Hill.

CHOPRA, S., & MEINDL, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planificación y operación. Logística. Capítulo 1: Entender qué es la cadena de suministro. Página 3. Edición 3*. Pearson Educación.

COTIZACIÓN. (03 Enero 2014). *Cotización con Walter Torres Gonzalez*.

COTIZACIÓN. *Cotización Leasing Bancolombia vía telefónica*.

COTIZACIÓN. *Cotización Leasing Davivienda vía telefónica*.

CSCMP, C. O. (2008). *Definición de Gestión Logística*.

ENTREVISTA. (20 Agosto 2013). *Entrevista a Carlos J. Guillén Ruiz, Human Management Coordinator*.

ENTREVISTA. (2 de Enero de 2014). *Entrevista a Gerente de producción, Ing. Noel Valencia Lopez*.

ENTREVISTA. (16 de Enero 2014). *Entrevista a Ingeniero de Producción Senior, Ing. Hernan Mayorga*.

ENTREVISTA. (22 Agosto 2013). *Entrevista a Johanna Guaqueta, Analista Senior de Contabilidad*.

ENTREVISTA. (01 Agosto 2013). *Entrevista a Libardo Granados, Logistics and Materials Coordinator*.

ENTREVISTA. (20 de Febrero 2014). *Entrevista a Superintendente de campo, Ing. Carlos Rivera*.

ENTREVISTA. (9 de Enero 2014). *Entrevista a Superintendente de Campo, Ing. Miguel Pereira*.

ENTREVISTA. (13 Febrero 2014). *Entrevista a Supervisor de Producción, Luis Carlos Monico*.

EVERETT, E. A. (1991). *Administración de la producción y las operaciones, Cuarta Edición*. . México: Prentice Hall Hispanoamericana.

IIE, I. O. (1948). *Definición Oficial*.

- LOGÍSTICA, Á. D. (2013). *Informe de fallas histórico (2009-2012)*.
- LOGÍSTICA, Á. D. (2013). *Informe de peticiones históricas consolidadas*.
- LOGÍSTICA, Á. D. (2013). *Informe de producción histórica de 2009-2012*.
- LOGÍSTICA, R. D. (Agosto - Octubre 2010). Apuesta por la logística. *Revista de Logística. Edición 10* .
- LOGÍSTICA, R. D. (Mayo - Julio 2011). Estudio del perfil económico y comercial de Colombia. *Revista de Logística. Edición 13* .
- NAHMINAS, S. (1999). *Análisis de la producción y las operaciones*. México: CECSA.
- PLATTS. (2012). Ranking Top 250. *Platts* .
- RAE, R. A. (2001). *Diccionario de la Lengua Española (Vigésima segunda edición edición)*. Madrid (España): Espasa Calpe.
- RUSSELL, R. S., & TAYLOR, B. W. (2003). *Operations Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- SCHROEDER, R. (1990). *Administración de operaciones*. México: Mc. Graw-Hill.
- SERNA, H. *Planeación Estratégica, Matriz DOFA*.
- SIPPER, D. (1998). *Planeación y control de la producción*. México: Mc Graw Hill.
- ZANDIN, K. B., & BRIGHT MAYNARD, H. (2005). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial. Capítulo 10: Logística y distribución. Página 103*. McGraw Hill Interamericana.

## 15. ANEXOS

### 15.1 Costos de grúas según tipología

Tipo	Especificaciones según tipo de grúa	Movilización y desmovilización en día labor
1	Grúa para 60 toneladas	\$ 10.000.000
2	Grúa para 80 toneladas	\$ 12.000.000
3	Grúa para 100 toneladas	\$ 14.000.000
4	Grúa para 120 toneladas	\$ 16.000.000
5	Grua para 150 toneladas	\$ 18.000.000
6	Grúa para 200 toneladas	\$ 33.000.000

Tabla 33: Costos de grúas según tipología<sup>68</sup>

### 15.2 Costos nomina logística 2013

Cargo	Salario mensual 2013
1- Gerente de producción	\$ 18.000.000
2- Superintendente de campo	\$ 15.000.000
3- Ingeniero de producción	\$ 15.000.000
4- Coordinador de compras	\$ 4.800.000
5- Electromecanico	\$ 4.800.000
6- Operador de producción	\$ 3.800.000
7- Obreros de patio	\$ 1.300.000
8- Personal técnico del proveedor a reiniciar pozo	\$ 18.000.000

Tabla 34: Costos nómina logística 2013<sup>69</sup>

### 15.3 Análisis POAM

<sup>68</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Supervisor de Producción, Luis Carlos Monico, 13 Febrero 2014)

<sup>69</sup> (ENTREVISTA, Entrevista a Carlos J. Guillén Ruiz, Human Management Coordinator, 20 Agosto 2013)

