

DESARROLLO DE ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD APL´s PARA EQUIPOS  
ROTATIVOS DEL ÁREA AMBIENTAL DE LA GERENCIA REFINERÍA DE  
BARRANCABERMEJA, ECOPETROL.

ALBA YANETH PINTO VEGA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

DESARROLLO DE ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD APL´s PARA EQUIPOS  
ROTATIVOS DEL ÁREA AMBIENTAL DE LA GERENCIA REFINERÍA DE  
BARRANCABERMEJA, ECOPETROL.

ALBA YANETH PINTO VEGA  
Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniera Mecánica

Director:  
CARLOS BORRAS  
Ingeniero Mecánico

Codirector:  
CARLOS ENRIQUE MUÑOZ  
Registro ECOPETROL: 27782

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2011

## AGRADECIMIENTOS

A mi Diosito por ser mi guía y mi protector.

A mis Padres, porque nunca han dudado de mí y gracias a ellos soy lo que soy en este momento.

A mis hermanas, por su apoyo y cariño incondicional.

A mis compañeros especialmente a Alexander Calvete pues fueron mi gran soporte en este camino.

A mí querida Universidad Industrial de Santander ya que con su estructura crea los mejores Ingenieros del País.

A mis maestros de la escuela de Ingeniería Mecánica, por darme su conocimiento y exigencia.

A ECOPETROL por la oportunidad.

Y a todas las personas que siempre me apoyaron y creyeron en mí.

*ALBA YANETH PINTO VEGA*

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	20
1. MARCO ORGANIZACIONAL .....	22
1.1 NATURALEZA DEL NEGOCIO.....	22
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	22
1.3 MARCO ESTRATÉGICO GRUPO EMPRESARIAL ECOPETROL 2011-2020 23	
1.4 CULTURA ORGANIZACIONAL .....	25
1.4.1 Misión. ....	25
1.4.2 Visión al 2020 del Grupo Empresarial.....	25
1.5 UBICACIÓN .....	26
1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	26
1.7 PRODUCTOS .....	28
1.8 HISTORIA DE ECOPETROL .....	29
2. COBERTURA DEL PROYECTO .....	34
2.1 OBJETIVOS.....	34
2.2 OBJETIVO GENERAL .....	34
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
2.4 HISTORIA DEL AREA AMBIENTAL .....	35
2.4.1 Historia Separadores Api Y Diapac .....	35
2.4.2 Historia De Ptar .....	36
2.5 CARGAS Y PRODUCTOS.....	37
2.5.1 Cargas .....	37
2.5.2 Productos.....	41
2.5.3 Subproductos.....	43

2.5.4	Balance De Material.....	44
2.6	PROCESO .....	47
2.6.1	Modos Operativos Diapac.....	49
2.6.2	Descripción General De Proceso.....	50
2.6.3	Planta de tratamiento de aguas residuales “PTAR” .....	54
2.6.4	Planta de tratamiento de aguas sanitarias “DIAPAC” .....	62
2.7	CRITICIDAD DE EQUIPOS. ....	63
2.7.1	Definiciones importantes.....	63
2.8	MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD “RCM” .....	67
2.8.1	El Nacimiento Del “RCM”: 1960 Hasta 1980.....	68
2.8.2	Premisas del RCM:.....	69
2.8.3	Siete Preguntas Básicas del RCM.....	70
2.8.4	Funciones y sus estándares de funcionamiento. ....	71
2.8.5	Los Beneficios A Conseguir Por RCM .....	72
2.8.6	Aplicación Del Proceso RCM.....	75
2.8.7	Facilitadores. ....	77
2.8.8	Control Del Proceso RCM.....	78
2.8.9	Proceso Del RCM. ....	79
2.8.10	Resultados:.....	79
2.9	PROCESO A DESARROLLAR EN LA CREACION DE LOS APL´S PARA LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL.....	80
2.9.1	Descripción del proceso.....	82
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	86
3.1	EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL DE LA GRB .....	86
3.1.1	Bombas Centrifugas. ....	87
3.1.2	Bombas Sumergibles.....	88
3.2	INVENTARIO DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL.	101
3.2.1	Planos y equipos. ....	102
3.3	CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS. ....	109
3.3.1	Equipos criticos del area ambiental según RCM. ....	109

3.3.2	Clasificación de los equipos.....	115
3.4	INFORMACIÓN TÉCNICA.....	119
3.4.1	Fabricantes.....	119
3.4.2	Información necesaria.....	120
3.4.3	Consolidación De Información.....	126
3.4.4	Creación de los equipos en el sistema.....	126
3.4.5	Apl De Configuración.....	127
4.	RESULTADOS.....	133
4.1	RESULTADOS DEL PROYECTO.....	133
4.2	BENEFICIOS DE LA CREACION DE LOS APL´s.....	134
5.	PROCEDIMIENTOS.....	137
5.1	CREAR UN APL. EN EL SISTEMA ELLIPSE DE LA GRB.....	137
5.2	PROCEDIMIENTO PARA MODIFICAR UN APL.....	147
5.3	PROCEDIMIENTO PARA COPIAR UN APL.....	152
5.4.1	Creación de un Sub APL.....	158
6.	CONCLUSIONES.....	168
	BIBLIOGRAFIA.....	171
	ANEXOS.....	173

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Marco Estratégico ECOPETROL S.A. ....	24
Figura 2. Ubicación de Refinería de Barrancabermeja .....	26
Figura 3. Organigrama ECOPETROL S.A. ....	27
Figura 4. Organigrama Refinería de Barrancabermeja .....	28
Figura 5. Descripción del proceso.....	33
Figura 6. Balance de material Separadores API.....	45
Figura 7. Balance de material PTAR.....	46
Figura 8. Balance de material DIAPAC.....	47
Figura 9. Diagrama general tratamiento primario y PTAR .....	48
Figura 10. Homogenización. ....	55
Figura 11. Neutralización .....	55
Figura 12. Trenes de flotación. ....	56
Figura 13. Coagulación.....	57
Figura 14. Floculación.....	58
Figura 15. Flotación. ....	59
Figura 16. Tratamiento biológico de fenoles. ....	61
Figura 17. Opciones del mantenimiento. ....	64
Figura 18. Parámetros de la confiabilidad del mantenimiento. ....	65
Figura 19. Agrupaciones y jerarquía de las plantas.....	66
Figura 20. Modelo analítico del mantenimiento.....	66
Figura 21. Modelo del RCM. ....	68
Figura 22. Bomba centrífuga: disposición, esquema y perspectiva .....	88
Figura 23. Bomba Vertical Goulds, tipo VIT.....	89
Figura 24. Bomba vertical tipo 3171 – Goulds. ....	90

Figura 25. Bomba de tornillo.....	91
Figura 26. Partes de la bomba de tornillo. ....	92
Figura 27. Partes de una bomba de cavidad progresiva.....	93
Figura 28. Despiece de bomba de cavidad progresiva.....	95
Figura 29. Esquema de los agitadores en operación.....	95
Figura 30. Agitador operando en planta.....	96
Figura 31. Bomba Dosificadora.....	98
Figura 32. Corte de un compresor centrifugo multietapas. ....	100
Figura 33. Curva de compresión para una maquina centrifuga. ....	101
Figura 34: Plano del terreno de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR, Separador Norte SE- 3050 y Piscina Pulmón SE - 3054.....	102
Figura 35. Plano del terreno Separadores Sur SE – 2010. SE-3020, SE-3030 y SE-300a.....	104
Figura 36. Plano del terreno Separador de Crudos SE-3080 y Separador de aguas lluvias SE-3090.....	106
Figura 37. Plano del terreno Separador de Unidad de Balance SE-3060 y planta de Tratamiento de aguas Sanitarias DIAPAC.....	107
Figura 38. Placa de identificación de los equipos IR.....	109
Figura 39. Distribución de equipos del área ambiental por especialidad. ....	110
Figura 40. Distribución de equipos del área ambiental por criticidad. ....	111
Figura 41. Distribución de equipos de área ambiental por especialidad según RCM.....	114
Figura 42. Curva de bomba superficial de la succión extremo – 40 gpm.....	125
Figura 43. Impulsores de bombas.....	128
Figura 44. Formato Faci de la GRB. ....	130
Figura 45. Borrador de APL's creado en Excel. ....	131
Figura 46. Apl de configuración en el sistema Elipse de la Refinería de Barrancabermeja – ECOPETROL. ....	132
Figura 47. Pantalla de inicio Elipse.....	137
Figura 48. Primera paso para crear un APL de configuración el Elipse.....	138

Figura 49. Ubicación para introducir el código Elipse. ....	139
Figura 50. Ventana para introducir la identificación del equipo. ....	139
Figura 51. Ventana de características de equipo. ....	140
Figura 52. Ventana de selección de componentes. ....	140
Figura 53. Ventana inicial para la creación de APL's. ....	141
Figura 54. Ventana para introducir las características del equipo. ....	141
Figura 55. Ventana de referencia. ....	143
Figura 56. Ventana de referencia 2. ....	144
Figura 57. Ventana que da las características del Apl. ....	144
Figura 58. Ventana para ingresar datos. ....	145
Figura 59. Ventana para ingresar datos 2. ....	146
Figura 60. Ventana para ingresar datos – Other. ....	146
Figura 61: Ventana para ingresar datos 3. ....	147
Figura 62. Modificar un APL. ....	148
Figura 63. Modificar un APL 2. ....	148
Figura 64. Modificar un APL 3. ....	149
Figura 65. Ventana de verificación del dueño del APL. ....	150
Figura 66. Ventana de detalle del Apl. ....	151
Figura 67. Ventana que permite la modificación del Apl. ....	151
Figura 68. Pantalla inicial para seleccionar operación. ....	152
Figura 69. Pantalla inicial con la selección de la copia. ....	153
Figura 70. Pantalla inicial para la copia de Apl. ....	153
Figura 71. Ventana principal de Elipse MSO653. ....	154
Figura 72. Pantalla de copia del apl. ....	155
Figura 73. Pantalla de verificación. ....	156
Figura 74. Pantalla de verificación 2. ....	156
Figura 75. Ventana de detalle de partes. ....	157
Figura 76. Ventana que permite agregar datos al Apl. ....	158
Figura 77. Detalles APL <b>para</b> el componente. ....	159
Figura 78. Lista de partes para la bomba P2421D. ....	160

Figura 79. Secuencia para ingresar un ítem a un Apl.....	161
Figura 80. Secuencia recomendada para la inclusión de un Sub Apl. ....	162
Figura 81. Ventana para la inclusión de datos del Sub Apl.....	162
Figura 82. Características del APL que será aplicado como sub Apl de la bomba en referencia. ....	163
Figura 83. Identificación de los campos del Apl padre cuando contiene un Sub Apl. ....	164
Figura 84. Secuencia para visualizar ítem de un sub Apl. ....	166
Figura 85. Lista de partes del sub Apl.....	167

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Marco Estratégico ECOPETROL S.A. ....	24
Tabla 2. Productos de la Refinería de Barrancabermeja. ....	29
Tabla 3. Principales Plantas de la Refinería de Barrancabermeja, presenta las plantas que comprenden el Complejo Industrial. ....	32
Tabla 4. Cargas a la Unidad PTAR Ambiental. ....	38
Tabla 5. Características Afluente Separadores API.....	40
Tabla 6. Características Afluente PTAR .....	40
Tabla 7. Características Afluente DIAPAC.....	41
Tabla 8. Características Efluente Separadores API.....	41
Tabla 9. Características Efluente PTAR .....	42
Tabla 10. Características Efluente DIAPAC.....	42
Tabla 11. Sub productos unidad de PTAR.....	43
Tabla 12. Contenido de BSW en el Slop.....	44
Tabla 13. Sigla de identificación de los equipos rotativos de la GRB. ....	86
Tabla 14. Equipos pertenecientes al Separador 3050 y de la Piscina Pulmón de la GRB. ....	103
Tabla 15. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3010, 3020 y 3030 de la GRB. ....	105
Tabla 16. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3090 de la GRB. ....	107
Tabla 17. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3060 de la GRB. ....	108
Tabla 18. Equipos rotativos pertenecientes al Día Pac de la GRB. ....	108
Tabla 19. Convención del RCM realizado en el GIRO.....	110
Tabla 20. Equipos Rotativos con criticidad alta según RCM.....	111

Tabla 21. Equipos rotativos con criticidad media del área ambiental según RCM. .....	112
Tabla 22. Equipos rotativos con criticidad baja o leve del área ambiental según RCM.....	113
Tabla 23. Distribución de equipos rotativos por criticidad del área ambiental según RCM.....	113
Tabla 24. Distribución de equipos del área ambiental por especialidad según RCM.....	114
Tabla 25. Equipos pertenecientes al primer grupo de clasificación. ....	116
Tabla 26. Equipos pertenecientes al segundo grupo de clasificación.....	118
Tabla 27. Acceso a APL's en Elipse. ....	142

## LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Data sheet de bombas del area ambiental de la GRB. ....	174
ANEXO B. Curvas de los equipos.....	177
ANEXO C. Despiece y listado de partes de bombas de cavidad progresiva. ....	180
ANEXO D. Despiece de bomba goulds modelo 3196.....	189
ANEXO E. Despiece de un sello mecánico .....	196
ANEXO F. Manual para selección de acoples Thomas Rexnord.....	197
ANEXO G. Equipos rotativos del área ambiental.....	204

## RESUMEN

**TITULO:** DESARROLLO DE ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD APL's PARA EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA AMBIENTAL DE LA GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA, ECOPETROL.\*\*

**AUTORES:** Alba Yaneth Pinto Vega. \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Application part list, bill of material, Sectional Drawing, Data sheet, Borrador de APL's, Ellipse.

**CONTENIDO:** Este proyecto parte de la necesidad en desarrollar una estrategia de confiabilidad de clase mundo para el departamento de Gestión Integral del riesgo operacional y de la coordinación de confiabilidad de equipo rotativo en la refinería de Barrancabermeja. El desarrollo de los APL's de los equipos rotativos del área ambiental, se hizo con el objetivo de contribuir con los indicadores de mantenimiento, disminuyendo los tiempos y costos de reparación, garantizando información confiable, completa y disponible al momento de las reparaciones planeadas o no planeadas.

La metodología que se siguió para la creación de los APL's para los equipos rotativos del área ambiental, fue el desarrollado por la auditoría técnica de APL's de la GRB, quien se encargó de estandarizar este proceso a nivel de refinería, dando las pautas y las herramientas necesarias para el desarrollo adecuado de los APL's.

El resultado de la creación de APL's es un archivo cargado en el sistema Ellipse (Plataforma o sistema de almacenamiento de información de ECOPETROL) en donde se encuentren las piezas del equipo, Herramienta que estará disponible de manera confiable a los usuarios siguiendo los estándares internacionales de disponibilidad al momento de realizar la reparación, los cuales ubicarán a ECOPETROL S.A. como una empresa de energía y petroquímica de clase mundial altamente competitiva.

---

\* Proyecto de Grado

\*\*Facultad De Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director CARLOS BORRAS PINILLA, Ingeniero Mecánico. Codirector CARLOS ENRIQUE MUÑOZ, Ingeniero Mecánico.

## SUMARY

**TITLE:** DESARROLLO DE ESTRATEGIA DE CONFIABILIDAD APL'S PARA EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA AMBIENTAL DE LA GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA, ECOPETROL. <sup>1</sup>\*

**AUTHORS:** Alba Yaneth Pinto Vega\*\*

**KEY WORDS:** Application part list, bill of material, Sectional Drawing, Data sheet, draft of APL's, Ellipse.

**CONTENT:** This project is the need to develop a strategy for world-class reliability for the department of Integral Management of operational risk and coordination of rotating equipment reliability at the refinery in Barrancabermeja. The development of APLS rotating equipment in the environmental area was made with the aim of contributing to the maintenance indicators, reducing repair times and costs, ensuring reliable, complete and available at the time of planned or unplanned repairs.

The methodology followed for the creation of APL's for rotating equipment in the environmental area, was developed by APL's technical audit of the GRB, who was in charge of standardizing the process refinery level, giving guidelines and tools necessary for the proper development of the APL's.

The result of the creation of APL'S is a file loaded into the Ellipse System (Platform or storage system ECOPETROL) where are the pieces of equipment; tool that reliably available to the users according to international standards availability at time of repair, which located at Coppertop SA as an energy company and world-class petrochemical highly competitive.

---

\*Graduation Project

\*\* Faculty of Engineering physicommechanical. Mechanical Engineering School. Director CARLOS BORRAS PINILLA, Mechanical Engineer. Codirector CARLOS ENRIQUE MUÑOZ, Mechanical Engineer.

## GLOSARIO

**Application part list “APL’s”:** Es el listado de partes o de piezas críticas y necesarias que un equipo tiene. En él se ven los diferentes códigos de la empresa donde opera el equipo, como el de los diferentes fabricantes que lo proveen.

**Bill of material:** El Bill of material o más conocido como BOM, es el listado de partes del equipo que el fabricante proporciona.

**Sectional Drawing:** Es una representación convencional en la cual se imagina que se corta o se desprende una parte de un objeto o máquina de tal manera que quede el interior al descubierto. Debe entenderse claramente que, al separar así la porción más cercana del objeto para hacer la vista en sección, esta porción, que se ha suprimido para hacer el corte, no se omite al hacer las otras vistas.

**Data sheet:** El data sheet o también conocido como la hoja de datos y especificaciones de los equipos. es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema.

**Ellipse:** Sistema operativo que se utiliza en ECOPEPETROL, en él se lleva la base de datos de la empresa.

**Borrador de Apl’s:** Es un archivo en Excel en donde se crearon inicialmente los Apl’s de los equipos rotativos de la GRB, antes de cargarlos al sistema Ellipse.

**Formato Faci:** Formato único y estándar de ECOPEPETROL que se utilizar para la catalogación de piezas en el área de materiales.

**Giro:** Es la sigla del departamento de Gestión Integral del Riesgo Operacional, de la GRB, encargado de la integridad del ambiente y del personal que labora en la GRB.

**Ptar:** Sigla de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, una unidad de operación del departamento GIRO de la GRB, encargada del tratamiento que se le hace al agua se desemboca al Río Magdalena.

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Gestión integral del riesgo operacional (GIRO), en la refinería de Barrancabermeja tiene como objetivos primordiales la práctica del aseguramiento de tratamiento de aguas residuales como velar por el control de la confiabilidad de sus equipos en operación, la gestión de activos, la medición de los indicadores, y la reducción de los costos de mantenimiento en las reparaciones planeadas y las no planeadas. Debido al avance técnico, tecnológico y científico; los procedimientos de mantenimiento que hoy se rigen son mucho más especializados, analíticos, prácticos y rigurosos que los realizados años atrás en la empresa, y requieren un conjunto de habilidades y herramientas claves al momento de reparar los equipos garantizando su disponibilidad y confiabilidad.

Las tendencias mundiales de gestión de mantenimiento a través de indicadores y su impacto en la industria de bienes y servicios en aspectos gerenciales, tecnológicos, productivos, medioambientales, normativos y educativos, es cada vez mayor y busca acceder a la más avanzada información en este campo. Esta es la tendencia que ECOPETROL sigue en su política para convertirse en una empresa de clase mundial.

Con el desarrollo de este proyecto se busca contribuir en el mejoramiento del mantenimiento y la reparación, ayudando a situar a la empresa en un marco de conocimientos ingenieriles para la aplicación de técnicas avanzadas de confiabilidad y mantenibilidad. Para asegurar la información necesaria y completa de los equipos, desarrollar su listado de partes con repuestos adecuados y actualizados que ayuden a preservar la función de los equipos rotativos, además permite disponer en cualquier momento de las características específicas y generales de cada equipo para ayudar en la toma de decisiones para la gestión del mantenimiento.

Como proyecto de área, el listado de partes se hizo para los equipos críticos rotativos del área ambiental, la cual se encarga de velar por una buena calidad de las aguas que se entregan al Río Magdalena, controlando el impacto al medio ambiente, compromiso que la empresa tiene con la comunidad

La metodología que se siguió en la creación de los APL's, se desarrolló por la auditoría técnica de APL's de la GRB, quien se encargó de estandarizar este proceso a nivel de refinería, dando las pautas, recomendaciones y las herramientas necesarias para el desarrollo confiable y adecuado de los APL's

El resultado del desarrollo de esta estrategia para la reparación y mantenimiento, siguiendo los estándares internacionales de disponibilidad y Confiabilidad, permiten obtener beneficios como: lograr una disposición permanente y completa de los repuestos adecuados y actualizados de los equipos rotativos del área ambiental, y es posible contribuir en el desarrollo de las tareas de mantenimiento correctivas, modificativas, predicativas o preventivas.

También permite la selección de cada repuesto caracterizado con el fabricante principal, directo o local al momento de la compra, garantizando calidad y menores costos. También ayuda a que la planeación de las tareas de mantenimiento y sus costos sea estimada de manera adecuada y exacta con el ánimo de obtener planes de mejoramiento, tendencias e implementar acciones necesarias útiles para el logro de los objetivos de la empresa encaminados a ubicar a Grupo Empresarial ECOPETROL S.A. como una empresa de energía y petroquímica de clase mundial altamente competitiva.

## **1. MARCO ORGANIZACIONAL**

### **1.1 NATURALEZA DEL NEGOCIO**

Grupo Empresarial ECOPETROL S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica. Tiene la participación mayoritaria de la infraestructura de transporte y refinación del país, posee el mayor conocimiento geológico de las diferentes cuencas, cuenta con una respetada política de buena vecindad entre las comunidades donde se realizan actividades de exploración y producción de hidrocarburos, es reconocida por la gestión ambiental y tanto en el upstream<sup>1</sup> como en el downstream<sup>2</sup>, ha establecido negocios con las más importantes petroleras del mundo.

ECOPETROL como grupo empresarial cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinерías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de 8.124 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

### **1.2 RESEÑA HISTÓRICA**

La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos, que había sido creada en 1948 mediante la Ley 165 de ese año.

---

<sup>1</sup> Negocios referentes a la Exploración y Producción de hidrocarburos.

<sup>2</sup> Negocios referentes a Refinación, Transporte y Comercialización de productos.

La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

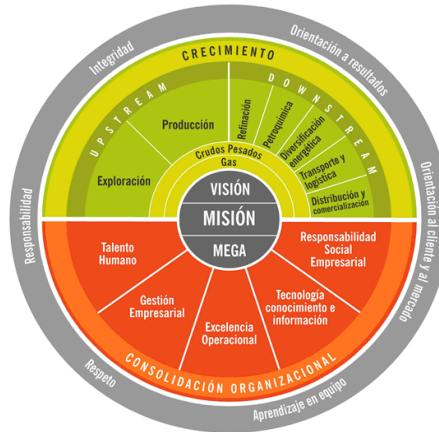
ECOPETROL emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación. En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. En septiembre de 1983 se produjo la mejor noticia para la historia de ECOPETROL y una de las mejores para Colombia: el descubrimiento del Campo Caño Limón, en asocio con OXY, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles. Gracias a este campo, la Empresa inició una nueva era y en el año de 1986 Colombia volvió a ser un país exportador de petróleo.

A partir de 2003, ECOPETROL S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

### **1.3 MARCO ESTRATÉGICO GRUPO EMPRESARIAL ECOPETROL 2011-2020**

El nuevo marco estratégico mostrado en la figura 1 y tabla 1, representa un desafío para todos los trabajadores de la empresa, generándoles la posibilidad de crecer profesional y personalmente. Requerirá una mayor exigencia en cuanto a la gestión empresarial, estableciendo importantes lineamientos para garantizar la consolidación organizacional, lo que implica que se deberán adoptar las medidas necesarias para que los procesos de soporte apalanquen la estrategia eficazmente.

Figura 1. Marco Estratégico ECOPETROL S.A.



Fuente: IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011

Tabla 1. Marco Estratégico ECOPETROL S.A.

<b>Upstream</b>	Producción equivalente (KBPED) (Miles de Barriles de Petróleo Equivalente)	1300 kbped con Rentabilidad (ROCE)* del 20%
	Incorporación de Reservas 1P	6.000
	2008 - 2017 (Mboe) (Millones de Barriles de Petróleo Equivalente)	
	(Nuevas, Reevaluación y Compra)	
<b>Downstream</b>	ROCE Downstream (%)	15%
	ROCE de Refinación (%)	11%
	Producción de Petroquímicos (KTA) (Miles de Toneladas Año)	2700 KTA con Rentabilidad (ROCE) del 13% al 15%
	Producción de Biocombustibles (KTA)	450
	Ventas de Gas (GBTUD)	1.000 (Ventas Nacionales e Internacionales, incluye regalías)
	ROCE de Transporte (%)	10%-12%
	Distribución	8%
	(Participación en distribución mayorista)	

Fuente: IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011

Como resultado de esta estrategia, la empresa se proyectó como una compañía global de energía, y se ubica entre las 30 petroleras integradas más grandes del mundo.

## **1.4 CULTURA ORGANIZACIONAL**

La cultura organizacional del Grupo Empresarial ECOPETROL S.A. resume su sueño a alcanzar y razón de ser y existir, a través de su visión y misión.

### **1.4.1 Misión.**

Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.

### **1.4.2 Visión al 2020 del Grupo Empresarial.**

ECOPETROL, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

## 1.5 UBICACIÓN

La refinería se encuentra ubicada a orillas del río Magdalena, en la ciudad de Barrancabermeja región del Magdalena Medio en el departamento de Santander como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Ubicación de Refinería de Barrancabermeja



Fuente: IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011

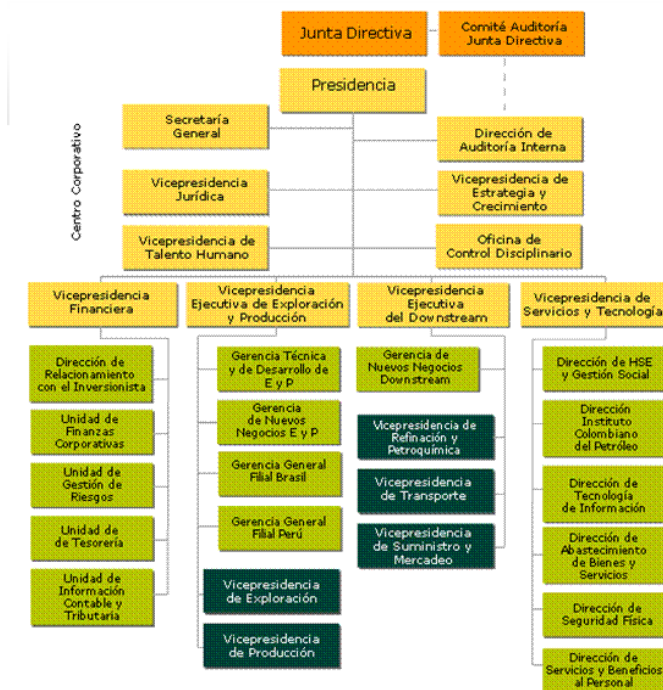
## 1.6 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Mediante el Decreto 409 del 8 de febrero de 2006 el Gobierno Nacional modificó la actual Estructura del Grupo Empresarial ECOPETROL S.A., que rige desde el 10 de febrero de 2006, fecha en la cual se publicó el decreto en el diario oficial. En adelante, la Sociedad tendrá la estructura y funciones contempladas en el decreto, sin perjuicio de las establecidas en las disposiciones legales vigentes. El organigrama de la empresa se muestra en la figura 3.

Los cambios introducidos atienden a los principios de eficiencia y racionalidad en los que se enmarca la gestión pública de acuerdo con las necesidades, planes y

programas de la Organización, determinando para ello las tareas y responsabilidades a cargo de las dependencias, sin que en ningún momento se vea afectada la naturaleza jurídica de ECOPETROL S.A. que continúa siendo una Sociedad Pública por Acciones del Orden Nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía.