POAM CANACOL ENERGY S.A.									
FACTORES	OPORTUNIDAD			AMENAZA			IMPACTO		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
<b>ECONÓMICOS</b>									
Volatilidad del dólar				x				x	
Poder de mercado de las 5 empresas de alquiler de grúas				x				x	
<b>POLÍTICOS</b>									
Según Fallo de la Corte Constitucional a partir de Noviembre del presente año el precio del galón de gasolina, que actualmente se paga en el país a una tasa de 8.510,39 COP en Octubre debe reflejar los precios internacionales de referencia.					x				x
Ministerio de Minas y Energía y Partido Liberal buscan la reducción de 1.000 COP en el precio de la gasolina					x				x
<b>SOCIALES</b>									
Incremento en fuga de cerebros en los últimos 2 años particularmente hacia la empresa Shell, entre otras firmas extranjeras					x				x
<b>TECNOLÓGICOS</b>									
Costo de alquiler de un taladro puede representar hasta un 45% del presupuesto en una inversión para la perforación de un pozo					x				x
Las Grúas Telescópicas de las especificaciones requeridas para compra son producidas en su totalidad en el extranjero, lo cual implica un costo de financiación, de importación, de transporte y de seguros					x				x
<b>COMPETITIVOS</b>									
Cercanía con otros pozos de otras empresas, a tan solo 80 km, posibilitando el alquiler de maquinaria	x							x	
<b>GEOGRÁFICOS</b>									
Cerca del pozo Rancho Hermoso en Yopal, Casanare hay 2 puntos de recibo de petróleo por parte de Ecopetrol, su principal comprador, un incremento en producción sí conllevaría un aumento en ventas	x							x	

Tabla 35: Perfil POAM<sup>70</sup>

### 15.3 Análisis PCI

PCI CANACOL ENERGY S.A.									
FACTORES	FORTALEZA			DEBILIDAD			IMPACTO		
	A	M	B	A	M	B	A	M	B
<b>CAPACIDAD DIRECTIVA</b>									
Política interna de no compra de grúas, a fin de ahorrar costos en dinero por mantenimientos preventivos y correctivos, a su vez costos en tiempo y monetarios por la venta de las máquinas de hasta un 30% del precio de la máquina	x						x		
<b>CAPACIDAD COMPETITIVA</b>									
Eficiencia como producción mensual de barriles/personal en CEC 72 vs PREC 13		x						x	
Costos por fallas al programar y requerir grúas de 1.490 M COP <sup>71</sup>				x			x		
<b>CAPACIDAD FINANCIERA</b>									
Menor capacidad de financiación de maquinaria y equipo que competidores como Pacific Rubiales o Ecopetrol					x			x	
Nivel de activos considerado como bajo, esto significando unos gastos tributarios competitivos, con respecto al sector petrolero en Colombia									
<b>CAPACIDAD TECNOLÓGICA</b>									
Los gastos en mantenimiento de generadores de energía han incrementado un 5% en el último año					x			x	
Dependencia de terceros en el 100% de las actividades que requieren grúas, las grúas permiten el cambio de de la punta del taladro para continuar la perforación, sin afectar la producción.									
<b>CAPACIDAD DE TALENTO HUMANO</b>									
Menor gasto en personal que el líder del sector Pacific Rubiales, en un 559%.									

Tabla 36: Perfil PCI<sup>72</sup>

<sup>70</sup> (SERNA)

<sup>71</sup> Anexo Indicador de costo por detención de la operación

<sup>72</sup> (SERNA)

### 15.5 Tabla de peticiones históricas consolidadas

La siguiente tabla fue la base para la construcción de la Herramienta de Pronóstico. Se relaciona con la tabla 15.1 ya que el tipo de grúa de la tercera columna corresponde a la tipología mencionada en esa tabla en la cual se mencionan las especificaciones según el tipo de grúa.

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
1	4/1/2009	1	0	1
2	6/1/2009	4	0	1
3	7/1/2009	1	0	1
4	14/1/2009	2	0	1
5	18/1/2009	5	0	1
6	20/1/2009	4	0	1
7	27/1/2009	6	0	1
8	6/2/2009	6	0	1
9	12/2/2009	6	0	1
10	14/2/2009	2	0	1
11	23/2/2009	1	0	2
12	26/2/2009	5	0	1
13	28/2/2009	6	0	3
14	10/3/2009	1	0	1
15	15/3/2009	1	0	1
16	20/3/2009	3	0	1
17	23/3/2009	5	0	1
18	27/3/2009	1	0	1
19	29/3/2009	3	0	1
20	4/4/2009	4	0	1
21	6/4/2009	6	0	2
22	12/4/2009	5	0	1
23	15/4/2009	4	0	1
24	16/4/2009	3	0	1
25	28/4/2009	3	0	1
26	4/5/2009	1	0	1
27	7/5/2009	3	0	1
28	15/5/2009	4	0	1
29	16/5/2009	1	0	1
30	19/5/2009	1	0	1



Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
31	20/5/2009	1	0	1
32	21/5/2009	4	0	1
33	23/5/2009	3	0	1
34	28/5/2009	3	0	1
35	29/5/2009	2	0	1
36	1/6/2009	5	0	2
37	4/6/2009	1	0	2
38	7/6/2009	5	0	1
39	16/6/2009	5	0	1
40	21/6/2009	3	0	1
41	22/6/2009	1	0	1
42	23/6/2009	1	0	1
43	25/6/2009	6	0	1
44	30/6/2009	1	0	1
45	2/7/2009	6	0	1
46	11/7/2009	1	0	1
47	15/7/2009	2	0	1
48	11/8/2009	4	0	1
49	13/8/2009	4	0	1
50	25/8/2009	2	0	1
51	29/8/2009	2	0	1
52	2/9/2009	5	0	1
53	7/9/2009	2	0	1
54	9/9/2009	3	0	1
55	11/9/2009	5	0	1
56	14/9/2009	5	0	1
57	18/9/2009	6	0	1
58	19/9/2009	6	0	1
59	23/9/2009	1	0	1
60	24/9/2009	5	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
61	25/9/2009	6	1	2
62	26/9/2009	5	0	1
63	5/10/2009	1	0	1
64	11/10/2009	6	0	1
65	12/10/2009	5	0	1
66	14/10/2009	6	0	1
67	19/10/2009	1	0	1
68	24/10/2009	1	0	2
69	27/10/2009	3	0	1
70	7/11/2009	4	0	1
71	8/11/2009	1	0	2
72	16/11/2009	4	0	1
73	18/11/2009	4	0	1
74	19/11/2009	1	0	1
75	27/11/2009	1	0	2
76	28/11/2009	3	0	1
77	1/12/2009	1	0	1
78	7/12/2009	2	0	2
79	16/12/2009	6	0	1
80	18/12/2009	3	0	1
81	19/12/2009	4	0	1
82	20/12/2009	2	0	1
83	26/12/2009	3	0	1
84	27/12/2009	5	0	2
85	3/1/2010	2	0	1
86	5/1/2010	2	0	2
87	12/1/2010	6	0	1
88	15/1/2010	1	0	1
89	20/1/2010	3	0	1
90	26/1/2010	1	0	2