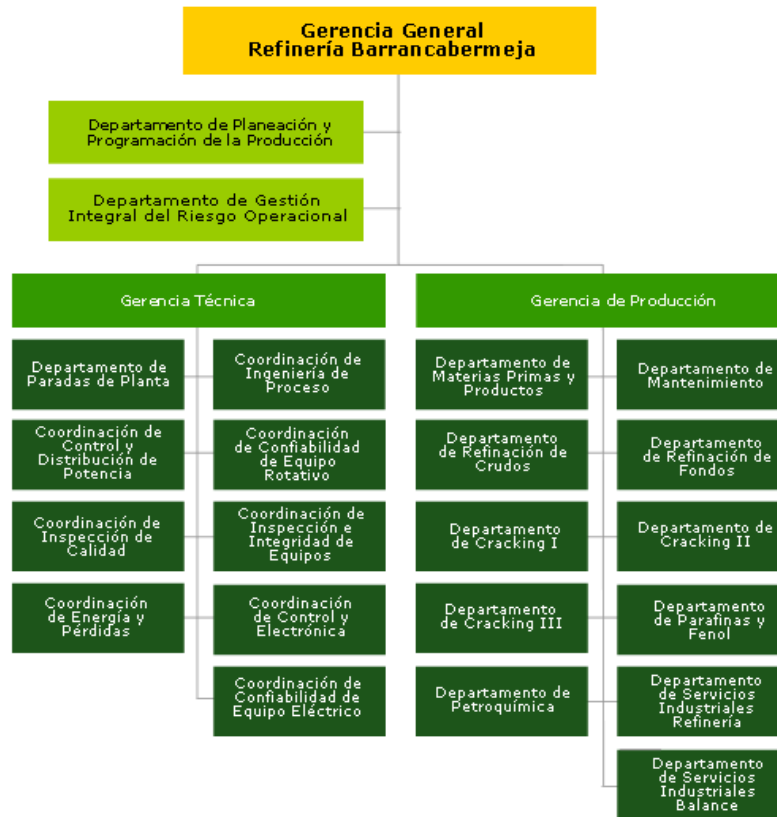
Figura 3. Organigrama ECOPETROL S.A.



Fuente: IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011

La Refinería de Barrancabermeja recientemente presentó su mapa de estructura de cargos sujeto a los lineamientos del decreto 409 del 8 de febrero de 2006, el cual se muestra en la figura 4.

Figura 4. Organigrama Refinería de Barrancabermeja



Fuente: IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011

## 1.7 PRODUCTOS

A través de los diferentes procesos de refinación de hidrocarburos la refinería de Barrancabermeja produce los diferentes combustibles líquidos, productos petroquímicos e industriales y gases industriales y domésticos que suplen las necesidades energéticas del país y ayudan a su desarrollo. Los productos de la refinería de Barrancabermeja se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Productos de la Refinería de Barrancabermeja.

<b>Combustibles líquidos</b>	<b>Petroquímicos industriales</b>	<b>e Gases Industriales y domésticos</b>
Gasolina corriente	Disolventes Alifáticos	Gas Licuado del Petróleo (GLP)
Diesel corriente	Tolueno	
Bencina	Hoja de seguridad Apiasol	
Combustóleo	Propileno	
Diesel Marino	Bases lubricantes	
IFOs 380 y180	Asfaltos	
Gasolina Extra	Azufre Petroquímico	
Diesel Extra	Benceno	
Queroseno	Xilenos Mezclados	
Jet A-1	Ortoxileno	
Gasolina de aviación grado 100	Ciclohexano	
	Ceras Parafinicas	
	Arotar	
	Polietileno de Baja Densidad (Polifén)	

(IRIS (Intranet de ECOPETROL), 2011)

## 1.8 HISTORIA DE ECOPETROL

La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company, que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Los inicios de la Refinería de Barrancabermeja se dan con el primer equipo, un célebre alambique para destilar el crudo, traído de Talara, Perú, propiedad de la Internacional Petroleum Company, INTERCOL.

Este fue instalado en la actual área de la Topping, en el lugar que ocupan las calderas Kellogs. Alrededor del alambique fueron apareciendo tanques y chimeneas para procesar 1500 barriles.

En 1922 se transporta gasolina y aceites por el río Magdalena para abastecer las estaciones del país. En 1923 se construye la primera Planta Eléctrica y primera Planta de Agua ubicadas junto a la Planta Eléctrica actual. En 1925 nace la Planta de Asfaltos. En 1927 empieza a rodar el ferrocarril dentro de la refinería. En este año se cambia el viejo alambique por otro para procesar 10.000 barriles. En 1930 se instaló la Planta de Arcilla para mejorar el color de los destilados y la acidez. También se construyeron los famosos tanques 600 y 601 a la entrada de la refinería. En 1934 se montó la primera Planta de Fenol para el retiro de los extractos. En 1935 nace la primera Planta de Destilación combinada CDU, la primera planta de procesamiento continuo. En 1947 se crea la Planta de Lubricantes y se aumenta la carga a la refinería a 17.000. Barriles. En 1949 inicia el ensanche con la Foster Wheeler. En 1951 nace la Reversión de Mares, la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPEPETROL. En esta época la refinería producía 22.000 barriles. Con esta reversión, salió la Tropical Oil Company y apareció la Internacional Petroleum Company, LTD, INTERCOL. En 1952 se estableció ensanchar la refinería y nacen la Planta U-200, Planta Viscosreductora, Unidad de Ruptura Catalítica Modelo IV y Recuperadora de Vapores, Planta de Alquilarción, Ácido, Planta de Soda, Torres Enfriadoras y una nueva Planta Termoeléctrica y Productora de Vapor, Planta de Agua 800 y barcaza de captación de agua. Con este ensanche se aumenta la capacidad de refinación a 37.000 barriles. En 1956 ECOPEPETROL compró la Refinería de Cartagena, construida por INTERCOL. En 1961, transcurridos los 10 años de administración de la INTERCOL, el 1 de abril de ese año, ECOPEPETROL pasa a ser administrado por manos colombianas. En 1963 se aumenta la capacidad a 45.000 barriles. En 1964 se aprobó el ensanche de las calderas Kellogs el cual dura tres años. En 1967, para aumentar la capacidad a 76.000 barriles, se construyen la Torre de Vacío de

la U-250, la Tea N° 2, la Unidad de Ruptura Catalítica Orthoflow y su Planta de Azufre. Entre 1967 y 1975 se ensancha la petroquímica y se aumenta la capacidad a 106.000 barriles. En 1967 se construye la Planta de Parafinas. En 1971 entra en operación la Planta de Aromáticos. En 1972 se construye la Unidad U-2000, la Planta de Agua 850 y nace la idea de optimizar. Se empieza la construcción de la Unidad de Balance en cuatro bloques Demex, Viscorreductora, Hidrógeno y Unibón, unidades de tratamiento como Amina, Merox, Azufre y la Unidad de Cracking UOP 1, con su área de Almacenamiento y Servicios. Esta área entra en operación el 17 de diciembre de 1979, aumentando la capacidad a 140.000 barriles. En 1973 entra en operación la Planta Alquilos, Polietileno I y U-2100. En 1979 entra en operación la Unidad de Criogénica y la Planta de Nitrógeno, ubicadas en la actual Planta de Etileno II. En 1981 entra en operación las plantas Turboexpander, Etileno II y Polietileno II. La Refinería se convirtió en el Complejo Industrial. En 1982 se arranca la nueva Planta de Ácido y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, PTAR. En 1995 nace la nueva Planta de Cracking UOP II. En 1996 se moderniza la Planta CDU. En 2001 se coloca en operación la nueva Planta de Alquilación. En 2004 se coloca en operación el Blending de Medios. En 2006 se coloca en operación el Blending de Crudos y se sistematiza la entrega de gasóleos a planta. En 2007 la Refinería tiene una capacidad instalada de 250.000 barriles y se inicia la construcción de la Planta de Generación de Hidrógeno, Planta de Hidrotratamiento de Nafta y ACPM, Planta de Tratamientos de Amina, Azufre y Aguas Acidas.

El complejo procesa crudos de varias calidades para producir diferentes tipos de productos requeridos por el mercado nacional. El área de refinación produce principalmente gasolinas y destilados. El área de petroquímica elabora productos petroquímicos tales como bases lubricantes, parafinas, aromáticos y polietilenos. En el área de cracking se cargan gasóleos principalmente para producir GLP y nafta por medio del rompimiento de moléculas de hidrocarburos grandes.

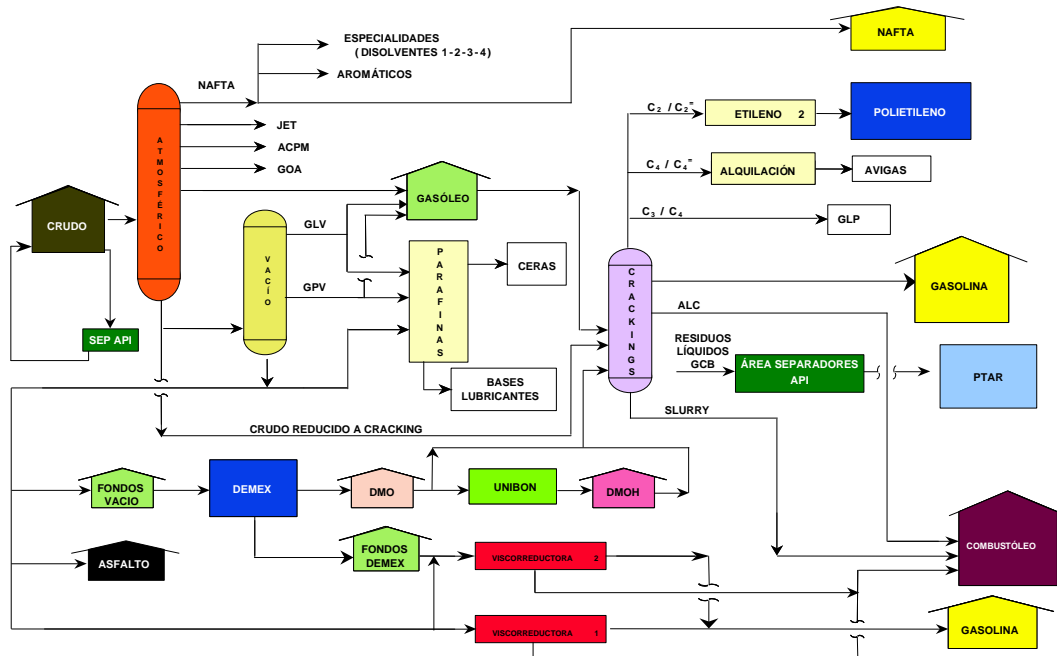
Los productos terminados y el recibo de crudos se realizan en el Área de Materias Primas. Los servicios industriales son generados en la Refinería con recurso propio. En la tabla 3 se muestran las principales plantas de la Refinería de Barrancabermeja, así como en la Figura 5 se muestran los sus diferentes procesos.

Tabla 3. Principales Plantas de la Refinería de Barrancabermeja, presenta las plantas que comprenden el Complejo Industrial.

Cantidad de Plantas	Plantas
5	Destilación Atmosférica de Crudo
4	Destilación al vacío de Crudo
4	Ruptura Catalítica
2	Viscorreductora
1	Demex (Desasfaltado con Solvente)
1	Unibón (Hidrodesulfurización)
2	Generación de Hidrógeno
1	Alquilación (Avigas)
1	Ácido Sulfúrico
1	Aromáticos
1	Parafinas
1	Turboexpander
2	Etileno I y II
2	Polietileno
1	Nitrógeno
1	Plantas de Especialidades
3	Recuperación de Azufre
1	Tratamiento de Aguas Acidas
1	Tratamiento de Aguas Residuales

Fuente: Iris - ECOPEPETROL

Figura 5. Descripción del proceso



Fuente: Departamento ambiental – GRB.

## **2. COBERTURA DEL PROYECTO**

### **2.1 OBJETIVOS**

#### **2.2 OBJETIVO GENERAL**

Contribuir con la misión de la universidad industrial de Santander en el desarrollo y confiabilidad de los equipos utilizados en la operación de la industria del petróleo, desarrollando la estrategia APL's para el mantenimiento de los equipos rotativos del área ambiental de la GRB, que garantizará la información necesaria y completa para lograr una reparación eficaz y confiable.

#### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un inventario de los equipos rotativos que pertenecen al área ambiental, clasificándolos por ubicación, datos de placa y sistemas al que pertenecen.
- Realizar la codificación o inclusión de todos los equipos y sus respectivos componentes al sistema ELLIPSE.
- Adquirir y determinar la información técnica de los equipos rotativos del área ambiental (Bill of material y Sectional drawing), utilizando los diferentes medio de recolección de información:
  - Búsqueda en los archivos técnicos de la GRB.
  - Contactar al fabricante o representante de la marca y pedir información.
  - Catálogos Técnicos
  - En el taller.
  - En la planta.
- Clasificar los equipos por criticidad de la planta, operación y mantenimiento.
- Realiza los APL's en formato digital para los equipos rotativos críticos del área ambiental.

- Realizar la inclusión al sistema ELLIPSE de los APL's de los equipos rotativos críticos del área ambiental.

## **2.4 HISTORIA DEL AREA AMBIENTAL.**

La Historia de la Unidad PTAR Ambiental se desarrolla a partir de la historia de los sistemas de tratamiento que la componen.

### **2.4.1 Historia Separadores Api Y Diapac**

Con el inicio de la Refinería de ECOPETROL-Gerencia Complejo Barrancabermeja (GCB) y en medio del nacimiento de su primer equipo para destilar el crudo, comienza la historia de las plantas de tratamiento de aguas residuales aceitosas (Separadores API) y sanitarias (DIAPAC).

El equipo para destilar crudo (alambique traído de Talara Perú propiedad de la Internacional Petroleum Company) fue instalado en la actual área de la Topping, en el lugar que ocupan las calderas Kellogs. Alrededor del alambique fueron apareciendo, además de tanques y chimeneas para procesar 1500 barriles, las unidades de tratamiento de residuos líquidos industriales, en primer lugar aparecen los Separadores API y posteriormente la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC). Los Separadores API y la DIAPAC fueron inicialmente cajas recolectoras de residuos líquidos; a medida que creció la actividad petrolera de la GCB, se hizo necesario modificar y tecnificar la operación de estas plantas.

Actualmente el número y el tamaño de los separadores han aumentado. En el proceso operativo de la GCB se presentan vertimientos de productos al sistema de aguas aceitosas, ya sea por falla operacional de equipos, requerimientos del proceso, operaciones de paro y arranque de planta, drenajes de tanques de almacenamiento, caída de aguas lluvias en los patios de las plantas, diques y

aguas residuales de los laboratorios, etc. Debido a esto, se hace necesario buscar alternativas que permitan minimizar el impacto ambiental que producen los vertimientos de las aguas que son utilizadas en las actividades propias de la GCB. Ante la necesidad de proteger el medio ambiente y de acuerdo con la Misión y Visión de ECOPETROL, la operación y optimización de los separadores es cada día un reto único. El propósito es minimizar el impacto ambiental para alcanzar el desarrollo sostenible del entorno.

#### **2.4.2 Historia De Ptar**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en la GCB, considerada como una de las más grandes del mundo, es consecuencia de una disposición de la Gerencia General del Distrito emanada el 30 de Noviembre de 1971, la cual dio origen al Proyecto 72-014, hoy culminado.

La Gerencia Complejo Barrancabermeja (GCB) está consciente de la necesidad de preservar el agua, siendo ésta un preciado recurso natural. Temiendo su irreversible deterioro por efectos de la expansión de la industria del petróleo, GCB dispuso parte de su personal técnico especializado y destinó enormes recursos económicos para afrontar su responsabilidad moral y legal de planificar la defensa del medio ambiente.

La Ingeniería básica de diseño de la planta, de acuerdo con las características propias de la GCB, fue encomendada a la firma UOP de los Estados Unidos y la Ingeniería de montaje y construcción fue realizada por DEGREMONT de Francia. La interventoría de la obra estuvo a cargo de la Firma TPL de Italia, conjuntamente con el Departamento de Interventoría de ECOPETROL. Actualmente, su manejo y operación está siendo ejecutado por personal colombiano altamente calificado.

El monto total del Proyecto 72-014 no es comparable con los esfuerzos aislados que al respecto otras empresas del país vienen realizando. Es responsabilidad de la GCB la buena marcha de la planta, por lo que no obstante su elevado costo de operación y mantenimiento, esto no es considerado como un gasto, sino como una inversión para las generaciones futuras por el derecho humano a un mejor ambiente.

## **2.5 CARGAS Y PRODUCTOS**

### **2.5.1 Cargas**

Las plantas de tratamiento de la Unidad PTAR Ambiental fueron diseñadas para manejar como carga los residuos líquidos de tipo residual y sanitario de la GCB. El sistema general de tratamiento de los residuos líquidos industriales de la GCB, comprende los Separadores Gravitacionales API y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), construida para purificar los efluentes provenientes de los separadores.

El tratamiento de las aguas lluvias y aguas negras se realiza en la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC). La carga de la Unidad PTAR Ambiental de la GRB comprende diversos flujos (Ver Tabla 4).

Aguas Aceitosas. Constituyen más del 75% de la carga de la PTAR y son las aguas provenientes de:

- Desagües de tanques de almacenamiento
- Emulsiones aceitosas de equipos de enfriamiento de las plantas de proceso
- Hidrocarburos aromáticos, alifáticos, parafínicos y nafténicos
- Drenajes de las plantas de proceso

Tabla 4. Cargas a la Unidad PTAR Ambiental.

Planta		Carga	Fuente
Tratamiento Primario en Separadores API	SE-3010	Aguas Aceitosas	Casa Bombas # 1
		Aguas Fenólicas	Fenol
		Aguas Ácidas	Llenadero Carro Tanques
		Aguas Aceitosas	Parafinas y Unidad 850
		Aguas Ácidas	Planta de Ácidos
		Aguas Cáusticas	Sodas Gastadas
	SE-3020	Aguas Ácidas	Alquilación y Modelo IV
		Aguas Aceitosas	Cracking, Especialidades
		Aguas Aceitosas, Fenólicas	Modelo IV
		Aguas Cáusticas	Soda y Topping 150
		Aguas Aceitosas	Topping 150
	SE-3030	Aguas Aceitosas	Casa Bombas # 2 y # 4
	SE-3030 <sup>a</sup>	Aguas Aceitosas	Vertientes SE-3010
		Aguas Aceitosas	Orthoflow
		Aguas Cáusticas	P. Soda
		Aguas Aceitosas	U-200
		Aguas Aceitosas	U-250
		Aguas Aceitosas	U-2000
		Aguas Aceitosas	U-2100
	SE-3060	Aguas Aceitosas	Unidad de Balance
		Aguas Agrías	Aguas Agrías UOP1
	SE-3080	Aguas Aceitosas	Casa Bombas # 5 y # 8
	SE-3050	Aguas Aceitosas	Caja Siberia
Aguas Aceitosas		Efluente SE-3020/30/30 <sup>a</sup>	
Aguas Aceitosas		Efluente SE-3060/80	
PTAR	Aguas de Proceso	Drenajes BA-4015	
	Aguas Ácidas	Drenajes Cuarto Químicos	
	Aguas Aceitosas	Efluentes Separadores API	
	Aguas de Proceso	Retornos BA-4014A/B	
	Aguas de Proceso	Sobrenadantes BA-4013	
DIAPAC	Aguas Sanitarias	Aguas Lluvias, Domésticas y Negras de la Unidad de Balance y Club Miramar	

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPETROL.

Aguas Ácidas. Son las aguas provenientes de los lavados de resinas y calderas, además de las purgas de los tanques de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Aguas Agrias. Son todas las corrientes que contienen arrastre de sulfuros, polisulfuros y amoníaco, generalmente provienen de las torres despojadoras de amoníaco y  $H_2S$ .

Aguas Cáusticas. A esta categoría pertenecen las emulsiones resultantes del tratamiento con soda a las gasolinas, el lavado de equipos y resinas. Aguas Fenólicas. Son los residuos líquidos provenientes del tratamiento que se le hace a las bases parafínicas con fenol ( $C_6H_5OH$ ).

Aguas Sanitarias. Las Aguas sanitarias son de color grisáceo con tendencia a café amarillento, en ocasiones están coloreadas por algunos efluentes industriales. Los contaminantes que poseen comprenden en su mayoría sólidos suspendidos, sustancias orgánicas disueltas y amoníaco o urea.

Los sólidos suspendidos se presentan en un intervalo de tamaños que van desde coloides  $<$  a 1 micra hasta sólidos gruesos  $>$  a 100 micras. Los contaminantes orgánicos consisten en carbohidratos, grasas, proteínas y, detergentes. El afluente del sistema de aguas sanitarias no contiene aceite.

La composición de la carga a la Unidad de Tratamiento Primario en los Separadores API, se presenta en la Tabla 5: Características Afluente Separadores API.

Tabla 5. Características Afluente Separadores API

Parámetro	Valor
Sólidos Suspendidos (ppm)	1200-1500
Contenido de Aceite (ppm HC)	4000-4500
Viscosidad (CP)	1
Gravedad Específica (aceite)	0.928 a 9 °F
Ph	5-9

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPELROL.

La composición de la carga a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se presenta en la Tabla 6: Características Afluente PTAR.

Tabla 6. Características Afluente PTAR

Parámetro	Valor
Sólidos Disueltos (ppm)	500-3000
Sólidos Suspendidos (ppm)	250-350
Sulfuros Totales (como S) (ppm)	10-100
Contenido de Aceite (ppm HC)	500-700
Temperatura (°C)	50-60
pH	4.0-10.0

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPELROL.

La composición de la carga a la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC), se presenta en la Tabla 7: Características Afluente DIAPAC.

Tabla 7. Características Afluente DIAPAC

Parámetro	Valor
Ph	6.0-7.0
DBO (ppm)	450-500
Temperatura (°C)	20-30
Sólidos Suspendidos (ppm)	250-350

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPELROL.

### 2.5.2 Productos.

El objetivo del programa de control de la contaminación, establecido en la GCB, es tener como producto un efluente estéticamente aceptable.

En la Tabla 8: Características Efluente Separadores API, se presentan los resultados de la caracterización del agua después del tratamiento; estos datos reflejan la reducción de contaminantes en el producto.

Tabla 8. Características Efluente Separadores API

Parámetro	Valor
Sólidos Suspendidos (ppm)	250-350
Contenido de Aceite (ppm)	550-650
Viscosidad (CP)	1
Gravedad Específica (aceite)	1
pH	9-13

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPELROL.

En la Tabla 9: Características Efluente PTAR, se presentan algunos resultados de la caracterización del agua después del tratamiento; estos datos reflejan la reducción de contaminantes en el producto.

Tabla 9. Características Efluente PTAR

Parámetro	Valor
Sólidos Disueltos (ppm)	70-90
Sólidos Suspendidos (ppm)	45-55 Máx.
Sulfuros Totales (como S) (ppm)	5-15
Contenido de Aceite (ppm HC)	35-45 Máx.
Temperatura (°C)	25-35
pH	6.0-7.0

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPETROL.

En la Tabla 10: Características Efluente DIAPAC, se presentan algunos resultados de la caracterización del agua después del tratamiento; estos datos reflejan la reducción de contaminantes en el producto.

Tabla 10. Características Efluente DIAPAC

Parámetro	Valor
pH	6.0-7.0
DBO (ppm)	60-80
Temperatura (°C)	20-30
Sólidos Suspendidos (ppm)	35-55

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPETROL.

### 2.5.3 Subproductos

Los subproductos de la Unidad se describen a continuación en la Tabla 11: Subproductos Unidad PTAR Ambiental.

Tabla 11. Sub productos unidad de PTAR.

Unidad	Fuente	Subproducto	Destino
Tratamiento Primario en Separadores API	Pozo de Recobro de Aceite BA-4013	Slop	Cracking, Crudo o Combustóleo
	Limpieza de Separadores, Colector de Lodos	Lodo Seco	Unidad de Biodegradación de Lodos ATB
PTAR	Pozo de Recobro de Aceite BA-4013	Slop	Cracking o Combustóleo
	Espesador Mecánico BA-4012	Lodo Seco	Unidad de Biodegradación de Lodos ATB

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPETROL.

Todo el slop recuperado se envía a pruebas de laboratorio para garantizar las condiciones de entrega a planta. La prueba determinante es el BSW (contenido de agua y sólidos), el BSW disminuye con el tratamiento térmico al Slop.

El destino específico del Slop según el contenido de BSW, se presenta en la Tabla 12: Contenido de BSW en el Slop.

Tabla 12. Contenido de BSW en el Slop.

% BSW	Destino de Slop
0.0-0.05	Torre Fraccionadora de URCs
0.06-0.1	URC Modelo IV
> 0,1	Reproceso o Combustóleo
> 10	PTAR (BA-4012), previa autorización del supervisor.

Fuente: Departamento de GIRO, GRB – ECOPEPETROL.

## 2.5.4 Balance De Material

El Balance de Material presenta los flujos de entrada y salida de la unidad.

**2.5.4.1 Balance de Material Separadores API.:** Este Balance de Material presenta brevemente los flujos típicos de entrada y salida del sistema de tratamiento primario de los residuos líquidos de la GRB en los Separadores Gravitacionales API.

- **Material de Entrada:** La unidad recibe, por gravedad, entre 3000 y 13200 GPM de aguas residuales. La carga se compone de las aguas aceitosas, ácidas, agrias, cáusticas y fenólicas de la GRB.
- **Material de Salida:** La unidad produce entre 2980 y 13150 GPM de efluente tratado mediante separación física por gravedad. Este flujo es cargado a la PTAR para tratamiento posterior. Además de este efluente, se recuperan como slop de 11 a 41 GPM de aceite y aproximadamente 4.8 GPM de lodos.

- **Diagrama de Balance de Material:** La Figura 6: Balance de Material Separadores API, ilustra un ejemplo de diagrama de flujo simplificado en el que la carga típica a los separadores API es de 13200 GPM de agua residual. Se muestran también las corrientes de producto y sub-productos para representar la conservación de material en los separadores.

Figura 6. Balance de material Separadores API



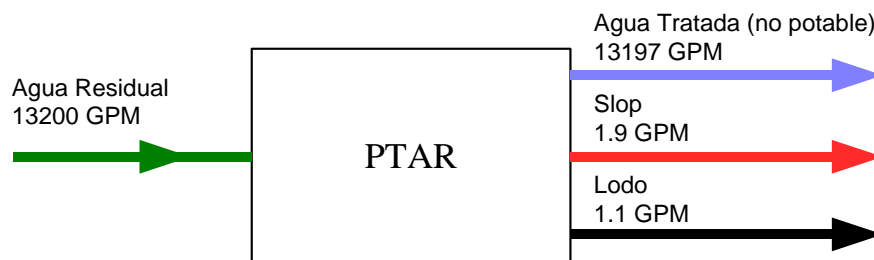
Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPEPETROL

**2.5.4.2 Balance de Material PTAR.** Este Balance de Material presenta brevemente los flujos típicos de entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

- **Material de Entrada:** La unidad recibe entre 2900 y 13200 GPM de agua residual. La carga se compone de los efluentes provenientes de los Separadores API, los drenajes del cuarto de químicos y las aguas recirculadas de proceso.
- **Material de Salida:** La unidad produce entre 2897 y 13197 GPM de efluente (no potable) tratado con los procesos físico-químicos. Este efluente se descarga a la fuente receptora (Río Magdalena). Además de este efluente, se recuperan como slop aproximadamente 1.9 GPM de aceite, y alrededor de 1.1 GPM de lodos de flotación.

- **Diagrama de Balance de Material:** La Figura 7: Balance de Material PTAR, ilustra un ejemplo de diagrama de flujo simplificado en el que la carga típica a la planta es de 13200 GPM de agua residual. Se muestran también las corrientes de producto y sub-productos para representar la conservación de material en la planta.

Figura 7. Balance de material PTAR.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPEPETROL

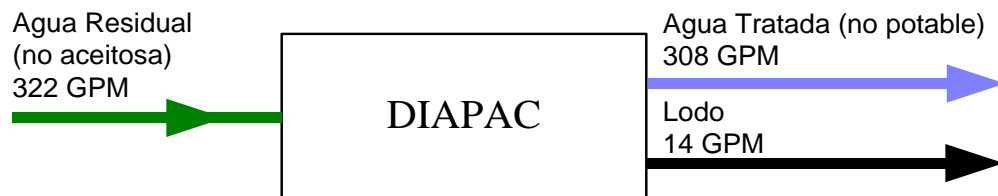
**2.5.4.3 Balance de Material DIAPAC.** Este Balance de Material presenta brevemente los flujos típicos de entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas lluvias y aguas negras en la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC).

- **Material de Entrada:** El flujo de agua a tratar en la unidad tiene usualmente un promedio de carga de aguas sanitarias no aceitosas (lluvias y negras) de 29 a 322 GPM. Esta carga contiene aproximadamente 480 mg/l de DBO.
- **Material de Salida:** La unidad produce entre 27 y 308 GPM de efluente (no potable) tratado con lodos activos. Este efluente se descarga a la fuente receptora (Caño el Rosario). Teniendo en cuenta las características del afluente y la realización del tratamiento de acuerdo con las instrucciones, el agua tratada presenta como mínimo remoción del 85% de la DBO y del 85% de los

sólidos suspendidos. Además de este efluente, se producen de 2 a 14 GPM de lodos con 30% de humedad.

- **Diagrama de Balance de Material.** La Figura 8: Balance de Material DIAPAC, ilustra un ejemplo de diagrama de flujo simplificado en el que la carga típica a la planta es de 322 GPM de agua residual no aceitosa. Se muestran también las corrientes de producto y sub-productos para representar la conservación de material en la planta.

Figura 8. Balance de material DIAPAC



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPEPETROL

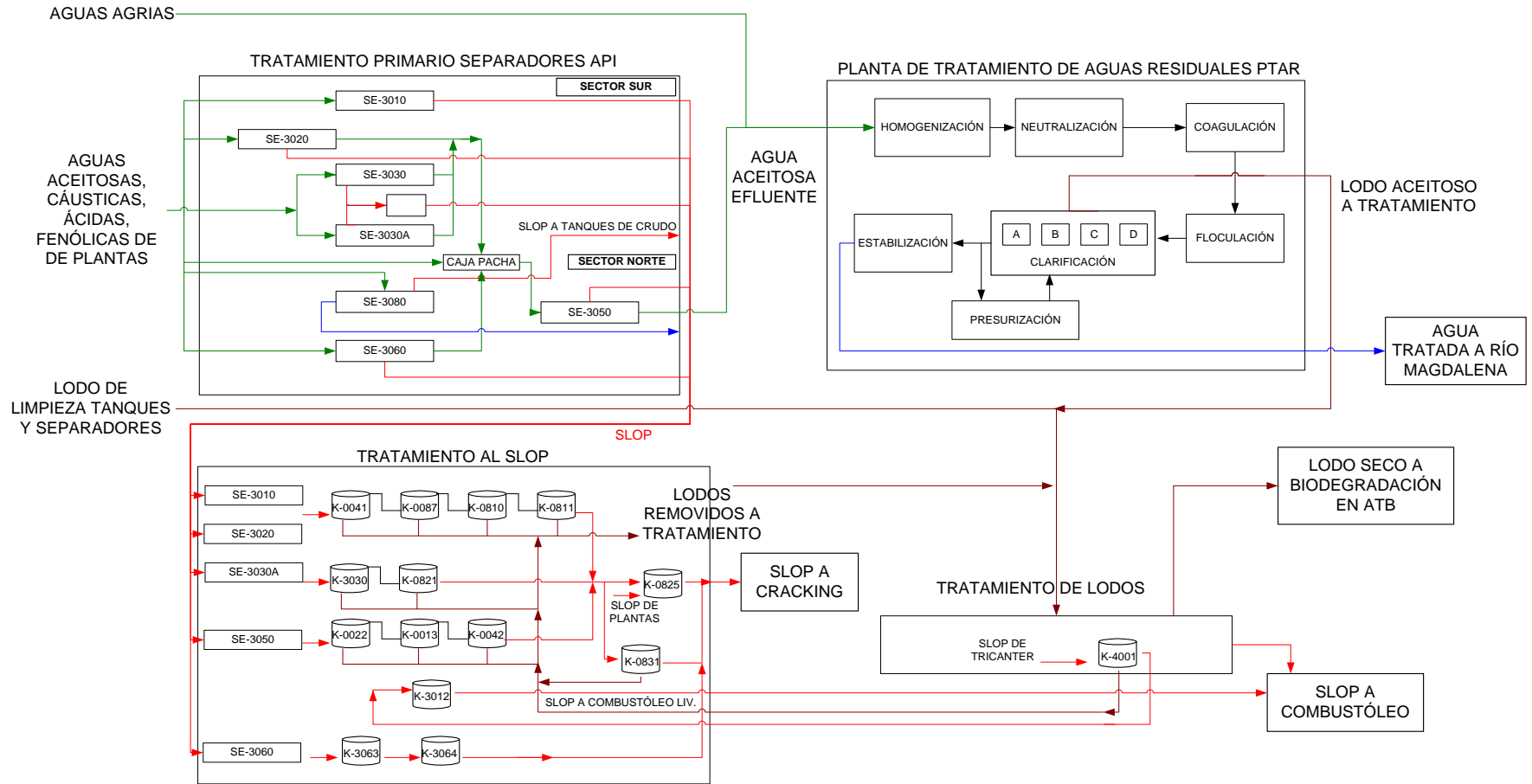
## 2.6 PROCESO

La unidad tiene una operación estable, sus modos de operar no implican cambios significativos para el tratamiento de las aguas en los Separadores API y en PTAR. Sólo se presentan modos operativos en la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC).

En la Figura 9 se muestra el diagrama general del proceso de operación del área Ambiental.

Figura 9. Diagrama general tratamiento primario y PTAR

### DIAGRAMA GENERAL TRATAMIENTO PRIMARIO Y PTAR



Fuente:

Departamento

GIRO.

GRB

-

ECOPETROL

## **2.6.1 Modos Operativos Diapac**

Los Modos Operativos de la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC) describen las posibilidades de operación de la instalación.

**2.6.1.1 Operación normal con flujo nominal.** En esta condición de operación una sola bomba es suficiente para enviar el afluente a los tanques de DIAPAC (bomba P-3066A con capacidad de 220 GPM). La bomba se detiene en bajo nivel por un interruptor de nivel para prevenir que funcione en seco. El ciclo de operación es como sigue:

- Admisión de agua cruda
- Aireación en presencia de lodos activados
- Transferencia a la segunda cámara y clarificación
- Evacuación del efluente
- Parada total antes del ciclo inverso

Durante la operación automática, los tanques funcionan como aireadores o clarificadores; los periodos de operación varían en longitud dependiendo del ajuste de los tiempos de aireación-decantación y el tiempo de oxidación. Es recomendable ajustar los tiempos de la DIAPAC para ciclos completos de 8 horas por tanque (correspondiente a una duración de 8 horas entre la transferencia de un tanque a otro por la inversión de las válvulas de entrada y salida de agua).

Dividiendo las 24 horas del día en ciclos pares, la afluencia de cargas máximas ocurre un día en un tanque y el siguiente en el segundo tanque. Al mismo tiempo cada día, la producción de lodos en cada unidad se equilibra automáticamente. Los ciclos de menos de 8 horas (5 horas por ejemplo) son

necesarios si se trabaja con aguas fermentadas o podridas o si el clima es extremadamente caliente. La experiencia actual ha demostrado que tales casos son poco frecuentes.

#### **2.6.1.2 Operación selector en modo normal.**

Los tanques tienen un período de actividad de 5 horas durante los cuales airean continuamente durante 21 minutos y descansan 9 minutos. Al cabo de este periodo los dos tanques entran en proceso de decantación por 1 hora hasta completar las 6 horas totales del ciclo. Durante ese tiempo se hace la inversión del ciclo, es decir, el tanque que estaba en actividad pasa a reposo y el que estaba en reposo inicia el ciclo de aireación (21 minutos) y decantación (9 minutos).

**2.6.1.3 Operación selector en modo mantenimiento.:** Esta posición se escoge por trabajos de mantenimiento en cualquiera de los tanques. El ciclo de aireación-decantación para tratamiento del agua debe cumplirse en un solo tanque y depende del flujo de agua que le llegue. Permanece activo durante 6 horas y descarga al río cuando finalice el ciclo. Estos periodos suspenden automáticamente si se presenta un alto nivel en la fosa del DIAPAC, sin importar si los tanques están en periodo de reposo o en periodo activo (21 minutos aireando y 9 minutos decantando).

#### **2.6.2 Descripción General De Proceso**

Las unidades de Tratamiento de la Unidad PTAR Ambiental adecuan las corrientes líquidas residuales y sanitarias de la GCB, para ser convertidas en efluentes tratados con bajos niveles de contaminantes.

Tratamiento Primario describe el tratamiento primario de los residuos líquidos aceitosos. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) presenta el

proceso general de purificación del efluente residual industrial. Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC) presenta el proceso general de purificación del efluente residual de tipo doméstico.

#### **2.6.2.1 Parámetros de control de la planta.**

- Sólidos suspendidos: 25 ppm
- Sólidos totales: 600 ppm
- Sulfuros como H<sub>2</sub>S: 1 ppm
- Mercaptanos: 1 ppm
- PH: 6,5 – 8,5 unidades
- D.B.O.: 150 ppm
- D.Q.O.: 200 ppm
- Nitrogeno amoniacal 0,1 ppm
- Fenol: 0,2 ppm
- Turbiedad: Máximo 20 NTU
- Hidrocarburos totales < 10 ppm
- Oxígeno disuelto: 5 ppm

**2.6.2.2 Tratamiento primario.** Esta sección se enfoca en la descripción general del tratamiento primario del afluente, en los Separadores API.

Con el tratamiento primario en los separadores API se remueven hidrocarburos e impurezas del flujo, se proporcionan el tiempo de retención y las condiciones de flujo necesarias para la sedimentación y flotación de las impurezas, y se eliminan los productos de la sedimentación y flotación mediante limpieza programada.

- **Separadores API:** Describe el proceso general de separación física por gravedad de la interface agua-hidrocarburo y presenta el recorrido del agua aceitosa a través del separador. Tanques de Tratamiento del Slop explica el proceso físico térmico de separación y rompimiento de la emulsión agua-lodo-hidrocarburo que ocurre dentro del tanque.

El proceso de separación física agua-hidrocarburo ocurre de la misma forma en cualquiera de los separadores API de la GCB.

La descripción general del tratamiento incluye el recorrido del flujo de agua residual aceitosa dentro de las estructuras del separador. El capítulo 4 contiene una descripción más detallada de cada una de las partes que constituyen un Separador API.

El afluente líquido entra por el extremo del separador a la pre-cámara. De ahí, el afluente pasa por una sección un poco más ancha que se encarga de distribuir el flujo a la cámara de separación (bahía de acceso).

El flujo que entra de la bahía de acceso hacia el separador se distribuye a través de las compuertas. Después de que el agua aceitosa pasa por las compuertas de acceso, fluye a través de los tubos deflectores. Desde los tubos deflectores hasta el vertedero efluente se localizan las cámaras separadoras. El aceite separado y los sólidos depositados son removidos del separador por los raspadores de aceite y lodos.

Un baffle de retención de aceite actúa como mecanismo de represamiento, formando una capa lo suficientemente gruesa de aceite que es removida fácilmente por el desnatador. La capa de aceite removida por el desnatador pasa a la caja colectora de slop, desde la cual se envía el aceite recolectado a tanques de tratamiento.

Desde el sistema para contención de lodos al final del canal de entrada, se bombean los lodos hacia su sitio final de disposición. El agua tratada pasa al vertedero efluente y desde allí se envía a la PTAR.

- **Tanques de tratamiento del slop:** El slop recuperado va a los Tanques de Tratamiento de Slop y después del respectivo tratamiento (tanque colchón y temperatura), se bombea por la línea de slop de la refinería. Dependiendo de las pruebas realizadas al slop en el laboratorio, éste se bombea como carga a las URCs, se retorna como combustóleo o va para reproceso.
- **Tanque colchón y temperatura:** Estos tanques se denominan trenes de calentamiento; en éstos se le realiza un lavado al hidrocarburo recuperado (slop). El slop, recogido por las flautas en las cajas de los separadores es bombeado al tanque de tratamiento. Este tanque tiene un colchón de agua del 30% de su volumen, que sirve como filtro natural reteniendo sólidos en suspensión y metales; la temperatura en el tanque es controlada por una válvula.

Al suministrarle temperatura a las moléculas, éstas se excitan y rompen fácilmente la emulsión del hidrocarburo y el agua. Por diferencia de densidades, el agua va al fondo y el hidrocarburo arriba. Este tanque tiene rebose en la parte superior, que le permite al slop con menor contenido de agua pasar a la segunda fase del tratamiento físico-térmico. El tratamiento físico-térmico se realiza en 12 horas, al igual que el proceso de decantación (12 horas). El exceso de agua en los tanques se elimina por medio de una pierna barométrica (sistema sifón) al pre cámara del separador correspondiente.

### **2.6.3 Planta de tratamiento de aguas residuales “PTAR”.**

En la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), se realiza la purificación de una mezcla de flujos. La mezcla se compone de los efluentes de Separadores API, las aguas residuales de la Unidad de Balance, los drenajes del cuarto de químicos, y las aguas que se recirculan del proceso.

#### **2.6.3.1 Homogenización:** Describe el proceso de mezcla del afluente.

Neutralización explica el proceso de adecuación de pH. Flotación-Clarificación trata los procesos de coagulación, floculación y flotación, importantes para la clarificación del flujo. Tratamiento de Lodos explica brevemente el proceso que se le realiza a los lodos de flotación. Estabilización aborda los procesos de estabilización biológica y aireación natural del agua.

La homogenización se realiza en la Piscina de Carga BA-4001. Allí, los flujos afluentes a PTAR se mezclan formando una solución con las mismas características Físico- químicas en toda su extensión. Esto evita la estratificación y disminuye el impacto de la variación de pH del agua de carga (Ver Figura 10).

Figura 10. Homogenización.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

**2.6.3.2 Neutralización:** El proceso se realiza en la Piscina de Neutralización BA-4002. En este proceso, el pH del flujo se lleva a un valor puntual. La neutralización se realiza adicionando  $H_2SO_4$  o  $CO_2$ . En esta piscina la carga sufre una agitación con aire, inyectado por la parte más baja de la estructura. El aire se envía por medio de cuatro Sopladores en línea C-4002 A-D (Ver Figura 11).

Figura 11. Neutralización



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

2.6.3.2.1 **Flotación – clarificación:** El efluente de la Piscina de Neutralización BA-4002, se envía por gravedad y mediante un sistema de compuertas móviles a cuatro Trenes de Flotación-Clarificación (Ver Figura 12).

Figura 12. Trenes de flotación.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPELROL

- **Cámara de Coagulación BA-4003A-D:** La Cámara de Coagulación, (mezcla rápida) BA-4003A-D está equipada con un Agitador Directo AG-4003A-D. En ésta cámara se inyecta coagulante al flujo con el propósito de reunir y precipitar los sólidos suspendidos y la materia coloidal presentes en el agua (formación de coágulos, Ver Figura 13).

Figura 13. Coagulación.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

- **Cámara de Floculación BA-4004A-D.:** La Cámara de Floculación BA-4004A-D es consecutiva a la cámara de coagulación. La Cámara BA-4004A-D está equipada con un Agitador de ajuste manual de velocidad AG-4004A-D. En esta cámara se inyecta al flujo un floculante, permitiendo su contacto íntimo con los coágulos formados y facilitando la formación de flocs. (Ver Figura 14).

Figura 14. Flocculación.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

- **Tanque de Flotación BA-4005A-D.**

El Tanque de Flotación BA-4005A-D es una estructura que recibe por el fondo el flujo proveniente de las BA-4004A-D. El Tanque de Flotación posee un Raspador Rotatorio MX-4005A-D, de velocidad ajustable y tiempo programable, para retirar tanto el lodo que flota en la superficie del líquido como el que se deposita en el fondo de la estructura (Ver Figura 15).

Figura 15. Flotación.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPELROL

- **Cámara de Espesamiento Compartida BA-4006A/B:** En la Cámara de Espesamiento Compartida de Lodos BA-4006A/B, se depositan lodos provenientes, tanto de la superficie como del fondo, del Tanque de Flotación BA-4005A-D.
- **Columna de Equilibrio Compartida BA-4007A/B:** La Columna de Equilibrio Compartida BA-4007A/B, recibe los efluentes clarificados del BA-4005A-D. Aproximadamente un 65% de éstos se envían por gravedad a la Piscina de Retención BA-4008. Un 25% se recircula por las Bombas de Presurización P-4003A-C a los Drums de Presurización D-4001A-C. El 10% restante se envía a los Sótanos BA-4014A/B, desde los cuales se bombea a la Piscina de Carga BA-4001 para dar mayor dilución al flujo carga.

- **Drums de Presurización D-4001A-C:** Hay un Drum de Presurización D-4001A-C por cada par de Tanques de Flotación, conservándose un Drum (D-4001B) como relevo. En los D-4001A-C se mantiene un nivel constante de líquido por medio de una válvula de control gobernada por indicadores de nivel.

El agua presurizada fluye de nuevo hacia la base de los Tanques de Flotación BA-4005A-D, donde se une con el agua cruda que llega, por gravedad, desde las Cámaras de Floculación BA-4004A-D. El objetivo es agilizar la separación de los flocs; ya que mediante la formación de micro burbujas se reduce la densidad aparente de los sólidos suspendidos en el agua facilitando la flotación.

- **Tratamiento de Lodos:** El lodo de flotación, recobrado desde las Cámaras de Espesamiento BA-4006A/B mediante las Bombas de Lodo P-4004A/R/S/D/T/U, sigue el siguiente proceso:

El lodo se envía a una Cámara de Des aireación BA-4011, en la cual se homogeniza por medio de un Agitador AG-4011. Con la introducción de vapor por atomización, se le rompe la emulsión con el hidrocarburo y se le aumenta su densidad aparente al desalojarse el aire disuelto.

- **Espesador Mecánico BA-4012:** El lodo acondicionado fluye hacia el Espesador Mecánico BA-4012, con el objeto de facilitar la separación líquido-sólido y obtener la concentración óptima de lodo para el proceso siguiente de centrifugación. Una vez concentrado, el lodo se evacua desde el fondo del espesador BA-4012 hasta las Centrífugas Continuas.
- **Centrífugas Continuas:** En las Centrífugas Continuas se reduce la humedad de los lodos haciendo uso de la fuerza centrífuga. El proceso consiste en separar, en un corto tiempo, la fase líquida presente en los lodos espesados. El

lodo, ya centrifugado, se transfiere al Área de Tratamiento Biológico ATB. El líquido sobrenadante del Espesador Mecánico BA-4012 y la fase acuosa de retorno de las Centrifugas se envían al Pozo de Recobro de Aceite BA-4013. El aceite allí segregado se bombea a los Tanques de Tratamiento de Slop o va directamente a Combustóleo.

**2.6.3.3 Estabilización:** Los efluentes clarificados en los Trenes de Flotación-Clarificación se envían, por gravedad, desde las Columnas de Equilibrio BA-4007A/B hacia el Área de Estabilización conformada por la Piscina de Retención BA-4008, Piscinas de Estabilización BA-4009A/B y Pozo de Succión BA-4010 (Ver Figura 16).

Figura 16. Tratamiento biológico de fenoles.



Fuente: Departamento GIRO. GRB – ECOPEPETROL

El efluente llega en primer lugar a la Piscina de Retención BA-4008, en donde se estabiliza. Desde allí se evacua a las Piscinas de Estabilización BA-4009A/B, en donde se efectúa una biodegradación de fenoles (degradación del hidrocarburo soluble) por medio de la foto-oxidación. Finalmente el efluente pasa al Pozo de

Succión BA-4010, en donde es tomado para descargarse al Río Magdalena o al Distrito de Oleoductos DOL.

#### **2.6.4 Planta de tratamiento de aguas sanitarias “DIAPAC”**

En la Planta de Tratamiento de Aguas Sanitarias (DIAPAC) se realiza el tratamiento de las aguas negras y las aguas lluvias de la GCB. La base del tratamiento es la Aireación Extendida. Esta sección describe el tratamiento directo de las aguas por medio de lodos activados con un bajo factor de carga. La DIAPAC consiste de dos Tanques de Aireación-Clarificación BA-3063A/B, precedidos por el Foso de distribución de agua cruda. Los BA-3063A/B y el Foso están conectados por las Bombas Sumergibles P-3066A/B y P-3067A/B las cuales están protegidas en ambos lados por un tabique de fondo abierto.

El afluyente entra al Tanque BA-3063A, funcionando como unidad de aireación. A través de una tubería de intercomunicación, el agua aireada fluye hacia el Tanque BA-3063B, que funciona como unidad de sedimentación. La clarificación comienza normalmente tan pronto como entra el agua al BA-3063B, gracias a la división de fondo abierto que dirige el afluyente hacia el fondo del tanque. El afluyente tratado es colectado en la superficie por el extremo opuesto del tanque, debido a la división de fondo abierto. En esta zona, gracias al área superficial y al volumen del tanque, el efluente superficial se encuentra debidamente clarificado al momento de ser evacuado. Los lodos se concentran en el fondo del tanque y son retirados cuando se alcanza el nivel recomendado. El mismo proceso ocurrirá en la dirección contraria cuando, después del ciclo inverso, el afluyente entre primero al Tanque BA-3063B.

## **2.7 CRITICIDAD DE EQUIPOS.**

El mejoramiento de la confiabilidad operacional, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado. La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad

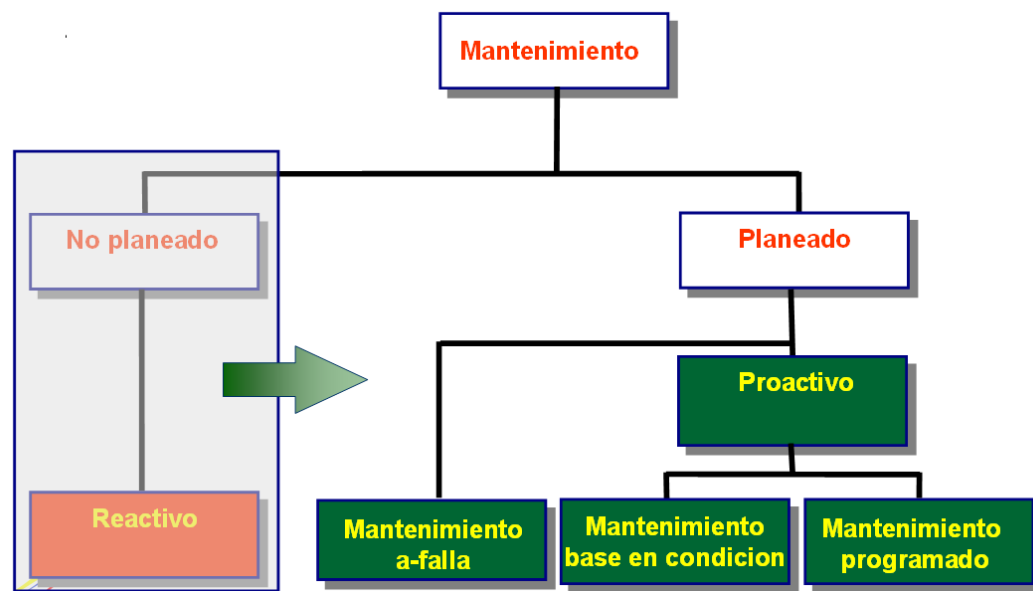
### **2.7.1 Definiciones importantes.**

**2.7.1.1 Análisis de Criticidad:** Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

**2.7.1.2** Confiabilidad: Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

**2.7.1.3 Confiabilidad Mantenimiento:** Es la capacidad de una instalación o de los sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir la función de mantenimiento dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto específico. En la Figura 16, se nombra las dos opciones que se tienen para realizar mantenimiento a los equipos.

Figura 17. Opciones del mantenimiento.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad de mantenimiento, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, disponibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos (Ver Figura 18).

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la figura 18, afectará el comportamiento global del mantenimiento de un determinado sistema.

Figura 18. Parámetros de la confiabilidad del mantenimiento.



Fuente: Departamento GIRO. GRB – ECOPEPETROL

- **Jerarquía de Activos:** Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos. La figura 19 muestra el estilo de agrupación típica de una instalación, donde se observa que la jerarquía de los activos la constituyen grupos consecutivos.

Figura 19. Agrupaciones y jerarquía de las plantas.

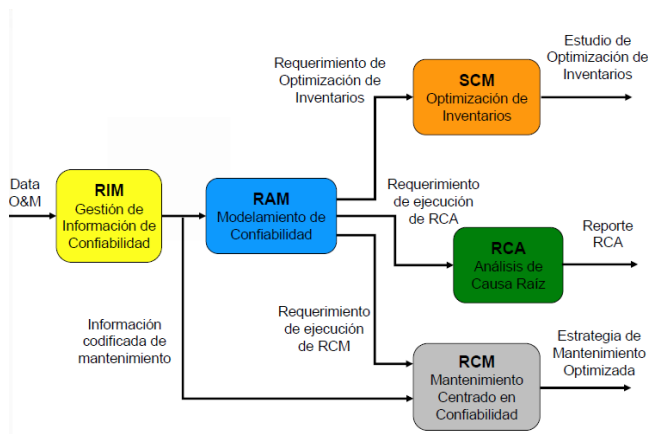


Fuente: Departamento GIRO. GRB – ECOPETROL

Una planta compleja tiene asociada muchas unidades de proceso, y cada unidad de proceso podría contar con muchos sistemas, al tiempo que cada sistema tendría varios paquetes de equipos, y así sucesivamente. A medida que descendamos por la jerarquía, crecerá el número de elementos a ser considerados.

En la Figura 20 se observan diferentes métodos de mantenimiento, organizados en un modelo analítico.

Figura 20. Modelo analítico del mantenimiento.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

## **2.8 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD “RCM”.**

El mundo del mantenimiento es un mundo cambiante, como resultado de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas. Además explica cómo estos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función mantenimiento.

A pesar de ser nuevo en la industria en general, el RCM ha venido siendo aplicado hace aproximadamente 30 años en la que es probablemente el área más exigente del mantenimiento, la aviación civil. Se deduce que ha sido puesto a prueba y refinado en éste campo, más que ninguna otra técnica existente.

RCM es un modelo desarrollado con el fin de ayudar a determinar las mejores políticas para asegurar el cumplimiento de las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. El objetivo del RCM es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de las actividades necesarias para aumentar la confiabilidad de los equipos para establecer la criticidad de los equipos según operación y fallas (Ver Figura 21).

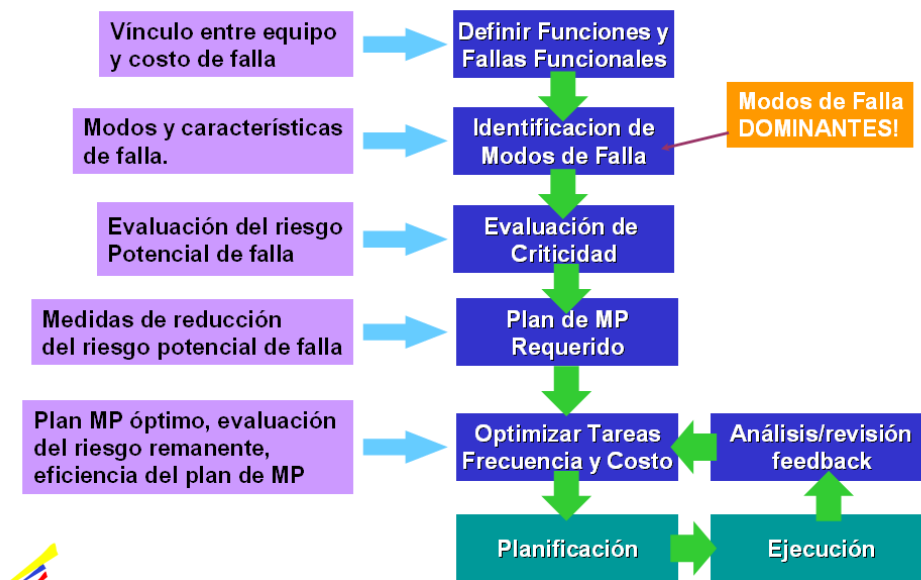
Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar
- Frecuencia de falla
- Criterios de Evaluación

Figura 21. Modelo del RCM.



Fuente: Departamento GIRO. GRB - ECOPETROL

### 2.8.1 El Nacimiento Del “RCM”: 1960 Hasta 1980

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. De éstos procesos, el RCM es el más efectivo.

A mediados de 1970, el gobierno de los Estados Unidos de América quiso saber más acerca de la filosofía moderna en materia de mantenimiento de aeronaves. Solicitaron un reporte sobre esta industria aérea. Dicho reporte fue escrito por Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines. Ellos lo titularon “RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE” (MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD), fue publicado en 1978, y aún sigue siendo uno de los documentos más importantes en la historia del manejo de los activos físicos. Está disponible en el Servicio de Información Técnica Nacional del Gobierno de los Estados Unidos de América, en Springfield, Virginia.

Este reporte fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los Estados Unidos de América, un proceso que produjo inicialmente el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1, Manual: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970: MSG-2 Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por Prohibida su reproducción Todos los derechos de Aladon LTD 3 la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los EEUU).