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
91	5/2/2010	4	0	1
92	13/2/2010	5	0	1
93	22/2/2010	4	0	1
94	25/2/2010	3	0	2
95	27/2/2010	5	0	1
96	28/2/2010	6	0	1
97	6/3/2010	4	0	1
98	10/3/2010	2	0	2
99	17/3/2010	4	0	1
100	20/3/2010	1	0	1
101	21/3/2010	6	0	1
102	25/3/2010	4	1	1
103	27/3/2010	6	0	2
104	5/4/2010	3	0	3
105	7/4/2010	6	0	1
106	13/4/2010	5	0	1
107	16/4/2010	1	0	1
108	26/4/2010	5	0	1
109	28/4/2010	3	0	1
110	1/5/2010	4	0	1
111	5/5/2010	5	0	1
112	15/5/2010	1	0	1
113	16/5/2010	1	0	1
114	17/5/2010	6	0	1
115	19/5/2010	6	0	1
116	23/5/2010	6	0	1
117	25/5/2010	2	0	2
118	26/5/2010	2	0	1
119	2/6/2010	4	0	1
120	3/6/2010	4	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
121	4/6/2010	2	0	1
122	5/6/2010	6	0	1
123	7/6/2010	2	0	1
124	17/6/2010	4	0	1
125	18/6/2010	4	0	1
126	23/6/2010	2	0	2
127	24/6/2010	3	0	1
128	26/6/2010	5	0	1
129	2/7/2010	3	0	1
130	11/7/2010	3	0	1
131	12/7/2010	5	0	1
132	14/7/2010	4	0	1
133	10/8/2010	1	0	1
134	13/8/2010	1	0	2
135	18/8/2010	5	0	1
136	22/8/2010	6	0	1
137	23/8/2010	3	0	1
138	26/8/2010	4	0	1
139	28/8/2010	4	0	2
140	3/9/2010	2	0	1
141	7/9/2010	4	0	1
142	9/9/2010	2	0	2
143	12/9/2010	2	0	1
144	14/9/2010	1	0	1
145	19/9/2010	2	0	2
146	23/9/2010	2	0	1
147	25/9/2010	3	0	1
148	26/9/2010	6	0	1
149	27/9/2010	4	0	1
150	2/10/2010	1	0	2