### **2.8.2 Premisas del RCM:**

- Los equipos auxiliares o stand-by deben estar disponibles y probados
- No se analizan fallas múltiples.
- Los repuestos esenciales para mantenimiento deben estar disponibles en bodega.
- Las fallas en la ejecución de procedimientos de mantenimiento, montaje, operación, inadecuada especificación o selección de equipos no son tenidas en cuenta en el análisis de RCM.
- RCM no analiza problemas de integridad mecánica (RBI). Los sistemas de salvaguarda la metodología apropiada es IPF.

- El escenario crítico para cada modo de falla es con base en “cero” mantenimiento.
- Se busca aumentar confiabilidad y la disminución de costos de mantenimiento.

### **2.8.3 Siete Preguntas Básicas del RCM.**

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno.

El estándar SAE JA-1011 presenta los criterios que pueden ser usados para evaluar procesos de desarrollo de programas de mantenimiento y determinar si son procesos de RCM.

Más adelante RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

1. Cuáles son las funciones y estándares deseados de desempeño de los equipos en su contexto operativo?
2. De qué forma puede fallar para cumplir con sus funciones?
3. Qué causa que falle funcional?
4. Qué sucede cuando falla?
5. Qué ocurre si falla?
6. Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
7. Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

RCM se enfoca en identificar lo que se debe hacer para garantizar las funciones del sistema en forma segura, rentable, confiable. Por lo tanto, el primer paso en el proceso RCM es identificar claramente las funciones del activo desde el punto de vista del usuario.

El RCM pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas y lo hace de esta manera:

- Integra una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspectos de seguridad y amenazas al medio ambiente. Esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Mantiene la atención en las actividades de mantenimiento que más incidencia tienen en el desempeño o funcionamiento de las instalaciones. Esto garantiza que cada peso gastado en mantenimiento se gasta donde más beneficio va a generar.

#### **2.8.4 Funciones y sus estándares de funcionamiento.**

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los

equipos en su contexto operacional. Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible.

## **2.8.5 Los Beneficios A Conseguir Por RCM**

¿Qué puede lograr el RCM?

El RCM2 ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

### **2.8.5.1 Mayor seguridad y protección del entorno:**

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos componentes de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones “a falta de” que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas sistemáticas apropiadas.
- Menos fallas causados por un mantenimiento innecesario.

### **2.8.5.2 Mejores rendimientos operativos:**

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.

- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de “desgaste de inicio” después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallas inherentes a ellos.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta.

#### **2.8.5.3 Mayor Control de los costos del mantenimiento:**

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de las fallas)
- La prevención o eliminación de las fallas,.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva
- Menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de las plantas
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición (“condition monitoring”)
- Además de la mayoría de la lista de puntos que se dan más arriba bajo el título de “Mejores rendimientos operativos”.

#### **2.8.5.4 Más larga vida útil de los equipos.**

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.
- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos
- Conduce a la realización de planos y manuales más exactos
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno o una nueva tecnología) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

**1.4.5.5. Mayor motivación de las personas:** Especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión, tiene a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un “compartir” más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

**1.4.5.6 Mejor trabajo de grupo:** La motivación por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones, mejora la comunicación y la cooperación entre:

- Las áreas: Producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: los gerentes los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.

Muchas compañías que han usado ambos sistemas de mantenimiento han encontrado que el RCM les permite conseguir mucho más en el campo de la formación de equipos que en la de los círculos de calidad, especialmente en las plantas de alta tecnología.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y muchos ya son la meta de los programas de mejora. Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos

### **2.8.6 Aplicación Del Proceso RCM**

RCM no es una palabra casera del estilo hágalo usted mismo y aunque algunos académicos, algunos amigos del esquema “préstamo de análisis realizados”, también los de la “descarga de casos realizados de Internet” o “ los amigos de las copias” dicen a veces con ligereza y cierto grado de irresponsabilidad que ellos lo pueden todo sin ayuda. En los foros, congresos y conferencias hay un reconocimiento de que RCM debe ser aprendido y practicado para lograr habilidad y ganar los beneficios que pueden ser obtenidos. La implementación del RCM implica:

- Selección de un equipo de practicantes o analistas motivados.
- Capacitación en RCM:
  - Enseñanza a otros interesados en la operación en el mantenimiento lo que el RCM puede lograr para ellos.
  - Selección de un proyecto piloto para optimizar la confiabilidad del equipo.

- Extensión del proceso a otras áreas de la empresa.

En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas las siete preguntas por sí mismos. Muchas de las respuestas sólo pueden proporcionarlas los operadores. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo que incluya operadores y mantenedores. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando. Cada miembro del grupo deberá también haber sido entrenado en RCM.

El equipo debe ser multidisciplinario, y ser capaz de recibir conocimiento de los especialistas en la materia cuando sea requerido. El uso de estos grupos no sólo permite el acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

Los grupos de análisis de RCM trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado, que se conoce como un facilitador, y que es el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Son los “campeones” del entusiasmo y claves en el éxito.

### **2.8.7 Facilitadores.**

Cuando se trata de mejorar los resultados de una compañía saber qué hacer es sólo la mitad de la batalla, también es necesario ser capaz de guiar a las otras personas que serán afectadas.

La administración está basada en tareas e incluye planeación, elaboración de presupuesto, solución de problemas y muchas otras cosas que se deben hacer rutinariamente. El liderazgo requiere que se pueda inspirar a otros a que hagan bien su trabajo.

Ser líder en un proyecto de RCM no es fácil en la medida que haya hábitos reactivos, planeación deficiente, carencia de respeto por el mantenimiento, errores pasados en proyectos anteriores, carencia de entendimiento administrativo y de apoyo administrativo y la financiación no adecuada.

Pero si el facilitador asocia la inspiración con las capacidades en materia de liderazgo, crea un sólido plan a largo plazo con un caso empresarial válido. Los líderes no permiten que los obstáculos les bloqueen el camino a medida que ellos hacen progresos hacia el objetivo fijado, aun si esos obstáculos incluyen las personas que ostentan el poder y aquellos que tienen el control administrativo. Los grandes líderes encuentran el camino para influenciar a las personas, no solo aquellos a quienes ellos controlan sino a aquellos para quienes ellos trabajan. Por eso algunos errores comunes son:

- Número inadecuado de Facilitadores.
- Facilitadores que son obligados a desempeñar su rol y no porque lo desean
- Facilitadores que ven el proceso RCM como algo más que debe hacerse sacrificando las labores “realmente importantes”
- Darse por vencido antes de completar la implementación.

- Errores continuados en el proceso de análisis por falta de experiencia y falta de seguimiento.
- La mala composición del grupo de análisis.

### **2.8.8 Control Del Proceso RCM**

Mejorar la confiabilidad, seguridad, rentabilidad y la disponibilidad será el resultado de estos esfuerzos con sus grandes ventajas y beneficios para las organizaciones. Revisar un plan de mantenimiento con un enfoque RCM no es una opción fácilmente desechable para un administrador responsable, de no hacerlo arriesga pasar por alto muchas cosas que pueden ser críticas y que son significantes en materia de la seguridad o ambiente.

Para aplicar RCM hay que invertir en formación, entrenamiento, consultoría y el tiempo del personal.

Para obtener y mantener soportes con datos administrativos y técnicos para el RCM, un programa de medición de resultados y documentación debe establecer indicadores de desempeño apropiados.

Las mediciones tienen muchas ventajas; se educa al personal que va a participar en los equipos de análisis RCM en lo que tiene que ver con las expectativas que todos en común tienen con relación a dicho esfuerzo.

Se mantiene informado a los promotores, gerentes de proyecto y supervisores de la cantidad de esfuerzo requerido en un análisis RCM completo. Finalmente sirve Como una base para evaluar el avance a medida que el análisis RCM prosigue.

### **2.8.9 Proceso Del RCM.**

Medir los resultados del esfuerzo de la empresa y el equipo interno de análisis, con el fin de evaluar el consumo y uso de los recursos, facilitar el aprendizaje y optimizar los análisis posteriores. Permite ubicar el caso de análisis en la compañía, además es necesario revisar el consumo de horas tanto calendario como del personal involucrado así:

Horas hombre y/o calendario en: Elaboración de contextos, recopilación de información y definición de funciones; en definición de Tareas; en consultoría, asesoría y auditorías y en reuniones administrativas No menos importante es el conocimiento del costo de proceso, con el fin de hacer el balance del costo y del beneficio, elemento esto que no es el objetivo único de RCM, pero que le agrada y reconforta a algunas administraciones.

Costo de formación en cursos básicos para analistas y facilitadores; costo del personal en el análisis; costo de suministros para apoyar el análisis y costo de Consultoría

### **2.8.10 Resultados:**

El objetivo es medir el grado de aceptación e impacto del nuevo enfoque en las tareas de mantenimiento y entender los hallazgos del análisis, lo primero es analizar qué tipo de consecuencias se hallaron:

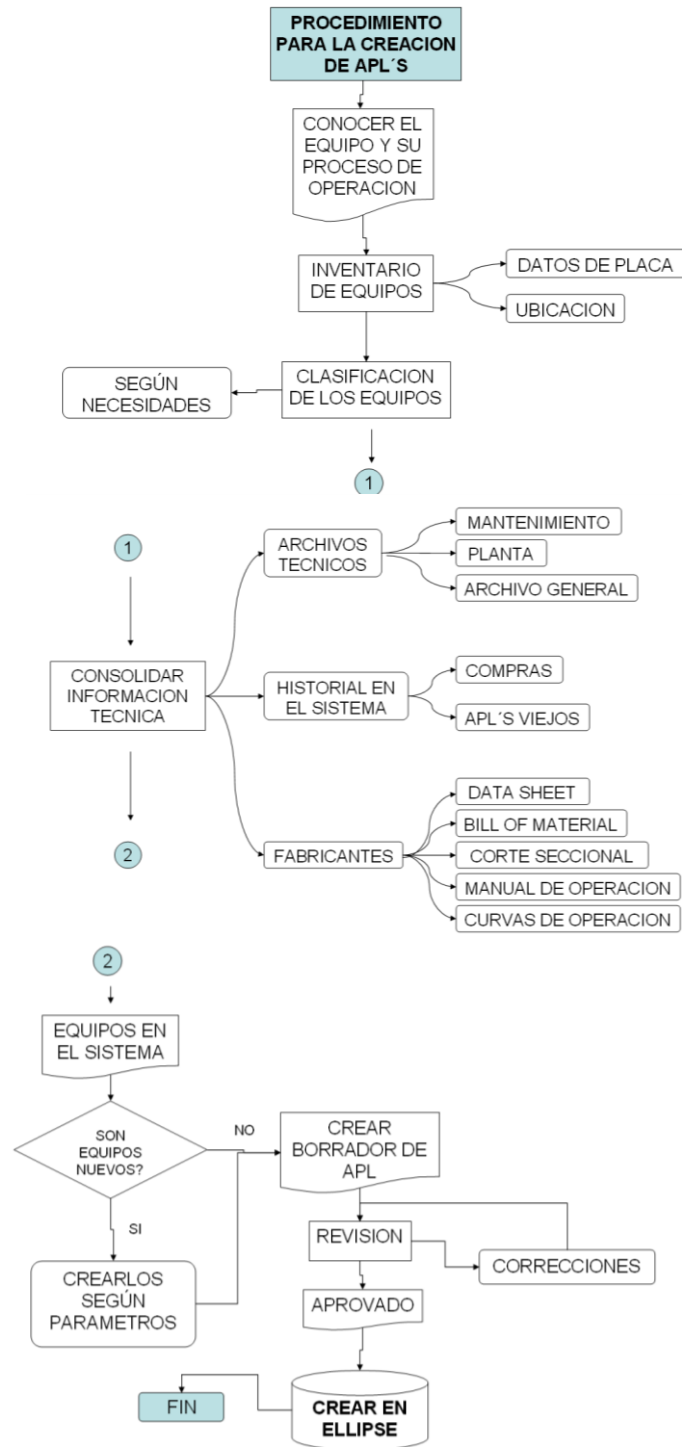
Este escenario de análisis ayuda a entender cuál es el real impacto de las fallas del activo o sistema fruto del trabajo RCM; igualmente importante es evaluar el tipo de tareas encontradas Se sigue, con la evaluación de cómo fue afectado el plan de mantenimiento con respecto a la aplicación de las anteriores estrategias:

Tareas que incrementaron y disminuyeron frecuencia; tareas que no cambiaron, se desecharon y adicionaron.

## **2.9 PROCESO A DESARROLLAR EN LA CREACION DE LOS APL'S PARA LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL**

El procedimiento que se debe desarrollara para la creación de APL's confiables se ve esquematizado a continuación en la figura 21:

FIG. 21: Proceso para crear APL'S



### **2.9.1 Descripción del proceso.**

El proceso que se desarrolló para lograr la creación de los APL's se mencionara brevemente a continuación:

**2.9.1.1 Identificación de datos de placa:** Se trata de identificar en campo diferentes datos de las placas puestas en cada una de los equipos instalados y en operación en la planta. La función principal de este paso es saber las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos, ya que se debe tener muy claro estas especificaciones para poder realizar un desarrollo de APL'S confiable. Teniendo esta información se puede pedir cualquier soporte a los fabricantes y a los técnicos de mantenimiento.

**2.9.1.2 Clasificación de los equipos por criticidad:** Este paso consiste en reclasificar los equipos para tener un orden al momento de realizar los APL's. esta reclasificación se basa de los equipos críticos definidos por el RCM implementado en la planta, y de los equipos que se repararan según el plan de mantenimiento de 2011 y 2010.

Con este proceso se les dará un criterio o una secuencia de importancia a los equipos al momento de realizar los APL's según la importancia que tienen los APL's.

**2.9.1.3 Contactar a fabricantes o representantes y al archivo técnico:** Después de tener los datos de placa de los equipos a realizar APL's procedemos a contactar a los fabricantes, para solicitar por medio de ellos los listados de partes y el corte seccional de los equipos. Otro lugar en donde se encuentra información son los archivos técnicos de la GRB, lugares donde actualmente se encuentra asegurada gran parte de información de los equipos que operan en Refinería.

Como se menciona anteriormente el objetivo principal de este paso es la recolección de la información básica del equipo, tales como Bill of material, Manual de operaciones, Curvas de operación, Data sheet, etc.

**2.9.1.4 Digitalizar la información:** Este paso consiste en digitalizar o garantizar toda la información del listado de partes es un archivo digital ya sea de Excel o word, para poder trabajar en él de diferentes maneras.

**2.9.1.5 Recopilar información histórica:** Recopilar y asegurar toda la información histórica de cada uno de los equipos al que se le va a realizar el APL's. Esta información consta de:

- **COMPRAS:** Se requiere asegurar la información de todas las compras de los equipos que se ha realizado como min en los últimos 5 años. Teniendo el listado de los repuestos comprados se hace un chek list seleccionando los repuestos principales, sacando arandelas y piezas que no correspondan a la parte rotativa.
- **APL's DE MANTENIMIENTO:** Actualmente en Ellipse existe mucha variedad de APL's asociados a los equipos rotativos, dichos APL's son los creados por el área de mantenimiento al momento de realizar diferentes reparaciones. Esta información es muy importante ya que son los repuesto que se piden para compras en reparaciones por los técnicos de mantenimiento, información muy valiosa para garantizar la confiabilidad de los APL's.
- **PIEZAS DE FABRICACION LOCAL:** ECOPETROL como empresa líder en la refinación del crudo a nivel nacional cuenta con talleres en donde se fabrican repuestos necesarios para sus reparaciones, repuestos que se

catalogan asignándole un código stock, estos repuestos también deben tenerse en cuenta para la realización de APL's de configuración, y así garantizar no solo la información confiable sino completa.

Es importante recopilar toda esta información para poder hacer un buen filtro en todo el proceso de creación de APL's, analizando pieza por pieza en compras y registros de mantenimiento y así garantizar la confiabilidad y completitud de estos, analizando toda la información histórica de los equipos.

**2.9.1.6 Realizar el borrador de los APL's:** Esta etapa es la más importante y largo de todo el proceso pues se debe revisar pieza a pieza del listado de partes mandado por el fabricante o representante, con el fin de consolidar todas las piezas que sean necesarias y apliquen en el listado de partes de cada equipo. Para garantizar un listado de partes confiable es necesario hacer un filtro revisando pieza por pieza toda la información histórica ya mencionada anteriormente.

Después de tener este listado de partes, se debe revisar en Ellipse pieza por pieza para verificar si estas piezas están catalogadas o no en la base de datos de ECOPEXROL con su respectivo código Stock.

**2.9.1.7 Creación de Facis para la catalogación:** Después de tener definido las piezas o repuestos que conforman un componente y de verificar cuales piezas ya tienen asignado un código Stock se debe generar un formato FACI para enviar a catalogación el listado de las piezas que necesitan catalogación para compras por equipo.

Este formato es enviado al departamento de materiales quienes realizan la labor de catalogación e inclusión en el distrito.

**2.9.1.8 Consolidación en Elipse:** Este es el último de todo el proceso de creación y actualización de APL's. Se trata de subir en el sistema ELLIPSE la información de los APL's para los equipos rotativos del área ambiental.

Para tener más detalle del proceso realizado en el sistema elipse ver capítulo 5 "PROCEDIMIENTOS".

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1 EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL DE LA GRB

La planta del área ambiental de la refinería de Barrancabermeja cuenta para su funcionamiento con ciento cuarenta (140) equipos rotativos entre compresores y bombas centrífugas, de desplazamiento positivo, de lubricación, de cavidad progresiva, compresores, sopladores, agitadores. Para su identificación en el sistema de la refinería se asignaron las siguientes siglas: las bombas “SP” (system pump), a los compresores “SC” (system compressor). En el sistema Ellipse se tiene una codificación especial a los equipos según operación, Ver tabla 13.

Tabla 13. Sigla de identificación de los equipos rotativos de la GRB.

MBTO	Bomba de tornillo
MTRA	Transmisor de potencia
MLUB	Lubricador
MAGI	Agitadores
MGTA	Acople
MSEL	Sello mecánico
EME	Motor eléctrico
MCLO	Compresor de lóbulos
MCDP	Compresor de desplazamiento positivo (pistón)
MCOT	Compresor aire tornillo
MBCE	Bomba centrífuga
MBTO	Bomba de tornillo
MBDP	Bomba de desplazamiento positivo
MTUV	Turbinas de vapor
MVEN	Ventilador

A continuación se explican algunos de los diferentes equipos que se encuentran en operación en el área ambiental:

### **3.1.1 Bombas Centrifugas.**

Un equipo de bombeo es un transformador de energía. Recibe energía mecánica y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad.

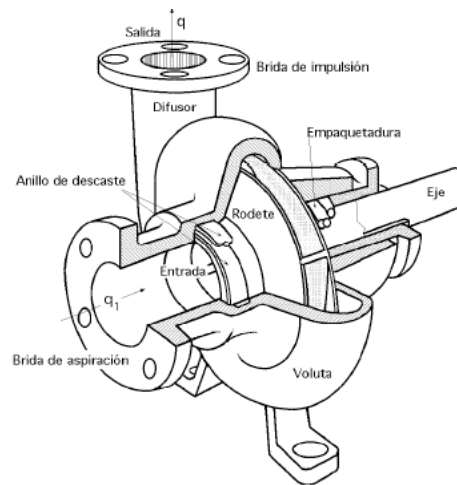
Las bombas centrífugas son máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico que consiste en mover un volumen de líquido entre dos niveles. Los elementos de que consta una instalación son:

- Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- El impulsor o rodete, formado por un conjunto de alabes que pueden adoptar diversas formas, según la misión a que vaya a ser destinada la bomba, el cual gira dentro de una carcasa circular. El rodete es accionado por un motor y va unido solidariamente al eje, siendo la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta la entrada del rodete, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), acelerándose y absorbiendo un trabajo.
- La voluta, es un órgano fijo que está dispuesta en forma de caracol alrededor del rodete, a su salida, de tal manera que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior, y va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión. Su misión es la de recoger el líquido que abandona el rodete a gran velocidad,

cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba.

- Una tubería de impulsión, instalada a la salida de la voluta, por la que el líquido es evacuado a la presión y velocidad creadas en la bomba (Ver Figura 22).

Figura 22. Bomba centrífuga: disposición, esquema y perspectiva



Fuente: Pedro Fernández Díez – Libro.

### 3.1.2 Bombas Sumergibles.

Estas bombas son muy utilizadas en todo el proceso ya que bombean altas fluidos a altas presiones, logrando un gran desplazamiento para los diferentes puntos de tratamiento.

Entre las bombas sumergibles se tienen 2 tipos: las bombas VIT, y las 3171.



envía radial mente por una tubería a 90 grados que también está sumergida (Ver Figura 24).

Figura 24. Bomba vertical tipo 3171 – Goulds.

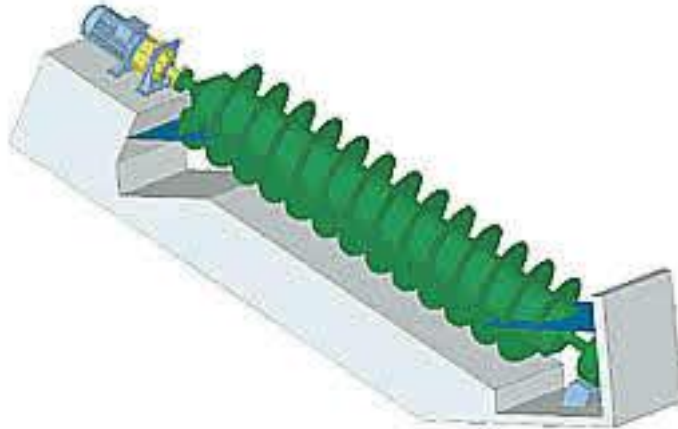


Fuente: ECOPETROL, Manual de bombas verticales Goulds.

### 3.1.2.3 Bombas de Tornillo.

Están constituidas por un tubo metálico sellado en sus extremos en donde se montan atornillados un par platos o adaptadores, en los cuales entran en forma precisa los rodamientos superior e inferior. Soldadas a lo largo del tubo se dispone en forma perpendicular una tira de lámina en forma de espiral del mismo material del tubo que forma la hélice del tornillo; Dicha hélice es la encargada de trasportar el producto de un nivel inferior a uno superior de descargue; Para impedir que el agua se regrese se utilizan una láminas conductoras de producto llamados Deflectores ubicada a un costado del tornillo dependiendo del sentido de giro del mismo, Ver Figura 25

Figura 25. Bomba de tornillo.



Fuente: ECOPETROL, Coordinación de Equipo Rotativo – Bombas de tornillo .

➤ **Ventajas de las bombas de tornillo**

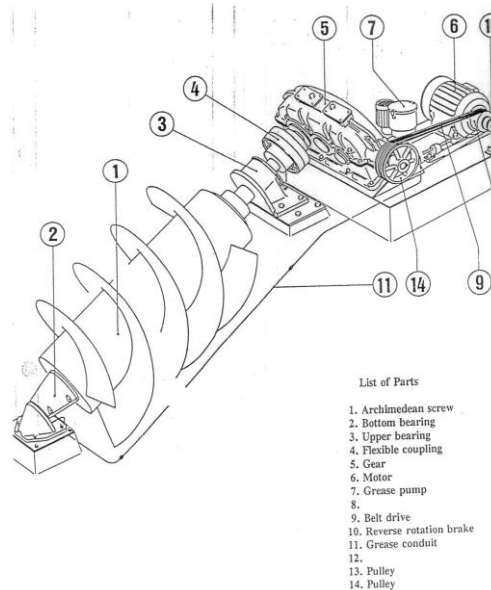
- Baja Velocidad, Sencillas y Resistentes
- Bombeo de aguas sin problemas con sólidos pesados y desechos flotadores
- Puede operar en vacío
- Tratamiento amigable de los procesos biológicos
- No es necesario cabeza de succión = NPSHr
- Constante alta eficiencia con una capacidad variable
- Minimas perdidas por accesorios
- Desgaste menor por abrasión lenta
- Fácil inspección de componentes
- No tiene sellos mecánico
- No requieren motores sumergidos

➤ **Desventajas de las bombas de tornillo.**

- Poca cabeza de entrega (caudal elevado)
- Presión de descarga atmosférica
- Gran tamaño y peso
- Toda la estructura debe ser rígida para conservar las holguras
- Por seguridad el tornillo debe estar cubierto.
- Construcciones civiles considerables

En la Figura 26 se observan las diferentes partes de la bomba de tornillo.

Figura 26. Partes de la bomba de tornillo.



Fuente: ECOPETROL, Manual de bombas de tornillo Spand Babcooc.

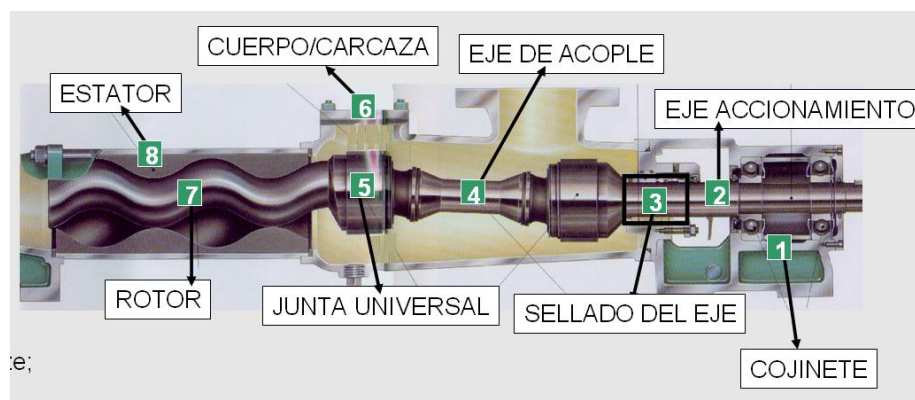
### 3.1.2.4 Bombas de cavidad progresiva.

#### ➤ Características:

- El componente llave del sistema de bombeo es el conjunto Rotor / Estator.
- El Rotor es un helicoide roscado de paso largo y núcleo angosto que gira en el interior del Estator el cual tiene un paso duplo en relación al Rotor.
- Mientras que el Rotor gire dentro del Estator se forman cavidades entre el Estator e el Rotor (movimiento excéntrico). Dichas cavidades avanzan de manera continuada produciendo el movimiento del fluido en el sentido axial-helicoidal.
- El producto bombeado conserva sus características físico/químicas antes y después de la bomba. El transporte ocurre sin agitación, aplazamiento o emulsiona miento del fluido y/o sólido. El flujo es continuo y proporcional a la velocidad de operación (rpm). Las emulsiones no son rotas debido a pequeña fricción entre las partes móviles de la bomba y el producto bombeado.

#### ➤ Componentes:

Figura 27. Partes de una bomba de cavidad progresiva.



Fuente: ECOPETROL, Manual de bombas de cavidad progresiva.

- Cojinete lo cual soporta la carga axial, lubricación con aceite;
- Ejes de accionamiento sólidos en acero inoxidable;
- Cámara de sellado a baja presión: sello mecánico o empaquetadura;
- Extra largo eje de acople en acero inoxidable;
- Tipo engranaje (K) o cruceta (Z), cerrada con lubricación propia;
- Cuerpo en hierro fundido o acero inoxidable;
- Materiales de rotores: SAE 1045, AISI-316 con o sin recubrimiento;
- Diversos materiales de estatores para manejo de crudo extra-pesado, pesado, mediano, liviano y para agua salada.

➤ **Ventajas de las bombas de cavidad progresiva:**

- -Diseño compacto y optimo desempeño;
- -Flujo de la bomba proporcional a la velocidad de rotación;
- -Transporte con dirección reversible;
- -Alta capacidad de succión y presión de descarga;
- -Flujo continuo independiente de presión y viscosidad;
- -Bajo NPSH requerido debido al esquema del estator con entrada cónica;
- -A prueba de fugas, equipada con sello mecánico;
- -Estator de reserva incorporado en la bomba;
- -Eje de acoplamiento flexible, libre de mantenimiento;
- -Economía en espacio. El motor se encuentra en la vertical;
- -Bajo costo de mantenimiento, fácil de trabajar.

En la Figura se observa el Sectional Drawing de este tipo de bomba.



Figura 30. Agitador operando en planta.



Fuente: ECOPETROL, Departamento del GIRO.