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
151	9/10/2010	1	0	1
152	10/10/2010	6	0	1
153	14/10/2010	5	0	1
154	22/10/2010	6	0	1
155	24/10/2010	5	0	1
156	6/11/2010	6	0	1
157	7/11/2010	5	0	4
158	11/11/2010	4	1	1
159	13/11/2010	3	0	1
160	18/11/2010	4	0	1
161	24/11/2010	6	0	1
162	26/11/2010	3	0	2
163	29/11/2010	3	0	1
164	2/12/2010	1	0	1
165	3/12/2010	1	0	1
166	5/12/2010	3	0	1
167	10/12/2010	3	0	1
168	15/12/2010	6	0	1
169	16/12/2010	4	0	1
170	22/12/2010	3	0	1
171	23/12/2010	3	0	1
172	24/12/2010	1	0	1
173	27/12/2010	6	0	1
174	1/1/2011	3	0	1
175	4/1/2011	4	0	2
176	7/1/2011	5	0	1
177	11/1/2011	3	0	2
178	13/1/2011	3	0	1
179	21/1/2011	2	0	2
180	27/1/2011	2	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
181	29/1/2011	3	0	1
182	6/2/2011	5	0	1
183	12/2/2011	1	0	1
184	23/2/2011	2	0	1
185	25/2/2011	1	0	1
186	26/2/2011	3	0	2
187	27/2/2011	3	0	2
188	5/3/2011	2	0	1
189	7/3/2011	3	0	1
190	8/3/2011	4	0	1
191	9/3/2011	5	0	1
192	10/3/2011	5	0	1
193	11/3/2011	2	0	1
194	14/3/2011	2	0	1
195	19/3/2011	4	0	1
196	22/3/2011	6	0	2
197	25/3/2011	1	0	1
198	27/3/2011	4	0	1
199	30/3/2011	2	0	1
200	4/4/2011	5	0	1
201	6/4/2011	3	0	2
202	7/4/2011	1	0	1
203	9/4/2011	1	0	2
204	11/4/2011	4	0	1
205	12/4/2011	5	0	1
206	14/4/2011	3	0	1
207	24/4/2011	5	0	1
208	26/4/2011	3	0	1
209	30/4/2011	2	0	1
210	1/5/2011	6	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
211	7/5/2011	1	0	1
212	14/5/2011	2	0	1
213	16/5/2011	6	0	1
214	19/5/2011	2	0	1
215	21/5/2011	4	0	1
216	23/5/2011	2	0	1
217	24/5/2011	3	0	1
218	26/5/2011	6	0	1
219	28/5/2011	5	0	1
220	3/6/2011	3	0	2
221	6/6/2011	1	0	1
222	7/6/2011	2	0	2
223	13/6/2011	2	0	1
224	17/6/2011	6	0	1
225	18/6/2011	3	0	1
226	23/6/2011	5	0	4
227	25/6/2011	3	0	1
228	30/6/2011	5	0	1
229	9/7/2011	3	0	1
230	13/7/2011	4	0	1
231	14/7/2011	1	0	1
232	15/7/2011	1	0	1
233	10/8/2011	1	0	1
234	17/8/2011	5	0	1
235	23/8/2011	1	0	1
236	25/8/2011	4	0	1
237	26/8/2011	5	0	2
238	30/8/2011	1	0	1
239	3/9/2011	2	0	1
240	6/9/2011	6	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
241	8/9/2011	1	0	1
242	12/9/2011	5	0	1
243	13/9/2011	5	0	1
244	14/9/2011	5	0	1
245	17/9/2011	4	0	1
246	22/9/2011	1	0	1
247	23/9/2011	4	0	1
248	25/9/2011	6	0	2
249	28/9/2011	3	0	1
250	1/10/2011	3	0	1
251	5/10/2011	6	0	1
252	10/10/2011	2	0	1
253	11/10/2011	4	0	1
254	14/10/2011	5	0	1
255	17/10/2011	6	0	1
256	22/10/2011	6	0	1
257	23/10/2011	3	0	1
258	24/10/2011	5	0	1
259	6/11/2011	4	0	1
260	8/11/2011	6	0	2
261	10/11/2011	4	0	2
262	11/11/2011	3	0	1
263	14/11/2011	4	0	1
264	16/11/2011	2	0	1
265	17/11/2011	2	0	1
266	25/11/2011	1	0	1
267	27/11/2011	2	0	3
268	29/11/2011	4	0	1
269	1/12/2011	1	0	1
270	5/12/2011	1	0	1



Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
271	9/12/2011	2	0	1
272	17/12/2011	5	0	1
273	20/12/2011	4	0	2
274	26/12/2011	3	0	1
275	27/12/2011	1	0	1
276	28/12/2011	1	0	1
277	29/12/2011	5	0	1
278	3/1/2012	5	0	1
279	4/1/2012	6	0	1
280	5/1/2012	2	0	2
281	11/1/2012	1	0	1
282	12/1/2012	6	0	1
283	14/1/2012	5	0	1
284	20/1/2012	5	0	1
285	21/1/2012	2	0	1
286	25/1/2012	2	0	1
287	26/1/2012	1	0	1
288	6/2/2012	2	0	1
289	12/2/2012	3	0	2
290	21/2/2012	5	0	1
291	24/2/2012	4	0	1
292	25/2/2012	1	0	1
293	26/2/2012	1	0	1
294	27/2/2012	6	0	1
295	28/2/2012	3	0	1
296	29/2/2012	5	0	1
297	4/3/2012	5	0	1
298	7/3/2012	1	0	1
299	9/3/2012	4	0	2
300	10/3/2012	1	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
301	11/3/2012	6	0	1
302	17/3/2012	5	0	1
303	18/3/2012	2	0	1
304	21/3/2012	3	0	1
305	25/3/2012	3	0	1
306	27/3/2012	5	0	1
307	28/3/2012	4	0	2
308	30/3/2012	1	0	1
309	4/4/2012	4	0	1
310	6/4/2012	3	0	1
311	7/4/2012	6	0	1
312	9/4/2012	6	0	1
313	11/4/2012	4	0	1
314	12/4/2012	4	0	1
315	16/4/2012	1	0	1
316	17/4/2012	2	0	1
317	26/4/2012	4	0	1
318	28/4/2012	1	0	1
319	29/4/2012	2	0	1
320	4/5/2012	4	0	2
321	5/5/2012	4	0	1
322	15/5/2012	1	0	1
323	17/5/2012	1	0	2
324	18/5/2012	3	0	1
325	19/5/2012	3	0	1
326	21/5/2012	4	0	2
327	25/5/2012	6	0	1
328	26/5/2012	1	0	1
329	27/5/2012	6	0	1
330	29/5/2012	6	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
331	1/6/2012	4	0	1
332	2/6/2012	4	0	1
333	3/6/2012	1	0	1
334	5/6/2012	4	0	2
335	8/6/2012	4	0	1
336	10/6/2012	3	0	1
337	18/6/2012	1	0	1
338	19/6/2012	3	0	1
339	21/6/2012	5	0	2
340	23/6/2012	3	0	2
341	25/6/2012	5	0	1
342	30/6/2012	4	0	1
343	1/7/2012	6	0	1
344	11/7/2012	1	0	1
345	12/7/2012	1	0	1
346	13/7/2012	4	0	1
347	14/7/2012	2	0	1
348	28/7/2012	3	0	1
349	12/8/2012	4	0	1
350	13/8/2012	6	0	1
351	19/8/2012	6	0	1
352	24/8/2012	6	0	1
353	25/8/2012	6	0	1
354	26/8/2012	5	0	1
355	28/8/2012	5	0	2
356	3/9/2012	1	0	1
357	5/9/2012	6	0	1
358	10/9/2012	1	0	1
359	11/9/2012	3	0	1
360	12/9/2012	4	0	2

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
361	20/9/2012	1	0	1
362	25/9/2012	5	0	3
363	27/9/2012	1	0	2
364	2/10/2012	2	0	1
365	3/10/2012	1	0	1
366	9/10/2012	1	0	1
367	10/10/2012	3	0	1
368	13/10/2012	1	0	1
369	16/10/2012	5	0	1
370	22/10/2012	1	0	1
371	23/10/2012	2	0	1
372	24/10/2012	2	0	2
373	6/11/2012	2	0	1
374	7/11/2012	3	0	3
375	9/11/2012	4	0	1
376	10/11/2012	4	0	1
377	13/11/2012	3	0	1
378	16/11/2012	5	0	1
379	19/11/2012	2	0	1
380	25/11/2012	6	0	1
381	26/11/2012	5	0	1
382	27/11/2012	4	0	2
383	29/11/2012	4	0	1
384	3/12/2012	6	0	1
385	5/12/2012	3	0	1
386	7/12/2012	5	0	1
387	15/12/2012	1	0	1
388	17/12/2012	5	0	1
389	19/12/2012	5	0	2
390	22/12/2012	3	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
391	26/12/2012	2	0	1
392	27/12/2012	3	0	1
393	28/12/2012	3	0	1
394	29/12/2012	4	0	1
395	3/1/2013	5	0	1
396	4/1/2013	1	1	1
397	6/1/2013	6	0	1
398	11/1/2013	6	0	1
399	12/1/2013	4	0	1
400	14/1/2013	6	0	1
401	19/1/2013	3	0	1
402	21/1/2013	6	0	1
403	25/1/2013	2	0	1
404	29/1/2013	6	0	1
405	7/2/2013	5	0	1
406	14/2/2013	5	0	1
407	15/2/2013	5	0	1
408	22/2/2013	4	0	1
409	23/2/2013	1	0	2
410	27/2/2013	6	0	1
411	28/2/2013	4	0	3
412	5/3/2013	4	0	1
413	9/3/2013	5	0	1
414	10/3/2013	1	0	4
415	14/3/2013	1	0	1
416	18/3/2013	2	0	1
417	24/3/2013	5	0	1
418	25/3/2013	4	0	1
419	27/3/2013	4	0	2
420	28/3/2013	2	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
421	29/3/2013	3	0	1
422	5/4/2013	2	0	1
423	6/4/2013	2	0	2
424	7/4/2013	5	0	1
425	9/4/2013	1	0	1
426	11/4/2013	5	0	2
427	13/4/2013	3	0	1
428	15/4/2013	1	0	1
429	16/4/2013	1	0	1
430	26/4/2013	6	0	1
431	27/4/2013	6	0	1
432	28/4/2013	3	0	1
433	1/5/2013	4	0	1
434	4/5/2013	4	0	1
435	7/5/2013	2	0	1
436	13/5/2013	2	0	1
437	16/5/2013	5	0	2
438	18/5/2013	5	0	1
439	19/5/2013	4	0	1
440	20/5/2013	4	0	1
441	23/5/2013	3	0	2
442	24/5/2013	3	0	1
443	28/5/2013	6	0	2
444	1/6/2013	6	0	2
445	2/6/2013	1	0	1
446	4/6/2013	3	0	1
447	6/6/2013	3	0	1
448	8/6/2013	3	0	1
449	10/6/2013	4	0	1
450	14/6/2013	2	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
451	18/6/2013	1	0	1
452	19/6/2013	1	0	1
453	21/6/2013	2	0	1
454	22/6/2013	2	0	1
455	23/6/2013	3	0	1
456	25/6/2013	6	0	2
457	30/6/2013	6	0	1
458	1/7/2013	1	0	1
459	11/7/2013	1	0	1
460	13/7/2013	3	0	2
461	15/7/2013	1	0	1
462	26/7/2013	1	0	1
463	10/8/2013	3	0	1
464	16/8/2013	4	0	1
465	17/8/2013	2	0	1
466	22/8/2013	5	0	1
467	23/8/2013	5	0	2
468	27/8/2013	3	0	1
469	28/8/2013	2	0	1
470	31/8/2013	2	0	1
471	5/9/2013	5	0	1
472	8/9/2013	2	0	1
473	9/9/2013	2	0	1
474	10/9/2013	3	0	1
475	12/9/2013	5	0	1
476	14/9/2013	4	0	1
477	19/9/2013	4	0	2
478	22/9/2013	2	0	1
479	24/9/2013	4	0	2
480	26/9/2013	2	0	1

Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
481	27/9/2013	4	0	1
482	2/10/2013	5	0	1
483	3/10/2013	2	0	1
484	9/10/2013	3	0	1
485	11/10/2013	3	0	1
486	16/10/2013	1	0	1
487	17/10/2013	6	0	1
488	20/10/2013	3	0	1
489	22/10/2013	3	0	1
490	25/10/2013	1	0	1
491	27/10/2013	2	0	1
492	7/11/2013	3	0	1
493	8/11/2013	2	0	2
494	9/11/2013	5	0	1
495	10/11/2013	1	0	1
496	13/11/2013	2	0	1
497	15/11/2013	3	0	1
498	18/11/2013	6	0	1
499	19/11/2013	3	0	1
500	25/11/2013	2	0	1
501	26/11/2013	1	0	1
502	28/11/2013	6	0	1
503	29/11/2013	3	0	2
504	2/12/2013	2	0	1
505	4/12/2013	6	0	1
506	6/12/2013	1	0	1
507	9/12/2013	4	0	1
508	16/12/2013	4	0	1
509	18/12/2013	6	0	2
510	19/12/2013	2	0	1