### **3.1.2.6 Bombas dosificadoras de membrana**

Las bombas dosificadoras de la Serie PULSA son bombas de desplazamiento positivo y movimiento alternativo, que combinan la elevada eficiencia de las bombas de pistón con una junta de membrana que elimina las fugas del producto transportado. La bomba consta de un lado en contacto con el medio y un lado de transmisión, separados entre sí por una membrana de accionamiento hidráulico. La apariencia de los distintos modelos varía en función del tipo de cabezal de

bombeo, los accesorios y la multiplexión. Sin embargo, el principio básico de funcionamiento es siempre el mismo

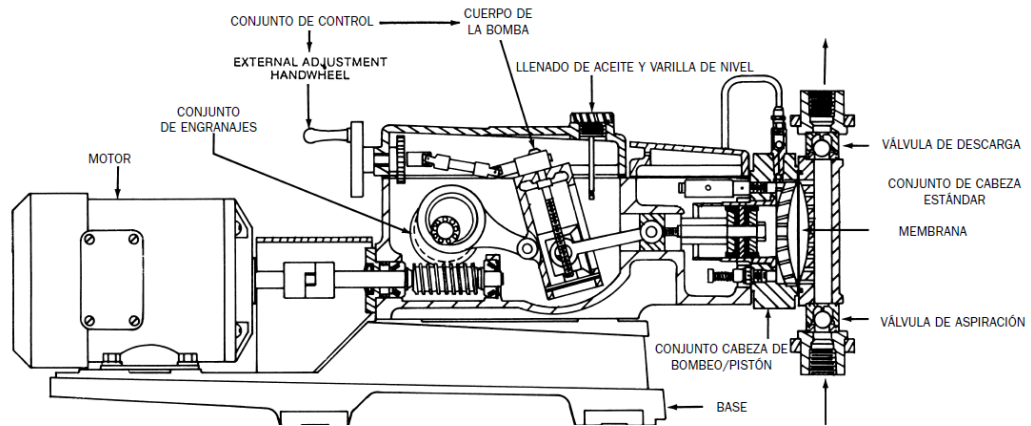
- **Funcionamiento General**

Un pistón se desplaza, en secuencia alternativa, por el interior de un cilindro de dimensiones adecuadas, con una longitud de carrera preestablecida y desplazando un volumen de líquido conocido exactamente. Sin embargo, este pistón no bombea productos químicos, sino un aceite de gran estabilidad con excelentes propiedades lubricantes. El aceite se mantiene en todo momento separado del producto bombeado mediante una membrana. La membrana, situada sobre unas placas moldeadas de soporte, tiene libertad para moverse respondiendo de forma exacta al volumen desplazado por el pistón.

La acción de bombeo no recae sobre la membrana, que actúa como mero separador. De este modo, el desplazamiento del aceite se transforma en un desplazamiento equivalente del producto. El movimiento alternativo del pistón provoca, en su carrera de retroceso, la entrada de producto en la bomba a través de la válvula de aspiración.

Después, el movimiento hacia adelante expulsa, a través de la válvula de descarga, la misma cantidad de producto que ingresó en el paso interior (Ver Figura 31).

Figura 31. Bomba Dosificadora.



Fuente: ECOPETROL, Manual de bombas dosificadoras.

### 3.1.2.7 Compresores Centrífugos.

El compresor centrífugo es muy usado para la compresión de gases y vapores. Se ha demostrado su economía en muchas aplicaciones, particularmente cuando se manipulan grandes volúmenes a presiones moderadas. Este compresor es particularmente adaptable a turbinas a vapor o a otros dispositivos de velocidad constante, así los dos principios fundamentales de operación y control son compatibles. También es adaptable a motor eléctrico, máquinas a gas y turbinas a gas siendo cada instalación para un proceso específico particular. La operación puede ser a costos razonablemente económicos.

#### ➤ Consideraciones mecánicas.

Un compresor centrífugo eleva la presión del gas mediante la aceleración del gas a medida que este fluye radialmente a través del impulsor, y convierte esta energía de velocidad en presión al pasar a través de la sección del difusor. El casco es estacionario y el impulsor montado en el eje es rotado por un motor. Las unidades son usualmente montadas horizontalmente con cascos aplanados

horizontalmente para presiones bajas y aplanadas verticalmente para altas presiones alrededor de 800 PSI.

En general la configuración de un compresor centrífugo parece una bomba centrífuga. Sin embargo, la diferencia significativa está en la operación debido a la compresibilidad del gas. Una analogía dinámica entre estos dos equipos podría usarse para simplificar los principios fundamentales involucrados. Ambos reciben energía mecánica de una fuente externa, y por rotación del impulsor esta se transforma en energía de presión en el fluido bombeado. La fuerza centrífuga depende de la velocidad periférica del impulsor y la densidad del fluido. El funcionamiento de un compresor centrífugo depende más de la densidad del fluido y características del material manipulado que para un compresor recíprocante. La velocidad periférica y la columna desarrollada son limitadas por la velocidad acústica, de tal manera que la velocidad periférica no debe exceder la velocidad del sonido en el fluido manipulado.

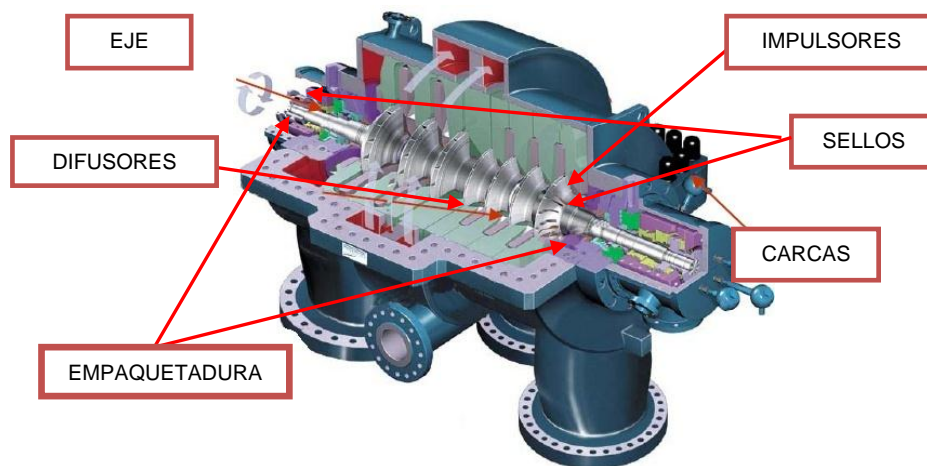
Las partes más significantes del compresor centrífugo se muestran en la Figura 30 y son:

- Casco: La cubierta exterior o casco es usualmente adaptada para presiones sobre los 800 PSI. Los sopladores de etapa simple operan como un compresor centrífugo, pero son limitados a razones de compresión de 2 a 3,5. sobre estas razones de presión se recomienda compresores de múltiple etapa siendo más económicos y con mejores características de diseño para presiones tan altas como 5000 PSI. Para las situaciones usuales las conexiones de entrada y salida del gas pueden hacerse ya sea en el tope o en el fondo, y algunas veces en ubicaciones horizontales.
- Diafragmas y difusores: Los diafragmas pueden ser con o sin enfriamiento estos son insertados en el casco entre los impulsores o etapas. Los

diafragmas forman las paredes del difusor y guían la entrada del gas a la entrada del siguiente impulsor.

- Empaquetaduras: Para sellar la conexión en el eje entre etapas para aislar las presiones entre etapas.
- Impulsor: Los principales tipos de impulsor son con aspas radiales y con aspas encorvadas hacia atrás.

Figura 32. Corte de un compresor centrífugo multietapas.

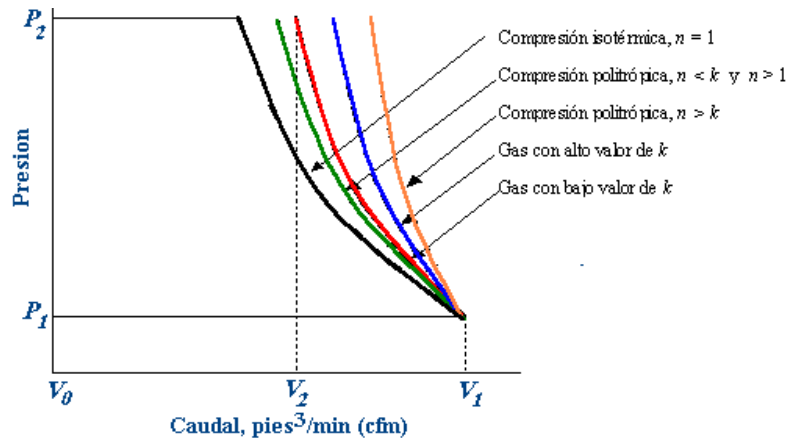


Fuente: ECOPEPETROL, Manual de Compresores.

### ➤ Características De Operación.

Las características fundamentales de compresión son las mismas para compresores centrífugos y reciprocantes. La manera como estos fundamentos son interpretados debe adaptarse al tipo particular de máquina y característica de operación, y esto considera la diferencia en los procedimientos de diseño. Las curvas características de operación de un compresor centrífugo se muestran en la Figura 33.

Figura 33. Curva de compresión para una maquina centrífuga.



Fuente: ECOPELROL, Turbomaq@2008.

La operación general de un compresor centrífugo es similar a una bomba centrífuga, excepto que el fluido es compresible. Teóricamente la columna desarrollada por un impulsor o rueda es igualmente independiente de las características del gas involucrado. Esto es más estrictamente cierto para unidades de simple etapa que para múltiple etapa. Es importante recordar que el impulsor actúa solamente en términos del número de pies<sup>3</sup> por minuto actuales, y no el número de libras de gas o moles de gas, o incluso pies<sup>3</sup> estándar por minuto.

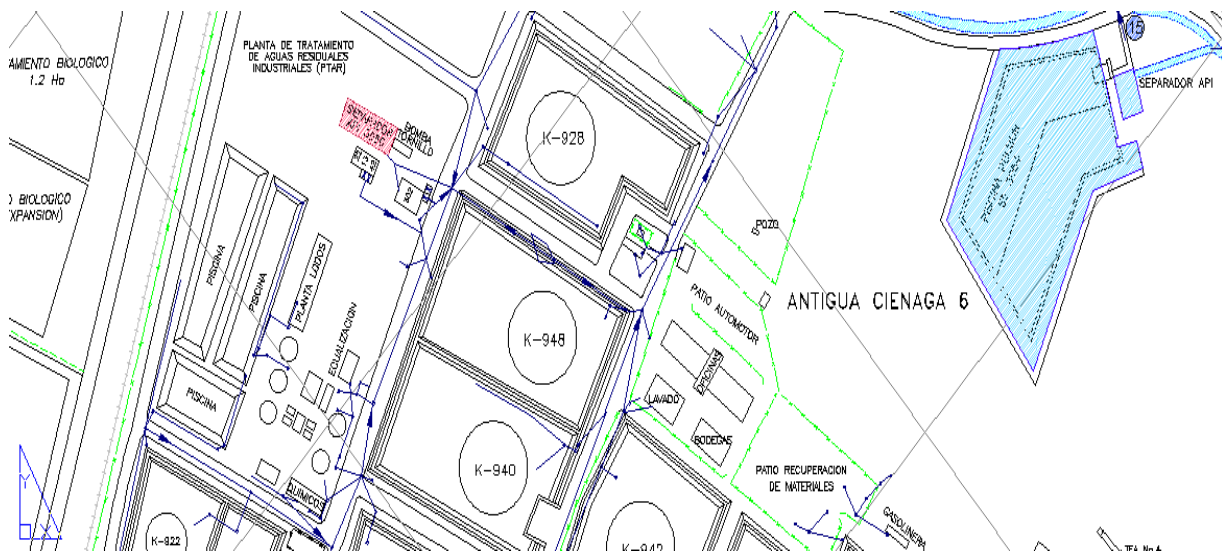
### 3.2 INVENTARIO DE LOS EQUIPOS ROTATIVOS DEL AREA AMBIENTAL.

Actualmente el área ambiental cuenta con 140 equipos rotativos, que a su vez tienen de a 2 o 3 componentes para la operación entre bombas centrifugas, de desplazamiento positivo, de cavidad progresiva, de tornillos, compresores centrífugos, de lóbulos, de tornillo, agitadores, reductores, entre otros. La ubicación de los equipos se definió por la operación de la planta.

### 3.2.1 Planos y equipos.

En la Figura 34: Plano del Terreno Unidad PTAR Ambiental, y en la tabla 14 se ven los equipos de esta área. Al final del capítulo, se muestran los diagramas con los planos de terreno de la Unidad.

Figura 34: Plano del terreno de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR, Separador Norte SE- 3050 y Piscina Pulmón SE - 3054.



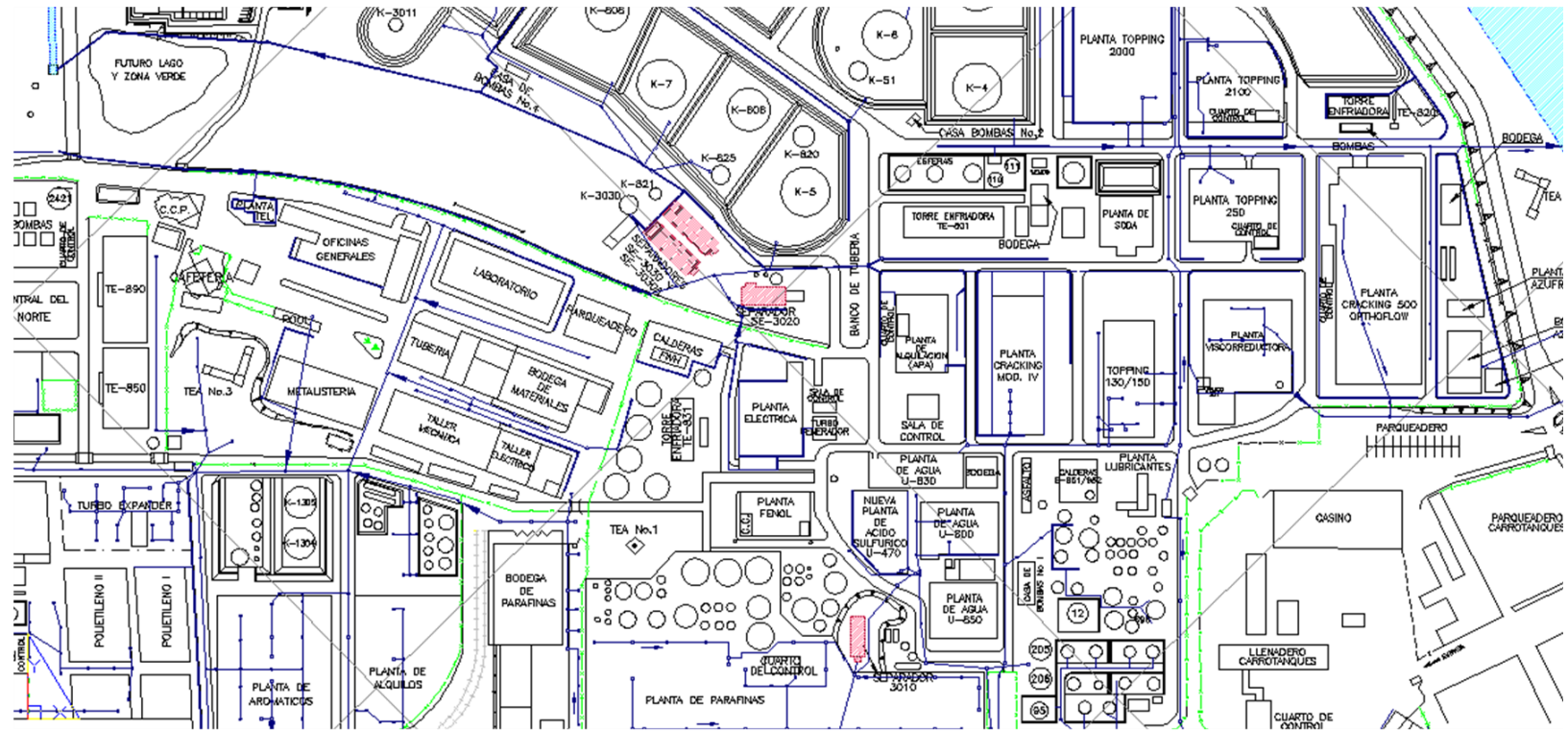
Fuente: ECOPEPETROL, Departamento del GIRO

A continuación se relacionan los equipos que comprenden esta ubicación:

Tabla 14. Equipos pertenecientes al Separador 3050 y de la Piscina Pulmón de la GRB.

SEPARADOR 3050									
EQUIPO	FABRICANTES	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
PS3036	Byron Jackson	SC7	3 x 4 x 10 H SC7	92DC0962	Slop	0,93	3565	1	10"
SP3050A	Spaans Babcock BV	BE	BE1100	125.078.100	Agua Ace.	1	49,5	1	1100 mm
SP3050B	Spaans Babcock BV	BE	BE1100	125.078.100	Agua Ace.	1	49,5	1	1100 mm
SP3050C	Spaans Babcock BV	BE	BE1100	125.078.100	Agua Ace.	1	50,1	1	1100 mm
SP3051A	Goulds Pumps	3171S	4 x 4 - 8	431A727	Slop	0,95	1760	1	7.62"
SP3051B	Goulds Pumps	3171S	4 x 4 - 8	431A727	Slop	0,95	1760	1	7.62"
SP3052A	Goulds Pumps	3196	1.5 x 3 - 10	773 B089-1	Slop	0,91	3550	1	9"
SP3053C	Netzch Nemo	C.P. 1530047	2 NE 69A - 1993	B15456	Lodo		298,3	1	69 mm
SP3053D	Netzch Nemo		2 NE 69A - 1993	B15455	Lodo		300,3	1	69 mm
PISINA PULMON									
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3055A	Spaans Babcock BV	BE	BE950	120.860.100	Agua Ace.	1	55,6	1	950 mm
SP3055B	Spaans Babcock BV	BE	BE950	120.860.100	Agua Ace.	1	55,6	1	950 mm
SP3055C	Spaans Babcock BV	BE	BE1700	120.860.100	Agua Ace.	1	36,8	1	1700 mm
SP3055D	Spaans Babcock BV	BE	BE1700	120.860.100	Agua Ace.	1	36,8	1	1700 mm

Figura 35. Plano del terreno Separadores Sur SE – 2010. SE-3020, SE-3030 y SE-300a

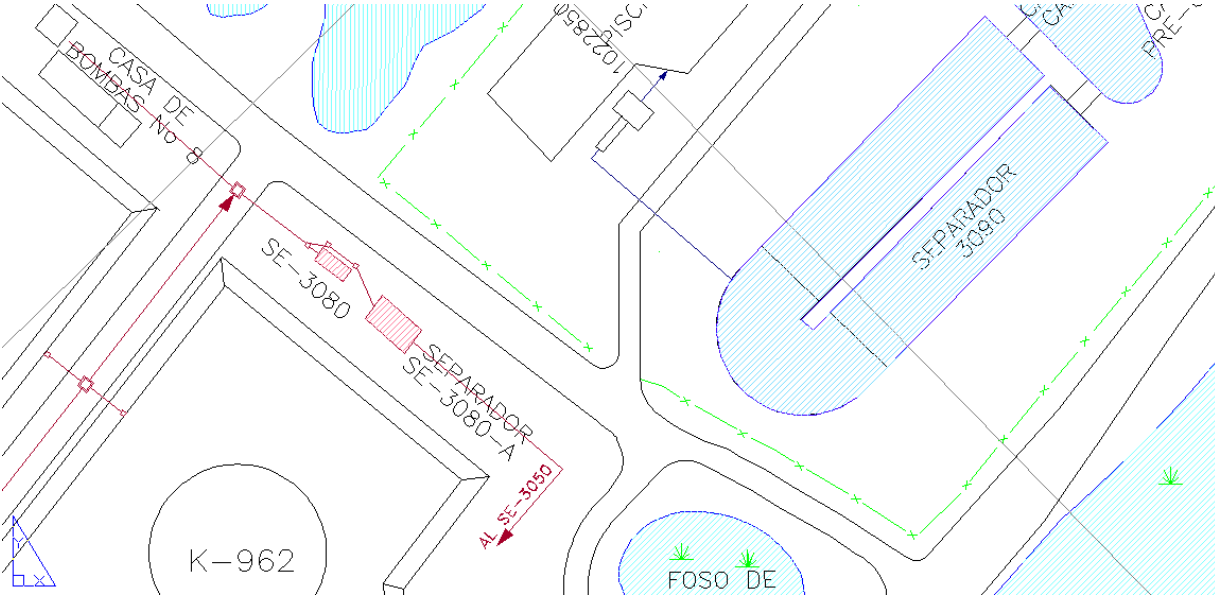


Fuente: ECOPETROL, Departamento del GIRO

Tabla 15. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3010, 3020 y 3030 de la GRB.

SEPARADOR 3010									
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3013A	Goulds Pumps	VIT	10 x 14HMO	10 x 14HMO	Agua Ace.	1	1785	1	9 -7/8"
SP3013B	Goulds Pumps	VIT-FF	10 x 14EHC-1	10 x 14EHC-1	Agua Ace.	1	1790	1	9.75"
SP3015	Goulds Pumps	VIT-FF	4 x 9 ALC	4 x 9 ALC	Slop	1	3520	2	5.22"
SP3016	Goulds Pumps	3171	2.5 x 3-8	2.5 x '3-8	Slop	1	3560	1	7.75"
SEPARADOR 3020									
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3024	Goulds Pumps	3700S	2 x 4 – 9	201 C953	Residuo. Crack.	0,9	3535	1	9"
SP3025	Ingersoll Rand	A	3 x 4 x 8 A	59201	Residuo. Crack.	0,9	3500	1	7.08"
SP3026	Goulds Pumps	3700	1.5 x 3 – 9	298 B162 2	Residuo. Crack.	0,9	3550	1	9"
SEPARADOR 3030									
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3031A	Spaans Babcock BV	BE	BE1000	-	Agua Aceitosa	1	49,7	1	1000 mm
SP3031B	Spaans Babcock BV	BE	BE1000	20917	Agua Aceitosa	1	50	1	1000 mm
SP3035	Byron Jackson	SC7	3 x 4 x 10 H SC7	92DC0961	Slop	0,9	3550	1	10"
SP3037	Pacific Pumps	SVC	1-1/4 L	27860	Slop	0,9	3535		9 - 3/8"
SP3037A	Goulds Pumps	3700S	1 ½ X 3 – 9	298 B162 8	Slop	0,9	3550	1	9,0625
SP3037C	Pacific Pumps	SVC TB	1-1/4 S	25245	Slop	0,8	3550	1	8 - 3/8"
SP3048B	Goulds Pumps	VIT-FF	4 x 10 – AHC/4	312274	Slop	0,9	1775	4	7.750"
SP3048D	Goulds Pumps	VIT-FF	10 RALC DIS. HEAD 4 x 12	E350 608 1	Slop	0,9	3560	3	6.060"

Figura 36. Plano del terreno Separador de Crudos SE-3080 y Separador de aguas lluvias SE-3090.

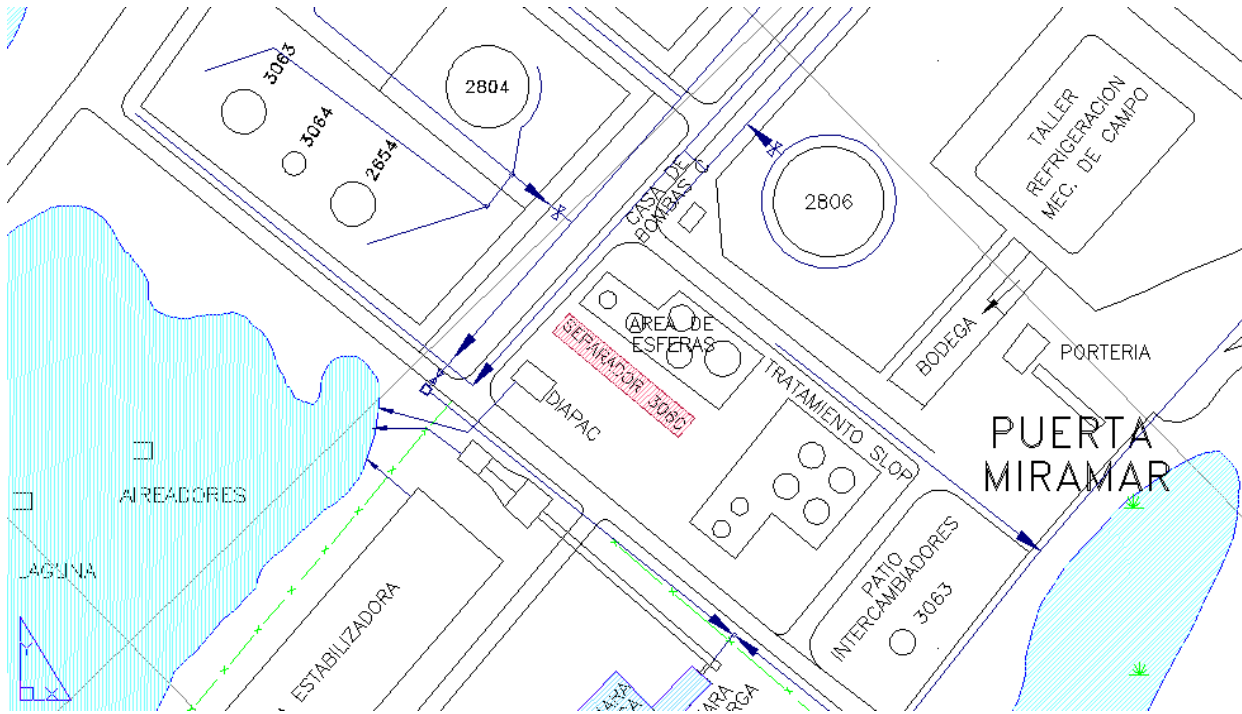


Fuente: ECOPETROL, Departamento del GIRO

Tabla 16. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3090 de la GRB.

SEPARADOR 3090									
EQUIPO	FABRICANTES	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMETRO IMPULSOR
SP3090	Ingersoll Rand	ESP 1187/3011	1.5x1x8	-	Slop	1	1750	1	-
SP3091	Goulds Pumps	3171ST	1 x 1.5 – 6	431A729	Slop	1	3500	1	4.75"

Figura 37. Plano del terreno Separador de Unidad de Balance SE-3060 y planta de Tratamiento de aguas Sanitarias DIAPAC.



Fuente: ECOPEL, Departamento del GIRO

Tabla 17. Equipos rotativos pertenecientes al Separador 3060 de la GRB.

SEPARADOR 3060									
EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	TAMAÑO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3062A	Goulds Pumps	VIT	8 x 12 JMC	302929	Agua Res.	1	1785	4	7 - 1/8"
SP3062B	Goulds Pumps	VIT	8 x 12 JMC	302930	Agua Res.	1	1785	4	7 - 1/8"
SP3063C	Goulds Pumps	AP71,ST	1 x 1.5 - 6	443A394	Slop	1	3510	1	4.625 in
SP3063D	Goulds Pumps	AP71,ST	1 x 1.5 - 6	443B394	Slop	1	3510	1	4.625 in
SP3064A	Goulds Pumps	3196	1 x 2 - 10	748B099	Slop	1	3500	1	7.875"
SP3064B	Goulds Pumps	3196	1 x 2 - 10	748B100	Slop	1	3500	1	7.875"
SP3065A	Spaans Babcock BV	BE	BE800	125.078.100	Agua Ace.	1	50	1	800 mm
SP3065B	Spaans Babcock BV	BE	BE800	125.147/10.720	Agua Ace.	1	51	1	800 mm
SP3068	Worthington	VTP	10HH-110-7	1E+08	Agua Ace.	1	1780	7	6 - 7/16"

Tabla 18. Equipos rotativos pertenecientes al Día Pac de la GRB.

DIA PAC									
EQUIPO	FABRICANTES	MODELO	TAMALO	SERIAL N°	FLUIDO	S	RPM	ETAPAS	DIAMTRO IMPULSOR
SP3066A	Flygt	MT	CP3102.0 90 MT	3102 090 0570061	-	-	1745	1	183 mm
SP3066B	Flygt	MT	CP3102.0 90 MT	3102 090 0570062	-	-	1745	1	184 mm

La realización de este inventario se hizo en base a los diferentes datos encontrados en las placas de los equipos que operan actualmente en la planta.

Figura 38. Placa de identificación de los equipos IR.



Fuente: ECOPEPETROL, Departamento del GIRO

### 3.3 CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.

#### 3.3.1 Equipos críticos del área ambiental según RCM.

En el año 2009 se realizó el RCM aplicado al área ambiental, en él se definieron los equipos críticos y las diferentes actividades de mantenimiento que se debían realizar para alcanzar la confiabilidad.