Número	Fecha	Tipo de Grúa	Fallas Históricas	Peticiones Históricas
511	22/12/2013	1	0	1
512	23/12/2013	6	0	1
513	24/12/2013	2	0	1
514	28/12/2013	1	0	2
515	29/12/2013	4	0	1

Tabla 37: Tabla de peticiones históricas consolidadas<sup>73</sup>

## 15.6 Cálculo de Costos por Detención de la Operación

Para el cálculo de estos costos relacionados con la producción es fundamental conocer la situación del pozo en el momento. Con base en los datos que se obtengan históricamente se pasará al análisis y cálculo de un indicador representativo que me permita calcular costos lo más acercado posible a la realidad, teniendo en cuenta que en la actualidad estos costos no están cuantificados por parte de la empresa y por ende no hay registro.

### 15.6.1 Historial de Fallos

Los datos obtenidos del documento Registro Histórico de Fallas a 2012 proporcionado por el área logística de CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A., se muestran a continuación:

Número	Fecha	Duración (días)
1	4/Junio/2009	1
2	13/Agosto/2010	1.5
3	9/Diciembre/2011	2.3
4	26/Octubre/2012	1.7

Tabla 38: Fallas históricas<sup>74</sup>

<sup>73</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de peticiones históricas consolidadas, 2013)

<sup>74</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de fallas histórico (2009-2012), 2013)

## 15.6.2 Historial de Producción

Los datos obtenidos del documento Producción Histórica a 2012 proporcionado por el área logística de CANACOL ENERGY COLOMBIA S.A., se muestran a continuación:

2009					
Abril	Prod. Día	Mayo	Prod. Día	Junio	Prod. Día
1	1.336	1	1.653	1	1.608
2	1.322	2	1.309	2	1.558
3	1.428	3	1.326	3	1.667
4	1.461	4	1.430	4	0
5	1.536	5	1.312	5	1.394
6	1.505	6	1.426	6	1.660
7	1.370	7	1.576	7	1.682
8	1.349	8	1.610	8	1.658
9	1.669	9	1.437	9	1.631
10	1.575	10	1.483	10	1.481
11	1.527	11	1.411	11	1.660
12	1.438	12	1.660	12	1.477
13	1.672	13	1.449	13	1.476
14	1.502	14	1.351	14	1.428
15	1.663	15	1.441	15	1.321
16	1.520	16	1.531	16	1.376
17	1.650	17	1.616	17	1.439
18	1.552	18	1.366	18	1.339
19	1.348	19	1.489	19	1.688
20	1.597	20	1.407	20	1.686
21	1.607	21	1.461	21	1.390
22	1.681	22	1.657	22	1.383
23	1.505	23	1.510	23	1.412
24	1.589	24	1.572	24	1.505
25	1.493	25	1.460	25	1.597
26	1.508	26	1.341	26	1.422
27	1.426	27	1.301	27	1.316
28	1.439	28	1.485	28	1.663
29	1.311	29	1.692	29	1.480
30	1.378	30	1.393	30	1.699

Tabla 39: Producción histórica 2009<sup>75</sup>

<sup>75</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de producción histórica de 2009-2012, 2013)

2010					
Junio	Prod. Día	Julio	Prod. Día	Agosto	Prod. Día
1	1.404	1	1.572	1	1.419
2	1.525	2	1.645	2	1.551
3	1.629	3	1.661	3	1.490
4	1.490	4	1.345	4	1.688
5	1.396	5	1.670	5	1.582
6	1.618	6	1.647	6	1.479
7	1.375	7	1.338	7	1.588
8	1.466	8	1.600	8	1.303
9	1.477	9	1.477	9	1.349
10	1.689	10	1.474	10	1.415
11	1.663	11	1.491	11	1.444
12	1.630	12	1.530	12	1.380
13	1.433	13	1.589	13	0
14	1.661	14	1.584	14	713
15	1.646	15	1.618	15	1.478
16	1.684	16	1.499	16	1.410
17	1.620	17	1.420	17	1.406
18	1.363	18	1.446	18	1.447
19	1.668	19	1.539	19	1.390
20	1.534	20	1.346	20	1.419
21	1.302	21	1.451	21	1.604
22	1.639	22	1.652	22	1.668
23	1.565	23	1.576	23	1.308
24	1.678	24	1.513	24	1.670
25	1.408	25	1.614	25	1.365
26	1.440	26	1.417	26	1.519
27	1.344	27	1.422	27	1.331
28	1.361	28	1.661	28	1.383
29	1.323	29	1.451	29	1.455
30	1.381	30	1.574	30	1.626

Tabla 40: Producción histórica 2010<sup>76</sup>

<sup>76</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de producción histórica de 2009-2012, 2013)

2011					
Octubre	Prod. Día	Noviembre	Prod. Día	Diciembre	Prod. Día
1	1.548	1	1.548	1	1.696
2	1.417	2	1.596	2	1.407
3	1.529	3	1.687	3	1.678
4	1.482	4	1.486	4	1.490
5	1.384	5	1.666	5	1.554
6	1.561	6	1.345	6	1.666
7	1.658	7	1.307	7	1.473
8	1.655	8	1.665	8	1.413
9	1.498	9	1.673	9	0
10	1.435	10	1.600	10	0
11	1.434	11	1.698	11	1.106
12	1.540	12	1.487	12	1.689
13	1.521	13	1.584	13	1.433
14	1.481	14	1.451	14	1.504
15	1.530	15	1.421	15	1.477
16	1.628	16	1.373	16	1.549
17	1.361	17	1.318	17	1.553
18	1.389	18	1.541	18	1.629
19	1.641	19	1.522	19	1.487
20	1.307	20	1.539	20	1.338
21	1.678	21	1.425	21	1.334
22	1.566	22	1.652	22	1.365
23	1.361	23	1.698	23	1.631
24	1.367	24	1.421	24	1.607
25	1.465	25	1.645	25	1.422
26	1.347	26	1.312	26	1.459
27	1.399	27	1.635	27	1.603
28	1.533	28	1.308	28	1.319
29	1.564	29	1.568	29	1.381
30	1.490	30	1.306	30	1.666

Tabla 41: Producción histórica 2011<sup>77</sup>

<sup>77</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de producción histórica de 2009-2012, 2013)

2012					
Agosto	Prod. Día	Septiembre	Prod. Día	Octubre	Prod. Día
1	1.463	1	1.564	1	1.610
2	1.496	2	1.398	2	1.681
3	1.331	3	1.660	3	1.639
4	1.531	4	1.410	4	1.508
5	1.473	5	1.512	5	1.532
6	1.303	6	1.513	6	1.575
7	1.553	7	1.368	7	1.482
8	1.352	8	1.680	8	1.435
9	1.333	9	1.525	9	1.679
10	1.505	10	1.600	10	1.318
11	1.380	11	1.534	11	1.622
12	1.452	12	1.318	12	1.476
13	1.601	13	1.620	13	1.393
14	1.521	14	1.593	14	1.501
15	1.306	15	1.693	15	1.399
16	1.593	16	1.352	16	1.552
17	1.541	17	1.693	17	1.532
18	1.681	18	1.616	18	1.547
19	1.628	19	1.507	19	1.454
20	1.506	20	1.367	20	1.377
21	1.561	21	1.612	21	1.469
22	1.374	22	1.474	22	1.642
23	1.566	23	1.442	23	1.378
24	1.636	24	1.375	24	1.616
25	1.574	25	1.508	25	1.589
26	1.524	26	1.345	26	0
27	1.577	27	1.426	27	443
28	1.645	28	1.471	28	1.556
29	1.664	29	1.410	29	1.543
30	1.388	30	1.357	30	1.593

Tabla 42: Producción histórica 2012<sup>78</sup>

### 15.6.3 Indicador de costo por detención de la operación

Luego de la recolección de información se prosigue al establecimiento del indicador de costo por detención de la operación para el cual según se evidenciará en el Marco Teórico hay varios métodos o modelos de pronóstico, para este caso en particular se escoge al promedio móvil ponderado, debido a su efectividad y practicidad, como herramienta para el cálculo de la producción de barriles en el momento del fallo para luego poder computar el costo por detención

<sup>78</sup> (LOGÍSTICA Á. D., Informe de producción histórica de 2009-2012, 2013)

de la operación, la cifra de costos por inoperación se obtiene mediante la multiplicación de la cifra de producción de barriles por el precio del barril, a continuación los cálculos realizados:

Fecha	Producción Mensual de Barriles
Abril 2009 (mes 1)	1.498
Mayo 2009 (mes 2)	1.471
Junio 2009 (mes 3)	1.208
Junio 2010 (mes 1)	1.513
Julio 2010 (mes 2)	1.527
Agosto 2010 (mes 3)	1.314
Octubre 2011 (mes 1)	1.492
Noviembre 2011: (mes 2)	1.515
Diciembre 2011: (mes 3)	1.225
Agosto 2012: (mes 1)	1.501
Septiembre 2012: (mes 2)	1.498
Octubre 2012: (mes 3)	1.424

Tabla 43: Producción mensual de barriles<sup>79</sup>

Para el anterior cálculo no fueron tenidas en cuenta las producciones de barriles posteriores al fallo. La fórmula utilizada para el promedio móvil ponderado fue:

$$\text{Valor Pronosticado} = (\text{mes3} * 0,5) + (\text{mes2} * 0,25) + (\text{mes1} * 0,25)$$

El cómputo del valor pronosticado dio como resultado lo siguiente:

Fecha	Producción Promedio Mensual de Barriles
Junio 2009	1.346
Agosto 2010	1.417
Diciembre 2011	1.364
Octubre 2012	1.462

Tabla 44: Producción promedio mensual de barriles<sup>80</sup>

Precios obtenidos del precio de cierre mensual del histórico de WTI de la página del Grupo Aval:

Fecha	Precio Promedio Mensual
Junio 2009	71,49 USD
Agosto 2010	74.02 USD
Diciembre 2011	99.65 USD
Octubre 2012	85.57 USD

Tabla 45: Precio promedio mensual<sup>81</sup>

<sup>79</sup> Extracto del (LOGÍSTICA Á. D., Informe de producción histórica de 2009-2012, 2013)

<sup>80</sup> Basado en la tabla 43 de éste mismo anexo

Tasa de cambio obtenida de la tasa de cierre mensual del histórico de dólar de la página del Grupo Aval:

Fecha	Tasa Representativa del Mercado (TRM)
Junio 2009	2.158 COP
Agosto 2010	1.823 COP
Diciembre 2011	1.942 COP
Octubre 2012	1.829 COP

Tabla 46: Tasa representativa del mercado (TRM)<sup>82</sup>

Teniendo en cuenta que el historial de fallas no fue homogéneo sino que la continuación de la producción dependió de factores externos como la disponibilidad de grúas, se procedió a ponderar el costo por el número de días de paro de la producción en cada fecha respectivamente, por lo que los cálculos definitivos son:

Fallo	Fecha	Duración (días)	Producción Promedio Mensual	Precio Promedio Mensual	Tasa Representativa del Mercado (TRM)	Costo por evento
1	4/Junio/2009	1	1.346	71,49 USD	2.158 COP	207.654.715 COP
2	13/Agosto/2010	1,5	1.417	74,02 USD	1.823 COP	286.811.696 COP
3	9/Diciembre/2011	2,3	1.364	99,65 USD	1.942 COP	607.111.885 COP
4	26/Octubre/2012	1,7	1.462	85,57 USD	1.829 COP	388.983.815 COP

Tabla 47: Cálculo del costo por evento<sup>83</sup>

Indicador de costo por detención de la operación: 1.490 M COP

<sup>81</sup> <https://www.grupoaval.com/portales/jsp/historicoindicadores.jsp?indi=184>

<sup>82</sup> <https://www.grupoaval.com/portales/jsp/historicoindicadores.jsp?indi=184>

<sup>83</sup> Basado en las tablas del presente anexo

#### 15.6.4 Comunicación escrita a proveedores

Señores Logispetrol,

Me presento soy José Luis Páez Jimeno, me refirió a ustedes Libardo Granados. Actualmente me encuentro realizando mi tesis en CANACOL ENERGY COLOMBIA, en adelante CANACOL E.C. razón por la cual luego de un análisis se llegó a la conclusión que a esta empresa de las 144 peticiones de grúas que solicita en promedio al año, hay 1 petición al año que no se está logrando cumplir debido a congestiones de los proveedores de grúas. Con base en esa petición anual estoy analizando posibles soluciones como ejercicio académico de mi tesis, para lo cual quisiera saber si estarían interesados en:

##### Tercerización

Un modelo mediante el cual CANACOL E.C. los contrata a ustedes para que manejen por completo el proceso de prestación del servicio de grúas, liberando por lo tanto a CANACOL E.C. de toda responsabilidad ligada con este proceso. Para esto CANACOL E.C. deberá pagar una tarifa con un margen mayor para ustedes teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados en temas de responsabilidad.

##### Maquila

Un modelo mediante el cual ustedes realicen la compra de una grúa que cumpla con las necesidades de CANACOL E.C., para ser utilizada de forma exclusiva por esta empresa a un plazo pactado de años. Para este caso CANACOL E.C. se compromete a realizar la solicitud de grúas exclusivamente a ustedes y eventualmente podría ayudar al proceso de compra sirviendo de respaldo ante el banco. Los mantenimientos al ser responsabilidad del propietario de la grúa correrían por cuenta de ustedes.

Dadas las alternativas planteadas quisiera que me comentaran si les interesaría alguno de los dos modelos y estarían en capacidad de responder con las obligaciones que adquirirían con CANACOL E.C., en caso de ser así cuales condiciones mínimas solicitarían. En caso de no interesarles las propuestas por favor hacerme saber la razón.

El objetivo del presente ejercicio es saber si hay en el sector una disposición a suplir las necesidades de CANACOL E.C. mediante las 2 figuras comerciales anteriormente mencionadas y de ser así los posibles costos que el implicarían a CANACOL E.C.



### 15.6.5 Comunicado de Respuesta de Logispetrol

Buenas tardes.

Es muy difícil dar una respuesta a los que están solicitando, tendríamos que obtener más información sobre la cantidad de servicios de gruas a requerir y en tonelaje solicitado.

La propuesta de tercerización es tentativa pero no se podría tener una grúa parqueada a disposición de Canacol para que solo trabaje 3 días al mes por ejemplo.

La maquila sería una buena propuesta siempre y cuando el valor facturado supere el valor de las cuotas pagadas mensualmente, pero se tendría que asegurar trabajo mensual.

Cordialmente,

Andrés Julián Castañeda.

Director Logístico y Comercial.

Cel. 320 454 46 20.

PBX: (031) 7 03 61 64.

[acastaneda@logispetrol.com](mailto:acastaneda@logispetrol.com)



### 15.6.6 Cálculo de la variación porcentual de la producción en caso de la implementación de la Herramienta de Pronóstico

A continuación se muestra en la tabla el cálculo de la variación porcentual de la producción en caso de la implementación de la Herramienta de Pronóstico:

Fallo	Fecha	Duración (días)	Producción Promedio Mensual	Pérdida de barriles	Producción de Barriles Anual	Producción sin fallas	Variación Porcentual en producción anual
1	4-jun-09	1	1.346	1.346	20.721	22.067	6,5%
2	13-ago-10	1,5	1.417	2.126	15.954	18.080	13,3%
3	9-dic-11	2,3	1.364	3.137	30.152	33.289	10,4%
4	26-oct-12	1,7	1.462	2.485	18.024	20.509	13,8%

**Tabla 48: Cálculo de la variación porcentual de la producción en caso de la implementación de la Herramienta de Pronóstico**

Por lo que se estima que en promedio la implementación de la herramienta implicaría un incremento en la producción de barriles del 11 %.