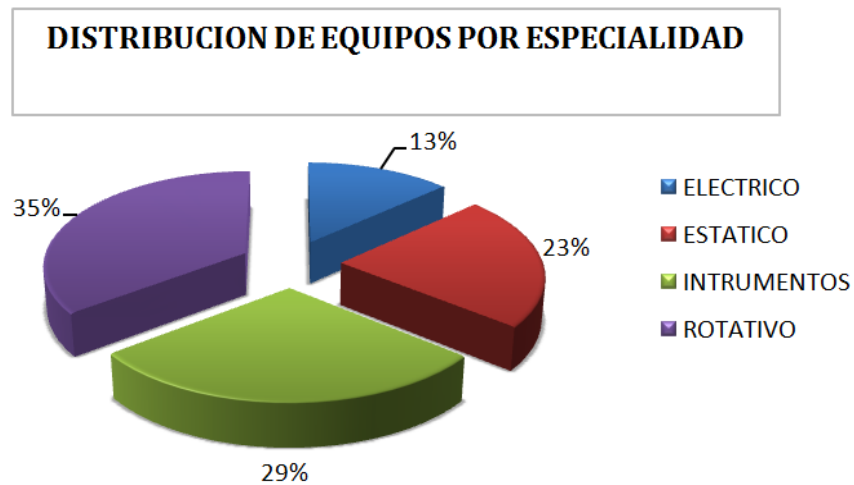
A continuación se detalla los resultados de este RCM.

Tabla 19. Convención del RCM realizado en el GIRO.

**CONVENCIÓN:**

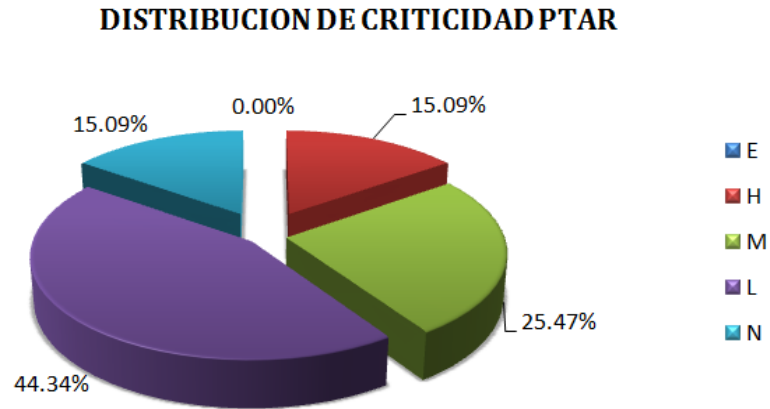
<b>TAREAS</b>	<b>CBT</b>	Basadas en Condición
	<b>CMT</b>	Monitoreo de la Condición
	<b>TBT</b>	Basadas en Tiempo
	<b>RTF</b>	Corriendo a Falla
<b>CRITICIDAD:</b>	<b>E</b>	MUY ALTA
	<b>H</b>	ALTA
	<b>M</b>	MEDIA
	<b>L</b>	BAJA
	<b>N</b>	NULA

Figura 39. Distribución de equipos del área ambiental por especialidad.



Fuente: ECOPETROL, Departamento del GIRO

Figura 40. Distribución de equipos del área ambiental por criticidad.



Fuente: ECOPELROL, Departamento del GIRO

A continuación se mencionan los equipos seleccionados en el RCM, como los críticos de la planta:

Tabla 20. Equipos Rotativos con criticidad alta según RCM.

EQUIPO	DELTA REDUCCIÓN DE RIESGO	RAM
SP3050A	1.028.854.672	H
SP3050B	1.028.854.672	H
SP3050C	1.028.854.672	H
SP4002A	8.896.112.452	H
SP4018B	8.850.995.742	H
X3050A	7.909.457.695	H
X3050B	7.909.457.695	H
X3050C	7.909.457.695	H
SP4025A	5.668.986.996	H
SP4018D	4.937.261.573	H
X4025	1.446.540.327	H

Tabla 21. Equipos rotativos con criticidad media del área ambiental según RCM.

<b>EQUIPO</b>	<b>DELTA REDUCCIÓN DE RIESGO</b>	<b>RAM</b>
SP4002C	889.682.346	M
SP4002B	8.849.707.284	M
SP4001A	714.332.871	M
SP4001B	714.332.871	M
SP4001C	714.332.871	M
SP3051A	1.833.437.073	M
SP3051B	1.833.437.073	M
SC4002A	3.080.766.882	M
SC4002B	3.080.665.008	M
SC4001C	1.848.323.128	M
SC4001D	1.848.323.128	M
SAG4009A	1.292.228.322	M
SAG4009B	1.292.228.322	M
SAG4009C	1.292.228.322	M
SAG4009D	1.292.228.322	M
SAG4009E	1.292.228.322	M
SP4005C	8.410.951.803	M
SP4005D	8.410.951.803	M
X4005A	4.673.700.878	M
X4005B	4.673.700.878	M
X4005C	4.673.700.878	M
X4005D	4.673.700.878	M

Tabla 22. Equipos rotativos con criticidad baja o leve del área ambiental según RCM.

<b>EQUIPO</b>	<b>DELTA REDUCCIÓN DE RIESGO</b>	<b>RAM</b>
SP4018E	1.238.770.909	L
SP4018F	1.238.770.909	L
SP4004D	7.695.471.081	L
SP4004T	7.022.732.344	L
SP4004U	7.022.732.344	L
SP3053C	6.955.171.066	L
SP3053D	6.955.171.066	L
SP4004R	6.861.877.693	L
SP4004S	6.861.877.693	L
SP4009A	5.696.812.762	L
SP4009B	5.696.812.762	L
SP4009C	5.696.812.762	L
SAG4004A	351.951.678	L
SAG4004B	351.951.678	L
SAG4004C	351.951.678	L
SAG4004D	351.951.678	L
SP4003A	3.445.823.836	L
SP4003B	3.445.823.836	L
SP4003C	3.445.823.836	L
SAG4003D	2.944.208.185	L
SAG4003B	2.943.698.815	L
SAG4003C	2.943.698.815	L
SAG4003A	2.943.698.815	L
SP3306	2.758.830.431	L
SP4008E	2.549.000.241	L
SP4008F	2.549.000.241	L
SP3052A	2.502.472.276	L
SP3036	237.988.899	L
SP4081A	2.239.353.365	L
SP4081B	2.239.353.365	L
SP4083A	125.290.829	L
SP4083B	125.290.829	L
SP4082A	87.040.827	L
SP4082B	87.040.827	L
SP4086A	78.540.827	L
SP4086B	78.540.827	L
SP4084A	76.826.157	L
SP4084B	57.160.714	L
SP4084C	57.160.714	L
SP4085A	57.160.714	L
SP4085B	57.160.714	L
SP4085C	57.160.714	L

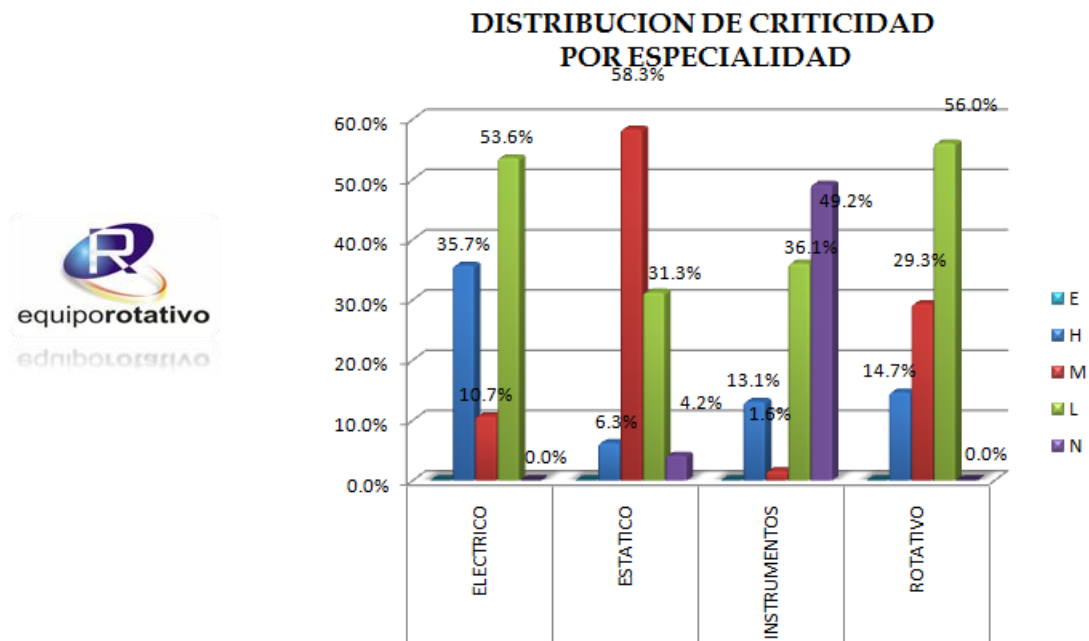
Tabla 23. Distribución de equipos rotativos por criticidad del área ambiental según RCM.

<b>Conv.</b>	<b>CRITICIDAD PTAR</b>
H	11
M	22
L	42
TOTAL EQ	76

Tabla 24. Distribución de equipos del área ambiental por especialidad según RCM.

H	ELECTRICO	35.7%	10
	ESTATICO	6.3%	3
	INSTRUMENTOS	13.1%	8
	ROTATIVO	14.7%	11
M	ELECTRICO	10.7%	3
	ESTATICO	58.3%	28
	INSTRUMENTOS	1.6%	1
	ROTATIVO	29.3%	22
L	ELECTRICO	53.6%	15
	ESTATICO	31.3%	15
	INSTRUMENTOS	36.1%	22
	ROTATIVO	56.0%	42

Figura 41. Distribución de equipos de área ambiental por especialidad según RCM



Fuente: ECOPELROL, Departamento del GIRO

### **3.3.2 Clasificación de los equipos.**

Para la realización de los APL's de los equipos rotativos del área ambiental, se clasificaron todos los equipos, basándose en la clasificación de criticidad dada por el RCM, y según los equipos a reparar en el 2011 y 2010. Se clasificaron en 2 grupos, clasificación que define el orden para empezar la consolidación de los APL's de los equipos rotativo y que se realizó con la ayuda del ingeniero de confiabilidad de equipo rotativo encargado.

Seguidamente se mencionan los grupos de clasificación y los equipos incluidos en cada uno.

El primer grupo está conformado de equipos que impactan directamente con su ausencia la operación de la planta.

A continuación se relacionan los equipos que confirman los grupos.

#### **3.3.2.1 Primer grupo.**

- 24 Equipos
- 79 Componentes, entre los cuales tenemos:
- 24 Bombas centrifugas y de desplazamiento positivo
- 10 Reductores.
- 1 turbina
- 23 Acoples
- 12 Sellos mecánicos
- 7 empaquetaduras
- 2 mopa y poleas.

Equipos pertenecientes al primer grupo:

Tabla 25. Equipos pertenecientes al primer grupo de clasificación.

EQUIPO	SIGLA COMPONENTE	COMPONENTE	UBICACIÓN
SP3052A	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3050
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP3053C	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	SEPARADOR 3050
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP3053D	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	SEPARADOR 3050
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP3064A	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3060
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP3064B	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3060
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP3213A	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3030
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP3213B	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3030
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP3801	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4004R	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4004S	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4004T	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4004U	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR

	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4005C	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
SP4005D	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
SP4008E	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4008F	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4009A	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP4009B	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP4009C	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	EMP/DURA	EMPAQUETADURA	
SP4025A	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4025C	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4093A	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PLANTA DE SODA RESOX
	MGTA	ACOPLE	
SP4093B	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PLANTA DE SODA RESOX
	MGTA	ACOPLE	
X4025	CMOP	MOPA	PTAR
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MBDP	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	

### 3.3.2.2 Segundo grupo:

Tabla 26. Equipos pertenecientes al segundo grupo de clasificación.

EQUIPO	SIGLA COMPONENTES	COMPONENTE	UBICACIÓN
SP3024	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3020
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP3026	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	SEPARADOR 3020
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP3031A	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3030
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP3050A	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3050
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP3050B	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3050
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP3050C	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3050
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP3065A	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3060
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP3065B	MBOT	BOMBA DE TORNILLO	SEPARADOR 3060
	MTRA	REDUCTOR DE VELOCIDAD	
	MGTA	ACOPLE	
	MLUB	BOMBA DE LUBRICACION	
SP4003A	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4003B	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	EME	SELLO MECANICO	
	SELLO	SELLO MECANICO	
SP4003C	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	PTAR
	MGTA	ACOPLE	
	SELLO	SELLO MECANICO	

Equipos pertenecientes al segundo grupo (Ver Tabla 26):

- 11 Equipos
- 39 componentes
- 17 Bombas entre centrifugas, de tornillo y de lubricación.
- 11 Acoples
- 6 Reductores
- sellos mecánicos

### **3.4 INFORMACIÓN TÉCNICA**

Para asegurar una confiabilidad en las reparaciones y la operación de los equipos rotativos del área ambiental es necesario contar con la información completa, que nos suministre los datos básicos técnicos de los equipos.

Además contar con esta información completa de los equipos es un paso vital e indispensable para la realización de los APL's.

#### **3.4.1 Fabricantes.**

En el área ambiental cuenta con equipos de una gran variedad de fabricantes, entre los que encontramos:

- Flowserve
- Pulsafeeder
- Goulds pumps
- Worthington
- Spaans Babcock BV
- Ingersoll rand
- Pacific pumas

- NSK
- FAG
- SKF
- John Crane
- Thomas

### **3.4.2 Información necesaria.**

La información que se necesita para asegurar la realización de los APL's de los equipos rotativos es el Bill of materia (BOM) o listado de partes que el fabricante entrega, y el sectional drawing o corte seccional de los equipos. Además es importante contar con información adicional que nos garantice las características básicas de los equipos, información conocida como lo es el Data sheet y la curva de desempeño.

#### **3.4.2.1 Data sheet.**

El data sheet o también conocido como la hoja de datos y especificaciones de los equipos. es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema. Es allí donde se encuentra todas las características más importantes de cada equipo en particular, desde el fabricante hasta el tamaño y fluido en operación.

#### **3.4.2.1.1 Información típica en un data sheet:**

- Datos del fabricante
- Número y denominación
- Lista de formatos con imágenes y códigos
- Propiedades
- Breve descripción funcional
- Esquema de conexiones. Habitualmente es un anexo con indicaciones detalladas.
- Tensión de alimentación, consumo.
- Condiciones de operación recomendadas
- Tabla de especificaciones, tanto en corriente continua como alterna
- Esquema de la onda de entrada-salida
- Medidas
- Circuito de prueba
- Información sobre normas de seguridad y uso.

#### **3.4.2.2 Bill of material.**

El Bill of material o más conocido como BOM, es el listado de partes del equipo que el fabricante proporciona.

El B.O.M. , que en español se traduciría como el “detalle de los Materiales” , es una recopilación de todos los componentes de un producto y su precio (costo) correspondiente. Más que un recuento de los componentes del producto es una herramienta para determinar el costo real del producto y sus fluctuaciones.

➤ **BENEFICIOS DEL B.O.M:**

- Permite determinar el costo real del Producto: Se detalla cada componente del producto con las cantidades que se utilizan. Se incluyen los precios actualizados de cada componente para reflejar la realidad del mercado.
- Asegura que se incluyen todos los componentes: El listar los componentes del producto e irlos definiendo la misma secuencia que se utilizan al fabricar el producto nos asegura que hemos incluido cada una de las partes que necesitamos.
- Estandariza la fabricación del producto: Una vez definido el BOM se puede utilizar como parte del Proceso Estándar de fabricación para asegurar así la calidad y consistencia del producto cada vez que se fabrica.
- Permite crear una estrategia sólida de precios: Al utilizar el detalle de cada componente podemos determinar márgenes más precisos de ganancia para aplicar al precio de venta. Podemos evaluar los márgenes y rangos con los cuales podemos variar nuestro precio de venta al mercado.
- Facilita reaccionar a los cambios en los costos de la materia prima: Si tenemos variación en uno de los componentes podemos determinar fácilmente en qué medida afecta nuestro precio de venta. Podemos corregir en el momento (instantáneo) el precio de venta, si determinamos ( a través del BOM) que hay un impacto tangible en nuestra operación.
- Simplifica los procesos de desarrollo del presupuesto: Si el BOM ha sido desarrollado conscientemente puede servir de base para desarrollar el

presupuesto, pues son permite determinar con precisión las necesidades futuras de cada componente del producto e incluirlo en el presupuesto.

Mantener al día el BOM de cada uno de tus productos es esencial para que la herramienta te sea útil. Una vez tengas tú BOM lo puedes utilizar junto con el “punto de equilibrio” y crear la estrategia adecuada para maximizar el manejo de efectivo en tu empresa.

Hay métodos sencillos de mantener el B.O.M actualizado. Utilízalo cada vez que tengas un cambio de precio de un suplidor, un proveedor o quieras cambiar tus precios del mercado.

En resumen, las listas de materiales deben constituir el núcleo fundamental del sistema de información en el que se sustenta el sistema de programación y control de la producción. Han de organizarse para satisfacer de forma inmediata todas las necesidades del mismo, incluyendo entre, estas la de facilitar el conocimiento permanente y exacto de todos los materiales que se emplean en la fabricación, los plazos de producción, su coste y el control de las existencias. En definitiva, todos los aspectos que intervienen en las decisiones cotidianas en las que se concreta el programa de producción.

#### **3.4.2.3 Seccional drawing.**

Es una representación convencional en la cual se imagina que se corta o se desprende una parte de un objeto o máquina de tal manera que quede el interior al descubierto. Debe entenderse claramente que, al separar así la porción más cercana del objeto para hacer la vista en sección, esta porción, que se ha suprimido para hacer el corte, no se omite al hacer las otras vistas.

➤ **Tipos de corte:**

Sección total.- Es una vista seccional en la cual el plano de corte atraviesa totalmente el objeto. Media Sección.- Es una vista usada algunas veces para objetos simétricos, en la cual se dibuja una mitad sección y la otra mitad como vista.

- Corte interrumpido.- Es una sección parcial usada sobre una vista exterior para indicar algún detalle interior sin dibujar una sección total o media.
- Sección girada.- Hecha directamente sobre una vista exterior.
- Secciones de detalle o de desplazamiento.- Son representaciones que se usan para el mismo fin que las secciones, pero en vez de dibujarse sobre la vista se desplazan a un lugar adyacente

**3.4.2.4 Manual de instalación, operación y mantenimiento.**

El conocimiento es el único activo que no se encuentra en el mercado y, por lo tanto, tiene un valor muy elevado y sin duda puede ser un elemento muy diferenciador. El Manual de Operaciones es el documento que les permite hacer tangible y transmisible su conocimiento, por lo que para una red de procedimientos y operaciones resulta, aún más que para cualquier otra empresa, una herramienta fundamental.

Como hemos comentado anteriormente, el Manual es una parte esencial del proceso en el que el fabricante transfiere el know-how del funcionamiento del equipo, de su instalación y del mantenimiento.

Las funciones principales del Manual de Operaciones son:

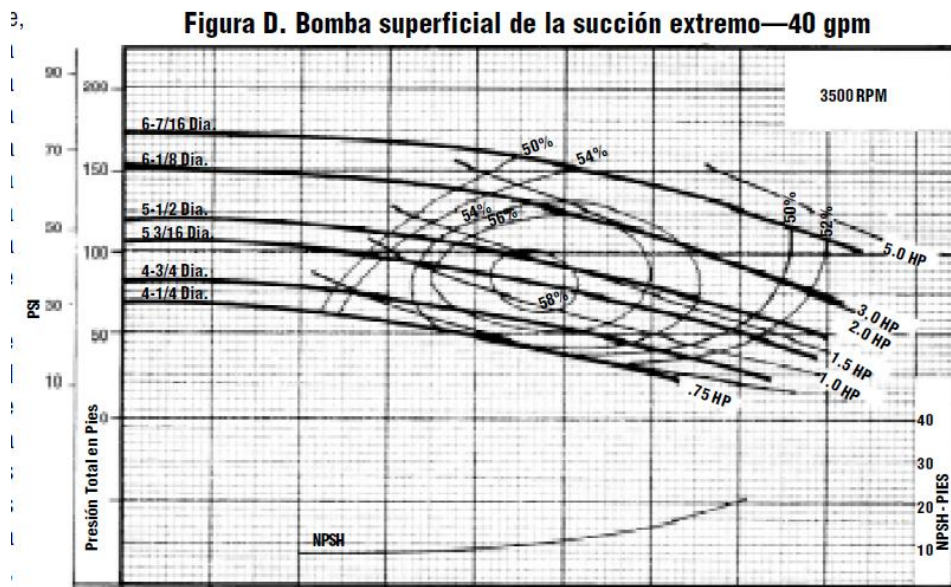
- Guía de referencia que tienen los integrantes de la cadena.

- Homogeneidad en la información disponible.
- Sistematización del know-how para hacerlo fácilmente transmisible.
- Acelerar el tiempo de formación del franquiciado.
- Facilitar los cambios de procedimientos.

### 3.4.2.5 Curvas de desempeño.

Una curva de bombeo (Ver Figura 42) es la representación gráfica de una característica específica del rendimiento de una bomba. Interpretar estas gráficas puede ser útil, tanto para especificar las bombas para una aplicación, como para determinar si una bomba que ya ha sido instalada está rindiendo al nivel de su capacidad. Para las aplicaciones de bombeo de agua, las varias curvas que se ilustran son muy similares, simplemente ofreciendo información adicional.

Figura 42. Curva de bomba superficial de la succión extremo – 40 gpm



Fuente: Jacuzzi Bros., D Series, Model DB1, 1" Discharge x 1-1/2" Suction, Catalog MS58B 2001.

Fuente: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/7-8-02ref.pdf>

### **3.4.3 Consolidación De Información**

Como primera medida se realizó una revisión y verificación en el archivo del área ambiental de toda la información que se encuentra de los equipos; realizando una consolidación y de la información que se tiene.

Después de verificar la información confiable que se tenía en el archivo ambiental se realizó una búsqueda en los diferentes archivos de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja para hallar la información necesaria.

Finalmente la información que no se obtuvo en los diferentes archivos o lugares de la refinería se pide a los diferentes fabricantes.

### **3.4.4 Creación de los equipos en el sistema.**

Después de tener la referencia correcta de cada equipo y de los componentes que lo conforma, es de vital importancia la consolidación de cada uno de estos componentes en el sistema Elipse y con ello crearle su historia en reparaciones, compras y APL's.

Para poder realizar un APL's es necesario que el componente este creado en el sistema, ya que este va ligado a su respectivo equipo. La creación de los equipos en el sistema Ellipse debe regirse bajo las condiciones de jerarquización que ECOPETROL tiene definidos por departamentos de producción.

Árbol de jerarquía: Diagrama de estructura operacional que permite localizar en cada planta los sistemas productivos con sus respectivos equipos y componentes dentro de un orden jerárquico con el propósito de asignar su identificación y su participación en el sistema productivo.

El árbol de equipos y componentes actuales, ha sido elaborado a partir del proceso existente en la planta o unidad y estructurado en MIMS, en razón a que el proceso será modificado sustancialmente por proyectos en proceso y/o revamping que se incorporarán un número significativo de nuevos equipos y componentes, en cada unidad o planta, dichos árboles, de equipos y componentes deberán ser actualizados o replanteados, incorporando todos los nuevos equipos y componentes al nuevo árbol, sobre la base del nuevo proceso.

La creación de los equipos en el sistema comprende de un Conjunto de información sobre las plantas, equipos y componentes que se requieren para los diferentes acciones de mantenimiento.

#### **3.4.5 Apl De Configuración**

Como se mencionó anteriormente un paso crítico para la realización de los APL's es la información del Bill of material o listado de partes dado por los diferentes fabricantes, pues con este archivo se clasifican las diferentes piezas entre críticas o esencial y de propósito general como los tornillos, tuercas o arandelas.

Las piezas denominadas esenciales son las que para su fabricación necesitan medidas exactas y características especiales para llegar a la operación satisfactoria bajo las condiciones de trabajo que se imponen. Un gran ejemplo de estas piezas en una bomba centrífuga es el impeller o impulsor, Figura 43.

Figura 43. Impulsores de bombas.



Fuente: <http://www.solostocks.com.mx/empresas/componentes-mecanicos/bombas-gdl-bombas-y-servicios-844330>

Otras de las piezas fundamentales que siempre deben ir incluidas en el APL´s son las siguientes:

- Ejes.
- Rodamientos y cojinetes.
- Soportes.
- Empaques y o´ring.
- Frame o cuerpo de la bomba.
- Acoples y guarda acoples.
- Tornillo y arandelas de prop´osito especial como por ejemplo de acero inoxidable.
- Piezas de fabricaci3n local (aquellas piezas que pueden ser fabricadas en los talleres de la Refinería).
- Engranajes (en caso de los reductores o amplificadores de velocidad).
- Equipos completos.

Entre las piezas que no se incluyen en los APL's o de propósito general se pueden mencionar las siguientes:

- Tornillos generales, ejemplo: Tipo M, que se encuentran en cualquier ferretería, Se debe tener en cuenta que si el material de estos tornillos el fabricante exige que sea de acero inoxidable si debe estar incluido en el APL's.
- Arandelas.
- Placa de identificación.
- Pasadores.
- Pines o cuñas.

Para garantizar la selección correcta de las piezas incluidas en los APL's es indispensable que la persona encargada de crearlos conozca muy bien los equipos y las piezas que lo conforman.

La recreación del APL's de configuración para los equipos rotativos del área ambiental se creó inicialmente en un archivo de Excel obteniendo un borrador de APL's (ver Figura 45. Borrador de APL's creado en Excel.) En donde se incluyeron las partes que se necesitan en una reparación o mantenimiento del equipo; este documento en su momento fue entregado al ingeniero encargado para la respectiva revisión y aprobación. En este archivo también se encontraron el código de inventario de cada pieza como también el fabricante (s) que los proveen y su respectivo código.

Si alguna de las piezas no se encuentran catalogadas en el inventario de la Refinería, se debe llenar un formato especial y estándar de la Refinería, Figura 44. Formato Faci de la GRB., y enviarlo posteriormente al departamento de materiales quienes son los encargados de la catalogación de los repuestos.

Figura 44. Formato Faci de la GRB.

**FORMA PARA ACTUALIZAR CATALOGO E INVENTARIO EN ELLIPSE F A C I No.** Para el ADIN o Catalogo

**1 ORIGINADOR:** Destino:  Dependencia:  Fecha:    
 Nombre y Apellido:  Reg:  Nombre y Apellido:  Reg:

**2 INFORMACION DE CATALOGO E INVENTARIOS:**

**ITA TIPO DE ACTUALIZACION:** ELIMINAR  FUSIONAR  MODIFICAR  ADICIONAR  REFERENCIA CRUZADA

**UM UNIDAD DE MEDIDA:** IT MT KT LB JT QT CY CD CRPI Preferencia de Compra VU Valor Unitario (\$) EA SF BG FT RD M3 FR GA CRMN Cantidad Requerida Para un Mito Normal ROP Punto de reorden BX CW SH DH KG PT GR SI CRMG Cantidad Requerida para un Mito General ROQ Cantidad a pedir DC BT ML CF TM YD QZ PR MIN Inventario minimo

**CL** Clasificación según impacto operacional\* CRITICO SOPORTE  ESENCIAL USUARIO  ESPECIAL NO REORDENAR

#	ITA	Código	Descripción	Drawing	Item	UM	N° parte	Memoria	P C	Nombre popular	Equipo/Comp./E	Código*	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROQ	MIN	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
21																					
22																					
23																					
24																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					
31																					
32																					
33																					
34																					
35																					
36																					
37																					
38																					
39																					
40																					
41																					
42																					
43																					
44																					
45																					
46																					
47																					
48																					
49																					
50																					

[DAR CLICK AQUI PARA DILIGENCIAR MAS RENGLONES](#)

Fuente: Gerencia Refinería de Barrancabermeja – Departamento de materiales

Los repuestos o piezas que se incluyen en el APL deben ser analizados y consultados en el historial de las reparaciones ya que pueden ser fabricados por más de 1 proveedor, lo que nos permite al momento de realizar la compra escoger el más económico y adecuado, esto se hace buscando minimizar los costos y asegurar en el sistema los fabricantes principales, ejemplo: los rodamientos se clasifican con los fabricantes mayoritarios de ellos tales como: SKF, FAG, NSK, etc.

Después de tener la aprobación del ingeniero encargado se procede a realizar la inclusión al sistema Ellipse, procedimiento del cual no todos los funcionarios de ECOPETROL tienen acceso.

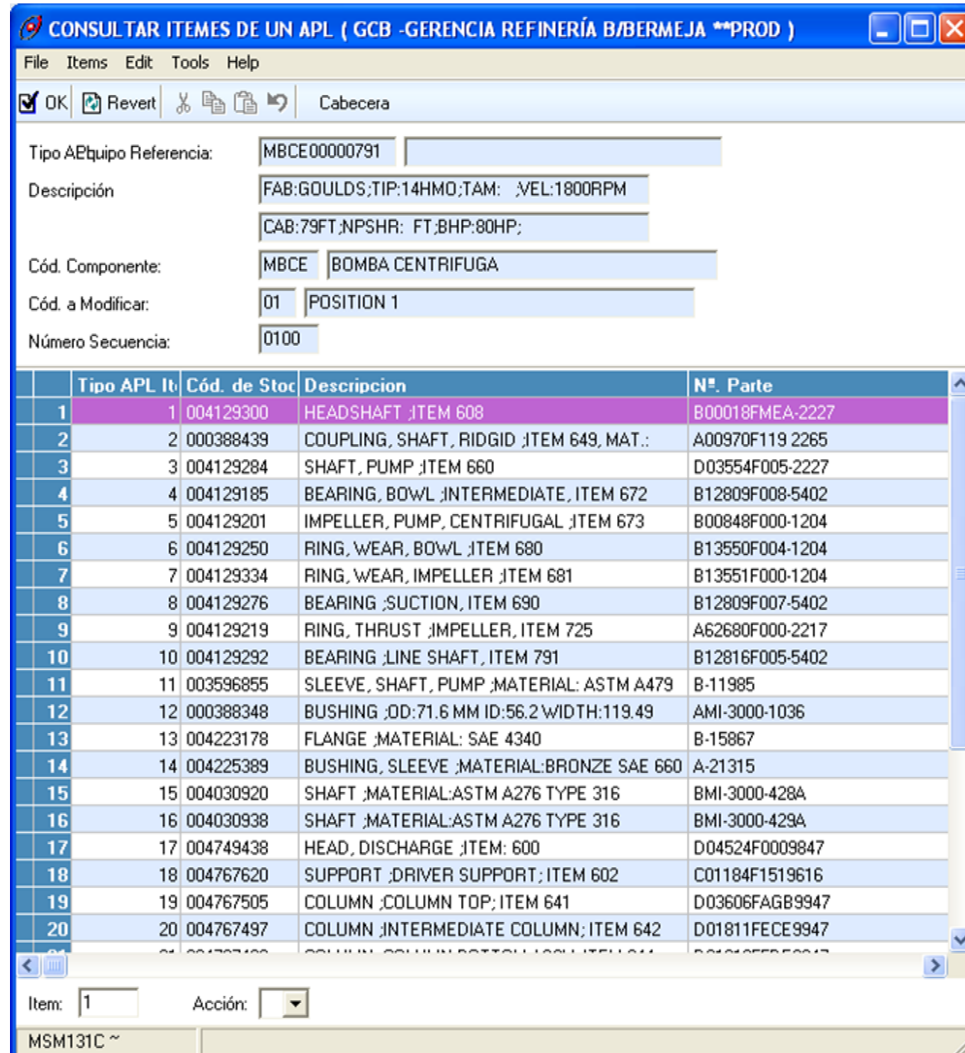
Figura 45. Borrador de APL's creado en Excel.

#	Q	Código	Descripción	Drawing	Item	N° parte	Memorico	Equip/Comp. re	Código*	CRPI	CRMN	CRMG	CL	VU	ROP	ROO	MIN
1	1	000349345	GAP SCREW	xxx	495AL	4950239914	MILROY-U	SP40050									
1	1	000349994	GASKET FOR SS COVER	xxx	225A	2250902091	MILROY-U	SP40050									
1	1	004805925	GASKET FOR SS CATCHALL COVER	xxx	225B	2250904091	MILROY-U	SP40050									
2	2	3721H	BEARING	xxx	237A	2370003042	MILROY-U	SP40050									
1	1	002932044	SLIDING SHOE	xxx	261	2610001006	MILROY-U	SP40050									
1	1	004805958	HPD CASING	xxx	211B	2110047101	MILROY-U	SP40050									
1	1	004805966	SS COVER W/BREATHER GSKET (AFTER 3/92)	xxx	211C	2110279020	MILROY-U	SP40050									
1	1	004805962	BELLOWS COVER	xxx	240A	2400003181	MILROY-U	SP40050									
1	1	004805990	DRAIN OIL LEVEL PLUG	xxx	402P	4020099021	MILROY-U	SP40050									
3	3	004806006	MACHINE SCREW	xxx	405AH	4050212042	MILROY-U	SP40050									
1	1	004806014	STROKE STOP SET SCREW	xxx	405B	4050044074	MILROY-U	SP40050									
1	1	004806412	SLIDING SHOE HUT	xxx	405D	4050061012	MILROY-U	SP40050									
1	1	004806022	CRANK NUT	xxx	405E	4050121021	MILROY-U	SP40050									
1	1	000372631	MAGNET	xxx	406A	4060227000	MILROY-U	SP40050									
1	1	3702420	BALL CHECK 3/8", 304SS	xxx	407A	4070014110	MILROY-U	SP40050									
1	1	000997297	STROKE ADJ SCREW O-RING	xxx	408A	4080099091	MILROY-U	SP40050									
1	1	000370970	WORM SHAFT SEAL	xxx	408B	4080031050	MILROY-U	SP40050									
1	1	001045715	CROSSHEAD SEAL	xxx	409C	4090031020	MILROY-U	SP40050		2							

Fuente: ECOPETROL – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Terminando la creación de los Apl's en el sistema, se finaliza el proceso y se debe garantizar que los Apl's creados se encuentran completos y confiables (Ver Figura 46).

Figura 46. Apl de configuración en el sistema Elipse de la Refinería de Barrancabermeja – ECOPETROL.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Es importante garantizar que una vez terminado el proceso de creación de los APL's en el sistema Ellipse, se mantenga esta información actualizada a lo que se tiene en campo.

## **4. RESULTADOS.**

### **4.1 RESULTADOS DEL PROYECTO.**

Según los objetivos planteados al iniciar el proyecto se describe a continuación los resultados que se obtuvieron.

El primer objetivo que se cumplió fue la realización del inventario de los equipos rotativos del área ambiental, en donde se clasificaron los equipos por las diferentes ubicaciones y procedimientos operacionales del área Ambiental de la GRB. En este inventario realizado se verificaron los datos de las placas de los diferentes equipos y se aseguró esta información en diferentes archivos.

Después de tener este inventario asegurado se procedió a crear la totalidad de los equipos faltantes en el sistema Ellipse (sistema que se maneja en la refinería), y así además de asegurar esta información el Ellipse se cumple con el primer requisito para la creación de los Apl's en el sistema Ellipse

Simultáneamente se realizó una inspección en los diferentes archivos de la Refinería para obtener la información necesaria del fabricante (Bill of material, Sectional drawing, manual de operación) que no se tenía específicamente en los archivos del área ambiental y se necesitaba para la realización satisfactoria de los Apl's. En este proceso se debe aclarar que alguna información no se encontró en estos archivos, por esta razón se contactó a los diferentes representantes de los fabricantes de los equipos y se les pidió dicha información. La información que fue suministrada por parte del fabricante se aseguró de manera física en las carpetas del archivo del área ambiental y de manera digital. Finalmente a los 140 equipos rotativos del área ambiental y sus componentes principales se les aseguró la información necesaria para la realización de los Apl's en el archivo de los equipos rotativos del área ambiental.

También se realizó una clasificación o reclasificación de los equipos y así tener una prioridad en los 140 equipos para la creación de los Apl's, esta clasificación se basó del RCM que se realizó en el área ambiental en el 2009 y que clasifico los equipos por criticidad, también se tuvieron en cuenta los equipos que su reparación estaba planeada para el año 2011 y 2010. En esta reclasificación se dio como resultado 2 grupos (ver Tabla 25. Equipos pertenecientes al primer grupo de clasificación. Tabla 26. Equipos pertenecientes al segundo grupo de clasificación.) Con un total de 36 equipos, dando una prioridad 1 y 2 respectivamente para empezar la realización de los Apl's. Se debe mencionar que esta reclasificación se hizo con la ayuda del ingeniero de equipo rotativo encargado del área ambiental.

Después de tener este proceso en este punto, se procedió a iniciar con la creación de los Apl's del área ambiental; para esto se creó un formato en Excel que serviría para crear el borrador de Apl's de cada equipo. En este formato se realizaron la totalidad de los borradores de Apl's para los 36 equipos rotativos del área ambiental clasificados en los 2 grupos ya mencionado. También se aseguró el borrador de Apl's de los 104 equipos restantes.

Después de tener este borrador de Apl y de tener la revisión o el VoBo del ingeniero encargado del área Ambiental se procedió a crear en el sistema Ellipse el Apl de cada uno de los 36 equipos ya mencionados anteriormente.

#### **4.2 BENEFICIOS DE LA CREACION DE LOS APL'S.**

La creación de los Apl's para los diferentes equipos de la Refinería trae diferentes beneficios para la planta de los equipos utilizados.

A continuación se mencionan los diferentes beneficios que se obtienen al tener los Apl's completos en el área Ambiental.

- Con la creación de los Apl's se garantiza la información confiable y completa de las piezas que componen los diferentes equipos rotativos críticos del Área Ambiental de la GRB.
- Con esta información se contribuye para la gestión y reparación de los diferentes equipos que salen a mantenimiento y taller ya que en los Apl's se encuentran las características principales de las piezas para la compra o fabricación como por ejemplo el código de ECOPETROL y el del fabricante.
- Los técnicos encargados de la reparación de los diferentes equipos pueden consultar las piezas de estos equipos en cualquier lugar de la empresa pues esta información se encuentra asegurada en el sistema Ellipse de la compañía.
- Al momento de planear una reparación los ingenieros encargados de esta tarea cuentan con la información necesaria para garantizar cuales son los repuestos del equipo a reparar y que fabricante lo proporciona.
- Se mejoran los tiempos de reparación de los equipos ya que el encargado de gestionar las compras de los repuestos tiene la información necesaria para proceder con la compra o fabricación de las diferentes piezas.
- Cualquier ingeniero o personal de la refinería interesados por la información de algún equipo gemelo, hermano o similar a los equipos rotativos del área ambiental, pueden encontrar las características o información técnica básica en el archivo de equipo rotativo - área ambiental, de la GRB.

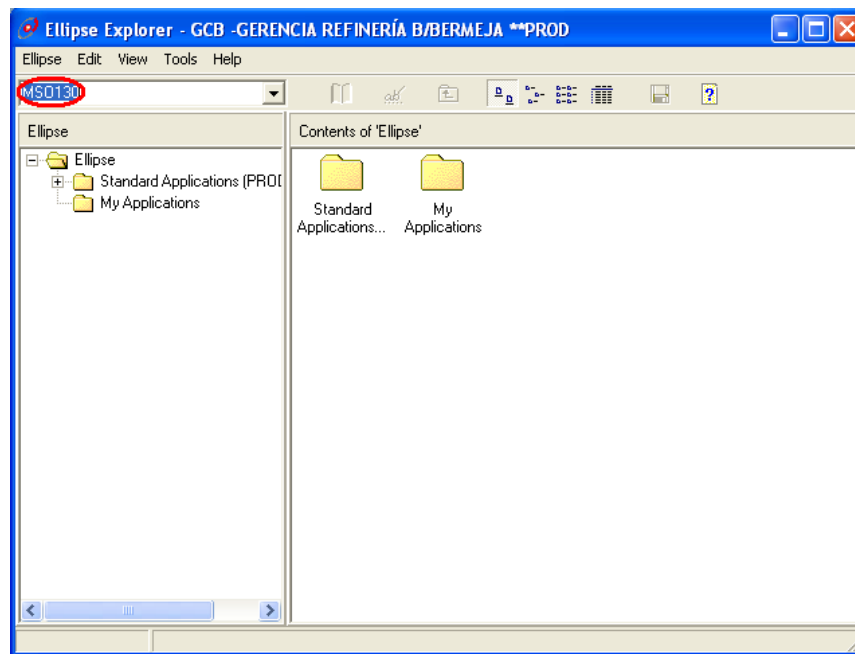
- La realización de los Apl's contribuye con el objetivo principal del área ambiental que es la de velar por un buen manejo de las sustancias que salen de todo el proceso en la refinería, controlando emisiones y por ende el impacto al medio ambiente ya que con la disponibilidad de la información necesaria al momento de reparar los equipos se genera un menor tiempo de reparación y por ende más disponibilidad de los equipos en operación.
- Reducir los costos de mantenimiento de los equipos es otro de los grandes beneficios de la creación de los Apl's ya que en ellos se suministra la información necesaria para que al momento de gestionar la compra se haga con el fabricante que da mejores precios sin temer de ser algo se no se necesita.
- La realización de los Apl's contribuye con el compromiso social y ambiental que ECOPETROL tiene con la región y el país al garantizar no enviar agua contaminada al Río Magdalena, pues en los Apl's se encuentra la información necesaria para un mejor mantenimiento tanto en tiempo como en costos de reparación, de los equipos rotativos del área ambiental.

## 5. PROCEDIMIENTOS.

### 5.1 CREAR UN APL. EN EL SISTEMA ELLIPSE DE LA GRB.

La opción de crear un APL de configuración se debe hacer de manera correcta y confiable con el fin de poder contar con información fehaciente de las partes de los equipos y por ende de los repuestos que pudieren llegar a ser necesarios en una reparación del mismo.

Figura 47. Pantalla de inicio Elipse.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

En la pantalla inicial de ELLIPSE, se introduce el código MSO130 y se presiona la tecla ENTER

Se despliega enseguida la pantalla MSM130A, en la cual se puede seleccionar las siguientes opciones:

- Crear lista de partes: usado para configurar un nuevo APL
- Ingresar ítem a un APL: usado para introducir un nuevo ítem a un APL ya creado
- Modificar un APL: funciona cuando se quieren adicionar o modificar información de algunos ítems.
- Copiar un APL existente como un nuevo APL: sirve cuando se quiere crear un APL similar a uno ya existente.
- Eliminar información de un APL: se utiliza cuando se desea eliminar alguna información de un APL.
- Mantener múltiples ítems de un APL

Para crear un APL se selecciona la opción 1-crear lista de partes.

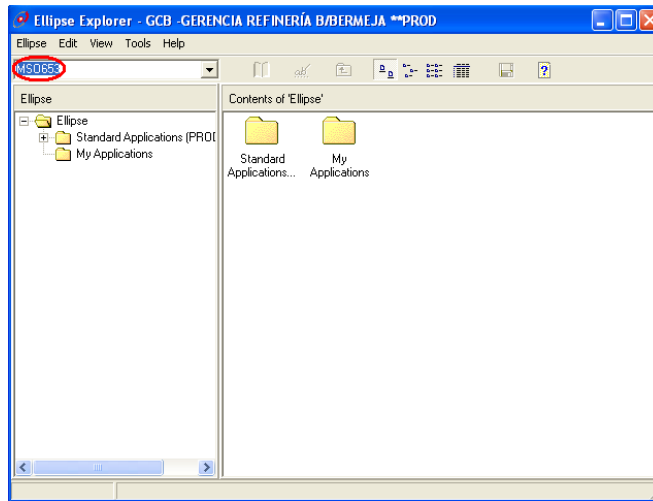
Figura 48. Primera paso para crear un APL de configuración el Elipse.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego en la misma ventana inicial de ELLIPSE, se introduce el código MSO653 y presionamos la tecla ENTER

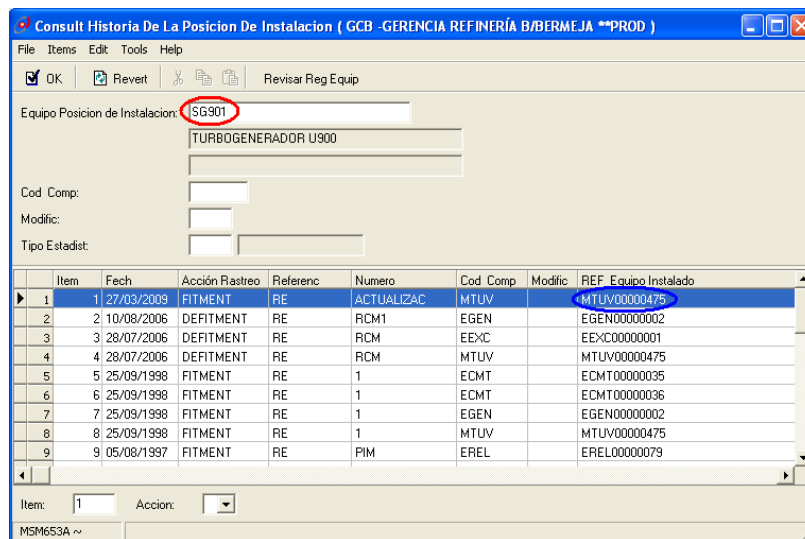
Figura 49. Ubicación para introducir el código Elipse.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se despliega la siguiente ventana en la se introduce el TAG del sistema, en equipo posición de instalación, al que se le va amarrar el APL, seguido de la tecla ENTER

Figura 50. Ventana para introducir la identificación del equipo.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se da doble clic sobre la referencia del equipo instalado, es decir, sobre la referencia del componente del sistema al cual se le quiere hacer el APL.

En la siguiente ventana que se despliega se copia el número REF Equipo Instalado

Figura 51. Ventana de características de equipo.

Item	Value
Item	1
Fecha	27/03/2009
Acción Rastreo	FITMENT
Referenc	RE
Numero	ACTUALIZAC
Cod. Comp	MTUV
Modific	
REF Equipo Instalado	MTUV00000475
Descripción Equipo Montado 1	TMAXEN: PMAXEN: RPPMAX:
Descripción Equipo Montado 2	HPMAX: RPMCRIT: GIRO:

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego se vuelve a la ventana MSM130A en donde se pega en Equipo el número REF Equipo Instalado, en Cód. Componente se despliega la siguiente ventana y se selecciona el tipo de componente según la descripción de este.

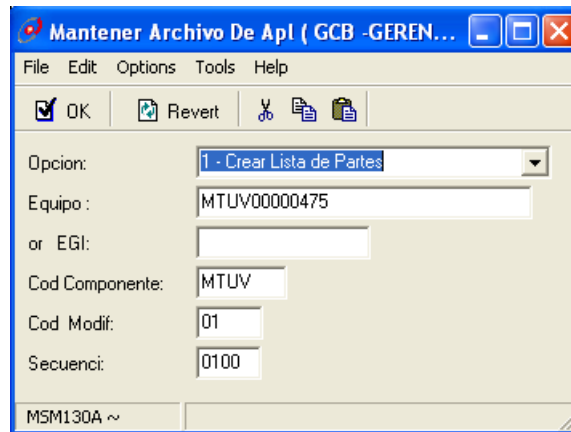
Figura 52. Ventana de selección de componentes.

Code	Description
---	API DE CATALOGO
0	ACTUALIZA ADMON ECP*
JACAR	CARGADOR
JACOM	VIBROCOMPACTADOR
ACPD	COMPRESOR PORTATIL
AGRF	GRUA FWA
AGRM	GRUA MOVIL
AHOR	CAMION HORCAJADAS
ALE	CÓDIGO TEMPORAL PARA CORREGIR ERRORES DEL EALE
ALIV	AUTOMOTOR LIVIANO
AMCI	MOTOR COMBUSTION INTERNA
AMDI	MOTOR COMBUSTION INTERNA: DIESEL
AME	CÓDIGO TEMPORAL PARA CORREGIR ERRORES DEL EAME
AMGA	MOTOR COMBUSTION INTERNA: GASOLINA
AMON	MONTACARGA
ANIV	MOTONIVELADORA
...	...

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

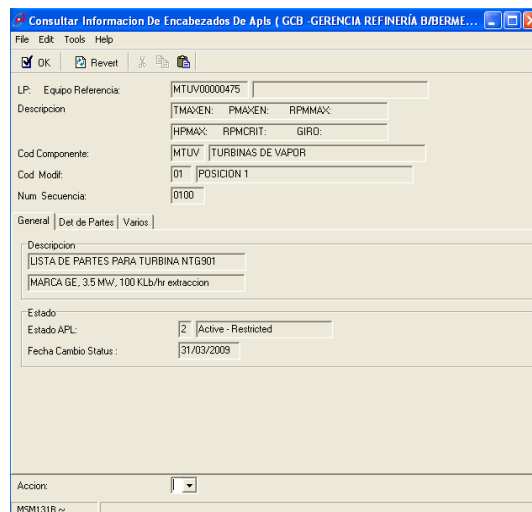
En la siguiente casilla, CODIGO MODIFICADOR, se ingresara 01 para un APL nuevo y 02, 03 según sea la versión de un APL existente pero actualizado. En la casilla de secuencia se debe ingresar 0100, para un APL de configuración. Luego se da clic en OK

Figura 53. Ventana inicial para la creación de APL's.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Figura 54. Ventana para introducir las características del equipo.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Aparece la siguiente ventana en la cual se debe llenar la descripción indicando en el primer renglón LISTA DE PARTES PARA, y en el segundo renglón una breve

descripción del equipo con el TAG y en lo posible con el nombre del fabricante, tipo y número de serie.

Posteriormente, en el campo Estado, se debe seleccionar la opción 2-Active Restricted, opción que permite que el APL sea revisado por todo el que tenga acceso a ELLIPSE pero que solo sea modificado por el propietario del APL.

Tabla 27. Acceso a APL's en Elipse.

Códigos de Estado	Estado	Mantenido Por	Solicitudes Permitidas	Revisión
'1'	Activo no restringido	Cualquier usuario con acceso A Mantenimiento APL Menú (MSO130)	Sí	Cualquier usuario con acceso a revisión APL Menú (MSO131)
'2'	Activo restringido	Propietario APL únicamente	Sí	Cualquier usuario con acceso a la revisión APL
'3'	Inactivo no restringido	Cualquier usuario con acceso AI Mantenimiento APL	No	Cualquier usuario con acceso a la revisión APL
'4'	Inactivo restringido	Propietario APL únicamente	No	Cualquier usuario con acceso a la revisión APL Menú (MSO131)

Figura 55. Ventana de referencia.

The screenshot shows a software window titled "Create Mantener Encabezado Apl ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains several input fields and a dropdown menu. The fields are:

- Referencia Equipo: MTUV00000475
- Descripcion: TMAXEN: PMAXEN: RPMMAX: HPMAX: RPMCRIT: GIRO:
- Cod Componente: MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Cod Modif: 01 POSICION 1
- Num Secuencia: 0100

Below the fields, there are tabs for "General", "Det de Partes", and "Varios". The "Det de Partes" tab is selected, showing a description: "LISTA DE PARTES PARA T0901".

At the bottom, there is an "Estado:" dropdown menu with a list of options:

- 1 - Active Unrestricted
- 2 - Active Restricted
- 3 - Inactive Unrestricted
- 4 - Inactive Restricted

Other fields include "Fecha Cambio Status:" and "Accion:".

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego se selecciona la pestaña Det de Partes y en el campo Dueño APL se coloca GTECER01. Este dueño de APL le dará oportunidad de modificar el APL solamente a las personas que tengan el perfil de profesional de confiabilidad de equipo rotativo.

Luego se le da click en confirmar.

Figura 56. Ventana de referencia 2.

Windows application window titled "Create Mantener Encabezado Apl ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains a form with the following fields:

- Referencia Equipo: MTUV00000475
- Descripcion: TMAX:EN: PMAX:EN: RPMMAX: (empty)
- HPMAX: RPMCRIT: GIRO: (empty)
- Cod Componente: MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Cod Modif: 01 POSICION 1
- Num Secuencia: 0100
- General Det de Partes Varios
- Dueño APL: **GTECER01** PROFES. DE CONFIABILIDAD EQUIPO ROTATIVO
- Num Stock: (empty)
- Mnemónico: (empty)
- Ni Parte: (empty)
- Num Documento: (empty)
- Acción: (dropdown menu)

Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Aparece nuevamente la pantalla en la cual se puede notar que por defecto el sistema elimina el primer renglón de la descripción por lo que se debe volver a escribir en ese renglón LISTA DE PARTES PARA y nuevamente en confirmar.

Figura 57. Ventana que da las características del Apl.

Windows application window titled "Consultar Información De Encabezados De Apls ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA...". The window contains a form with the following fields:

- LP: Equipo Referencia: MTUV00000475
- Descripcion: TMAX:EN: PMAX:EN: RPMMAX: (empty)
- HPMAX: RPMCRIT: GIRO: (empty)
- Cod Componente: MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Cod Modif: 01 POSICION 1
- Num Secuencia: 0100
- General Det de Partes Varios
- Descripcion: LISTA DE PARTES PARA TURBINA NTG901  
MARCA GE, 3.5 MW, 100 KLB/hr extraccion
- Estado: Estado APL: 2 Active - Restricted
- Fecha Cambio Status: 31/03/2009
- Acción: (dropdown menu)

Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se despliega entonces la siguiente ventana en la que puede empezar a ingresar cada ítem del APL.

Para esto se ingresa en la pestaña Item Details, en renglón Stock Code el código Mims de la parte a catalogar y luego se presiona la tecla ENTER.

Figura 58. Ventana para ingresar datos.

The screenshot shows a software window titled "Modify Apl Item Information ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window has a menu bar with "File", "Edit", "Tools", and "Help". Below the menu bar are icons for "Save", "Revert", and other functions. The main area is divided into several sections:

- Equipment Reference:** MTUV0000477
- Description:** TMAXEN: PMAXEN: RPPMAX:  
HPMAX: RPPMCRIT: GIPO:
- Component Code:** MTUV | TURBINAS DE VAPOR
- Modifier Code:** 01 | POSICION 1
- Sequence Number:** 0100

Below these fields are tabs for "Item Details", "Other", and "Sub APL". The "Item Details" tab is active and contains:

- Item Number:** 1
- Date Last Modified:** 31/03/2009
- Item Type:** [dropdown menu]
- Part Details:**
  - Stock Code:** 497644 (circled in red)
  - Mnemonic:** [text field]
  - Part Number:** [text field]
  - Colloquial Name:** [text field]
  - Item Description:** [text field]
  - Cycle Months:** 0

At the bottom, there is an "Action:" dropdown menu and a status bar showing "MSM130C ~".

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Aparecerán entonces algunas características de esa parte como el Mnemonic o nombre del fabricante, numero de parte y la descripción del ítem.

Figura 59. Ventana para ingresar datos 2.

The screenshot shows the 'Modify Apl Item Information' window with the 'Item Details' tab selected. The window title is 'Modify Apl Item Information ( GCB - GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )'. The menu bar includes File, Edit, Tools, and Help. The toolbar contains Confirm, Revert, and other icons. The form fields are as follows:

Equipment Reference:	MTUV0000477		
Description:	TMAXEN: PMAXEN: RPMMAX: HPMAX: RPMCRIT: GIRO:		
Component Code:	MTUV TURBINAS DE VAPOR		
Modifier Code:	01 POSICION 1		
Sequence Number:	0100		
Item Number:	5	Date Last Modified:	31/03/2009
Item Type:	Stocked		
Part Details:	Stock Code: 000437644 Mnemonic: GE-CARIB Part Number: CAT 0608 POS: Colloquial Name: Item Description: BEARING, THRUST ASSY ,BEARING TBN THRUS Cycle Months: 0		

At the bottom, there is an 'Action:' dropdown menu and a status bar showing 'MSM130C ~'.

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego se debe pasar a la pestaña Other e insertar las cantidades tanto instaladas como requeridas para el equipo.

Figura 60. Ventana para ingresar datos – Other.

The screenshot shows the 'Modify Apl Item Information' window with the 'Other' tab selected. The window title is 'Modify Apl Item Information ( GCB - GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )'. The menu bar includes File, Edit, Tools, and Help. The toolbar contains Confirm, Revert, and other icons. The form fields are as follows:

Equipment Reference:	MTUV0000477	
Description:	TMAXEN: PMAXEN: RPMMAX: HPMAX: RPMCRIT: GIRO:	
Component Code:	MTUV TURBINAS DE VAPOR	
Modifier Code:	01 POSICION 1	
Sequence Number:	0100	
Item Details:	Other	Sub APL
Item Quantities:	Quantity Installed: 1 Quantity Required: 1 Unit of Issue: EA	
Costing Details:	Estimated Cost: 0 Cost Type:	

At the bottom, there is an 'Action:' dropdown menu and a status bar showing 'MSM130C ~'.

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se da click en Confirm y aparecerá la siguiente ventana en la cual seguimos los pasos anteriores para catalogar más Ítems en el APL

Figura 61: Ventana para ingresar datos 3.

The screenshot shows a software window titled "Modify Apl Item Information ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains several input fields and sections:

- Equipment Reference:** MTUV00000477
- Description:** Fields for TMAX:EN, PMA:EN, RPMMA:EN, HPMAX:, RPMCRIT:, and GIRO:.
- Component Code:** MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Modifier Code:** 01 POSICION 1
- Sequence Number:** 0100
- Item Details | Other | Sub APL** (tabbed interface)
- Item Number:** [Empty field]
- Date Last Modified:** 31/03/2009
- Item Type:** [Dropdown menu]
- Part Details:**
  - Stock Code: [Empty field]
  - Mnemonic: [Empty field]
  - Part Number: [Empty field]
  - Colloquial Name: [Empty field]
  - Item Description: [Empty field]
  - Cycle Months: 0
- Action:** [Dropdown menu]
- MSM130C ~

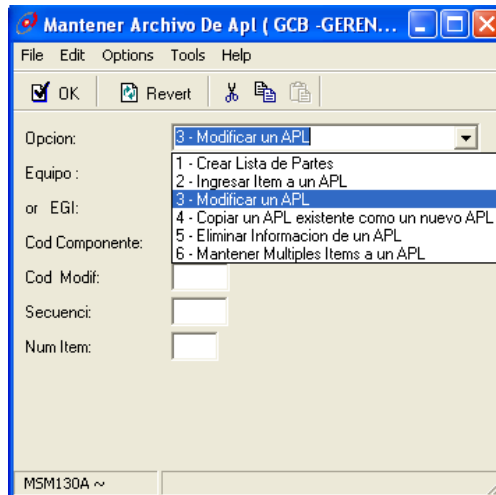
Fuente: ECOPEPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

## 5.2 PROCEDIMIENTO PARA MODIFICAR UN APL.

Este procedimiento se realiza cuando se quiere eliminar, modificar o agregar algún ítem de un APL, así como también para cambiar su descripción y estado de restricción.

En la pantalla inicial de ELLIPSE, se introduce el código MSO130 y se presiona la tecla ENTER, se despliega la siguiente pantalla y se escoge la opción 3-Modificar un APL.

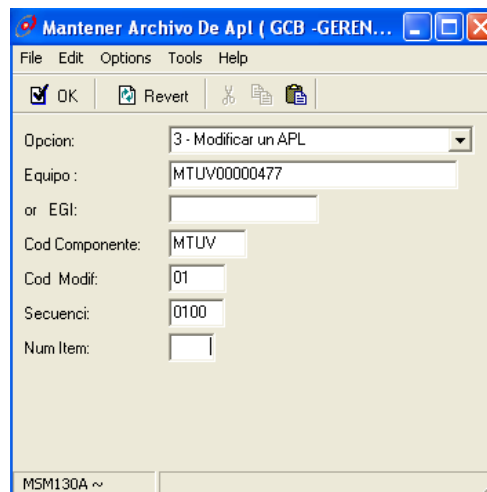
Figura 62. Modificar un APL.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego de escoger la opción 3, se agrega en el renglón Equipo el número de referencia del equipo al que se le quiere modificar el APL, en el campo Cod Componente se ingresa el tipo de equipo, en Cod Modif se debe ingresar 01 para un APL nuevo y 02, 03 según sea la versión de un APL existente o si se está actualizando, en la casilla de secuencia se debe ingresar 0100, para un APL de configuración. Luego se da click en OK

Figura 63. Modificar un APL 2.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

En la siguiente pantalla que se despliega se debe percatar del error que comete el sistema eliminando el primer renglón de la descripción, por lo que es necesario volver a llenar este campo.

Figura 64. Modificar un APL 3.

The screenshot shows a software window titled "Modify Mantener Encabezado Apl ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains a form with the following fields and values:

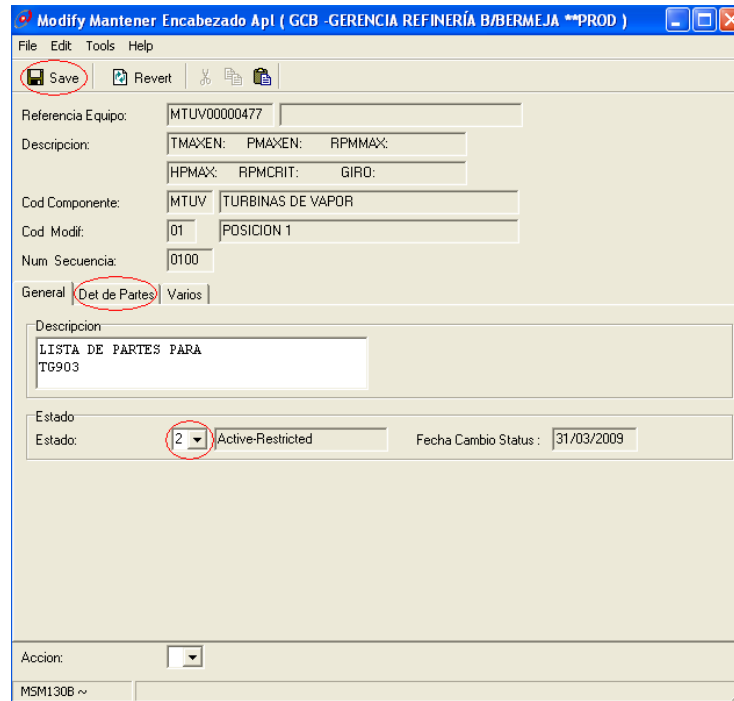
- Referencia Equipo: MTUV00000477
- Descripción: TMAX:EN: FMAX:EN: RPMMAX:EN: HPMAX:EN: RPMCRIT:EN: GIRO:EN:
- Cod Componente: MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Cod Modif: 01 POSICION 1
- Num. Secuencia: 0100

Below these fields are tabs for "General", "Det de Partes", and "Varios". The "Descripción" field is highlighted with a red border and contains the text "TG903". At the bottom, there is an "Estado" dropdown menu set to "2" and "Active-Restricted", and a "Fecha Cambio Status" field set to "31/03/2009".

Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se deben verificar y hacer las modificaciones necesarias en Estado y en la pestaña det de partes verificar que el dueño de APL sea GTECER01. Para luego dar click en SAVE.

Figura 65. Ventana de verificación del dueño del APL.



Fuente: ECOPEPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

En la siguiente pantalla entonces se mostrará los ítems que actualmente están en el APL que se quiere modificar.

Si no se le quieren hacer cambios a esos ítems se le da SAVE hasta que llegue al último ítem y el sistema permita agregar otro ítem.

Si se quiere eliminar algún ítem se escoge la opción Y en el renglón señalado en la siguiente imagen.

Si lo que se quiere es modificar la cantidad instalada o requerida de algún ítem, se ingresa en la ventana Other.

Figura 66. Ventana de detalle del Apl.

The screenshot shows a software window titled "Modify Apl Item Information ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains several input fields and sections:

- Equipment Reference:** MTUV0000477
- Description:** TMAX:EN: PMAX:EN: RPFMAX: (with sub-fields for HPMAX: and RPFMCRT: GIRO:)
- Component Code:** MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Modifier Code:** 01 POSICION 1
- Sequence Number:** 0100
- Item Details:** Includes tabs for "Other" and "Sub APL".
  - Item Number:** 1
  - Date Last Modified:** 31/03/2009
  - Item Type:** 5 Stocked
- Part Details:**
  - Stock Code:** 000497644
  - Mnemonic:** GE-CARIB
  - Part Number:** CAT 0608 POS:
  - Colloquial Name:**
  - Item Description:** BEARING, THRUST ASSY ,BEARING TBN THRUS
  - Cycle Months:** 0
- Action:** A dropdown menu with "Enter Y to delete this Item" highlighted by a red circle.

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Después de hacer la revisión de los datos de todos los ítems modificados se da click en SAVE y se permitirá entonces el ingreso de nuevos ítems, si se desea, sino se da nuevamente click en SAVE para terminar el proceso de modificar al APL.

Figura 67. Ventana que permite la modificación del Apl.

This screenshot shows the same "Modify Apl Item Information" window with updated data:

- Equipment Reference:** MTUV0000477
- Description:** TMAX:EN: PMAX:EN: RPFMAX: (with sub-fields for HPMAX: and RPFMCRT: GIRO:)
- Component Code:** MTUV TURBINAS DE VAPOR
- Modifier Code:** 01 POSICION 1
- Sequence Number:** 0100
- Item Details:**
  - Item Number:** 8
  - Date Last Modified:** 01/04/2009
  - Item Type:** (empty)
- Part Details:**
  - Stock Code:**
  - Mnemonic:**
  - Part Number:**
  - Colloquial Name:**
  - Item Description:**
  - Cycle Months:** 0
- Action:** A dropdown menu.

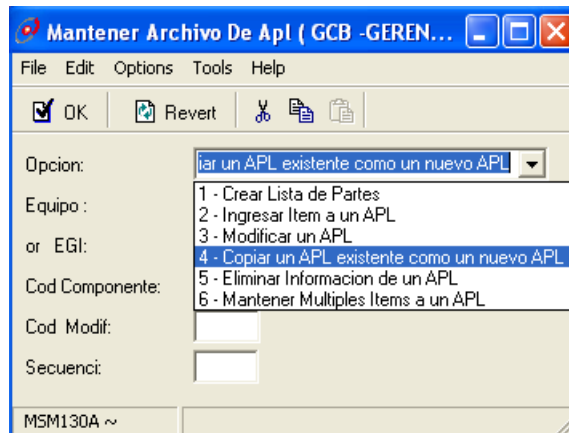
Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

### 5.3 PROCEDIMIENTO PARA COPIAR UN APL

Este procedimiento se utiliza cuando existe APL similar a uno que se desea crear, por lo que es más fácil copiar el APL existente y hacerle luego unas pequeñas modificaciones al mismo.

En la pantalla inicial de ELLIPSE, se introduce el código MSO130 y se presiona la tecla ENTER, se despliega la siguiente pantalla y se escoge la opción 4-Copiar un APL existente como un nuevo APL

Figura 68. Pantalla inicial para seleccionar operación.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Luego en el renglón de EQUIPO se escribe el número de ref del equipo del cual se va a copiar el APL, así como también se llenan los campos de Cod Componente, Cod Modif y Secuencia según corresponda. Y se da click en OK

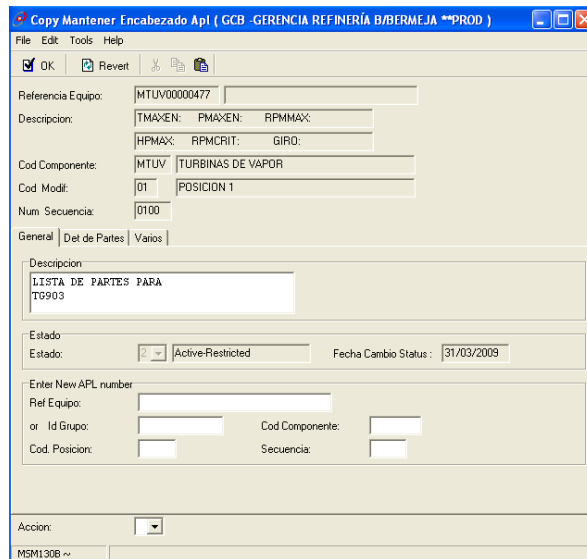
Figura 69. Pantalla inicial con la selección de la copia.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Se pasa entonces a la siguiente pantalla donde se deben hacer correcciones a la descripción ya que por defecto queda con la misma descripción del APL copiado.

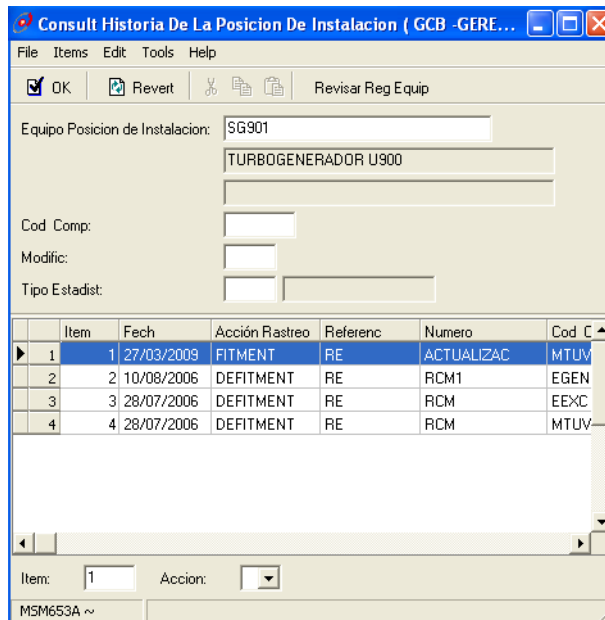
Figura 70. Pantalla inicial para la copia de Apl.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Para encontrar la referencia del equipo al que se le va a pegar el APL copiado, se ingresa por la ventana principal de ELLIPSE al MSO653 y allí pone el TAG del sistema permitiendo desplegar así todos los componentes pertenecientes a él.

Figura 71. Ventana principal de Ellipse MSO653.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Al seleccionar el componente deseado se copia el número de REF equipo instalado.

En el campo ENTER NEW APL NUMBER, REF EQUIPO se debe anotar el número de referencia del equipo al que se le va a pegar el APL copiado y también llenar los campos de Componente, Código a Modificar y Secuencia según corresponda.

Figura 72. Pantalla de copia del apl.

Copy Mantener Encabezado Apl ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )

File Edit Tools Help

OK Revert

Referencia Equipo: MTUV00000477

Descripcion: TMAXEN: PMAXEN: RPYMAX:  
HPMAX: RPMCRIT: GIRO:

Cod Componente: MTUV TURBINAS DE VAPOR

Cod Modif: 01 POSICION 1

Num Secuencia: 0100

General Det de Partes Varios

Descripcion  
LISTA DE PARTES PARA  
TG903

Estado  
Estado: 2 Active-Restricted Fecha Cambio Status : 31/03/2009

Enter New APL number  
Ref Equipo: MTUV00000475  
or Id Grupo: Cod Componente: MTUV  
Cod. Posicion: 01 Secuencia: 0100

Accion:

MSM130B ~

Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Paso seguido a la revisión de todos los campos de interés, se da click en OK y luego CONFIRM.

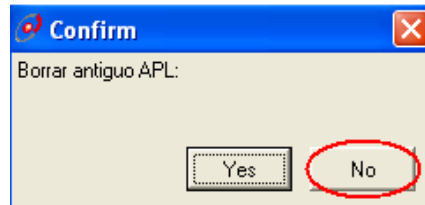


**ADVERTENCIA:** Deténgase en este paso y piense antes de ejecutar la acción

Aparecerá entonces la siguiente pantalla donde se debe tener especial cuidado, ya que el sistema por defecto señala Borrar antiguo APL, por lo que se debe evitar apresurarse a presionar ENTER.

En esta ventana debemos dar click en NO

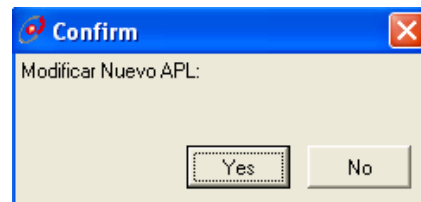
Figura 73. Pantalla de verificación.



Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Si desea modificar el APL copiado dar click en SI, pero si por el contrario considera dejar en el mismo estado el APL dar click en NO

Figura 74. Pantalla de verificación 2.



Fuente: ECOPELROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Si escogió YES, se despliega la siguiente pantalla donde deberá modificar la descripción para que se ajuste a la del equipo al que se le pegó el APL.

También se le debe hacer el ajuste de la restricción del Estado según la necesidad y revisar en la ventana de DET DE PARTES el Dueño de APL.

Luego se da click en SAVE.

Figura 75. Ventana de detalle de partes.

The screenshot shows a software window titled "Modify Mantener Encabezado Apl ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window contains several data entry fields and a list of parts. The fields are as follows:

Referencia Equipo:	MTUV00000475
Descripcion:	TMAX:EN: PMAX:EN: RPPMAX: HPMAX: RPMCRIT: GIRO:
Cod Componente:	MTUV TURBINAS DE VAPOR
Cod Modif:	01 POSICION 1
Num Secuencia:	0100

Below the fields, there are tabs for "General", "Del de Partes", and "Varios". The "Del de Partes" tab is active, showing a list of parts:

Descripcion:	LISTA DE PARTES PARA TG903
--------------	-------------------------------

At the bottom of the list, there is a status field:

Estado:	2	Active-Restricted	Fecha Cambio Status:	31/03/2009
---------	---	-------------------	----------------------	------------

At the very bottom, there is an "Accion:" dropdown menu and a status bar showing "MSM130B ~".

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Pasando entonces a la siguiente ventana se encuentra la opción de modificar, eliminar o agregar ítems.

Para modificar los ítems puede hacerse cambiando el número de STOCK catalogado, o si se desea modificar el número de partes instaladas o requeridas en el equipo ingresar en la pestaña Others.

Para eliminar ítem del APL se selecciona Y en el campo Enter Y to delete this ítem

Para agregar más ítem al APL se da clic en SAVE hasta que guarde todos los ítems que tiene el APL y al final permite agregar los ítems que desee.

Figura 76. Ventana que permite agregar datos al Apl.

The screenshot shows a SAP window titled "Modify Apl Item Information ( GCB - GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )". The window has a menu bar (File, Edit, Tools, Help) and a toolbar with icons for Save, Revert, and other functions. The main area contains several input fields and sections:

- Equipment Reference: MTUV0000475
- Description: TMAXEN: PMAXEN: RPMMAX: HPMAX: RPMCRIT: GIPO:
- Component Code: MTUV | TURBINAS DE VAPOR
- Modifier Code: 01 | POSICION 1
- Sequence Number: 0100
- Item Details | Other | Sub APL
- Item Number: 1 | Date Last Modified: 01/04/2009
- Item Type: S | Stocked
- Part Details:
  - Stock Code: 000497644
  - Mnemonic: GE-CARIB
  - Part Number: CAT 0608 POS:
  - Colloquial Name:
  - Item Description: BEARING, THRUST ASSY .BEARING TBN THRU
  - Cycle Months: 0
- Enter Y to delete this item:
- Action:

MSM130C ~

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

## 5.4 PROCEDIMIENTO PARA CREAR UN SUB APL DE CONFIGURACION

Un Sub APL de configuración es un objeto, que hace parte de un APL de configuración principal o padre y representa un conjunto de partes que complementan el listado de partes intrínsecas al componente del equipo.

### 5.4.1 Creación de un Sub APL.

Como ejemplo tomaremos el APL de configuración, del componente Bomba Centrífuga (MBCE), para el Equipo SP2421D. (S.I REFINERÍA). Características:  
TAG Equipo: SP2421D

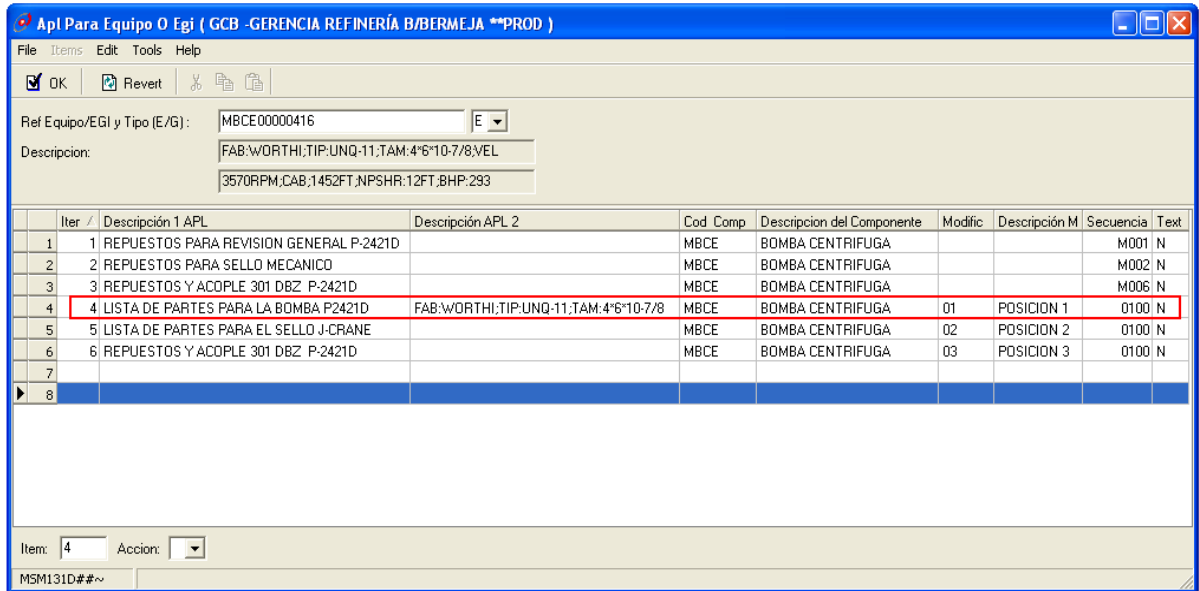
Código de Componente: MBCE00000416 ("Ref Equipo/EGI")

Componente: MBCE

Posición: 01

Secuencia: 0100 (Dueño GTECER01)

Figura 77. Detalles APL para el componente.



The screenshot shows a software window titled 'Apl Para Equipo O Egi ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )'. It contains a menu bar (File, Items, Edit, Tools, Help), a toolbar with 'OK', 'Revert', and other icons, and a form for equipment details. The 'Ref Equipo/EGI y Tipo (E/G):' field contains 'MBCE00000416'. The 'Descripcion:' field contains 'FAB:\WORTH\TIP:UNQ-11;TAM:4\*6\*10-7/8;VEL 3570RPM;CAB;1452FT,NPSHR:12FT,BHP:293'. Below this is a table with 8 rows and 9 columns. Row 4 is highlighted in red.

	Iter	Descripción 1 APL	Descripción APL 2	Cod. Comp	Descripción del Componente	Modific	Descripción M	Secuencia	Text
	1	REPUESTOS PARA REVISION GENERAL P-2421D		MBCE	BOMBA CENTRIFUGA			M001	N
	2	REPUESTOS PARA SELLO MECANICO		MBCE	BOMBA CENTRIFUGA			M002	N
	3	REPUESTOS Y ACOUPLE 301 DBZ P-2421D		MBCE	BOMBA CENTRIFUGA			M006	N
	4	LISTA DE PARTES PARA LA BOMBA P2421D	FAB:\WORTH\TIP:UNQ-11;TAM:4*6*10-7/8	MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	01	POSICION 1	0100	N
	5	LISTA DE PARTES PARA EL SELLO J-CRANE		MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	02	POSICION 2	0100	N
	6	REPUESTOS Y ACOUPLE 301 DBZ P-2421D		MBCE	BOMBA CENTRIFUGA	03	POSICION 3	0100	N
	7								
	8								

At the bottom of the window, there is a status bar with 'Item: 4' and 'Accion: [dropdown]'.

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

El Sub APL se incorpora al ALP padre en el procedimiento de inclusión de ítems, en cualquiera de los siguientes eventos:

Creación del APL principal de configuración.

Ingresar un ítem a un APL.

Modificar un APL

Copiar un APL existente como un APL nuevo.

Citados en el procedimiento de creación, copia y modificación de un APL.

En nuestro caso, el componente MBCE00000416, tiene un listado de partes con 24 ítems propios de la bomba centrífuga.

Figura 78. Lista de partes para la bomba P2421D

Consultar Items De Una Lp ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )

File Items Edit Tools Help

Encabezado

Apl: Equipo Referencia: MBCE00000416

Descripcion: FAB:WORTH;TIP:UNQ-11;TAM:4'6"-10-7/8;VEL:3570RPM,CAB:1452FT,NPSHR:12FT,BHP:293

Cod Componente: MBCE BOMBA CENTRIFUGA

Cod Modif: 01 POSICION 1

Número Secuencia: 0100

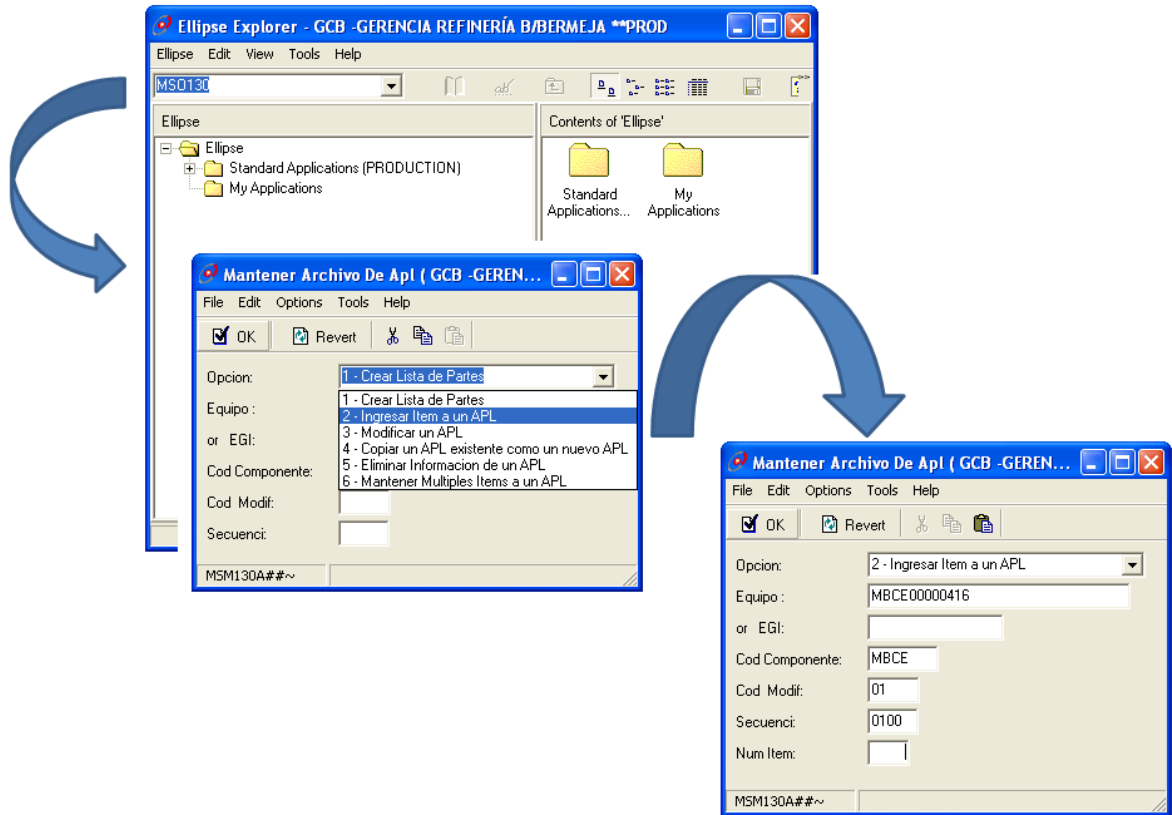
	Apl Item	Num Stock	Descripcion	Nr de Parte	Fabr/Ref	WH	U/D	Tipo Equipo	Cantidad Instalada	Cantidad Requerid	Ti
1	1	000623066	BEARING,BALL RADIAL CONTACT ,SIZE ID:55	6311-C3	SKF	01GE	EA	S	1,00	1,00	
2	2	000621771	BEARING,BALL SINGLE ROW ANGULAR CONTACT	7409BECBM	SKF	01GE	EA	S	2,00	2,00	
3	3	000424986	HOUSING, BEARING UNIT ,ITEM 217A	217A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
4	4	000424978	HOUSING, BEARING UNIT ,ITEM 217	0217	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
5	5	000425058	SHAFT ,ITEM 231, INCLUDE: KEYS AND NUTS	B13332	GCB-DWG	01GE	EA	S	1,00	0,00	
6	6	000425025	RING, WEAR, IMPELLER ,ITEM 224, CCN:6666	4022405630	WORTH-PU	01GE	EA	S	4,00	4,00	
7	7	000425017	RING, WEAR, CASING ,ITEM 223, CCN: 66661	4022305920	WORTH-PU	01GE	EA	S	4,00	4,00	
8	8	000425041	RING, SEALING ,ITEM 27A, CCN.66661620, R	5041123350	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
9	9	000424960	DIAPHRAGM, PUMP ,WITH BUSHING, CCN:69999	222A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
10	10	000425033	RING, SEALING ,ITEM 27, CCN:66661612, RE	5041122410	WORTH-PU	01GE	EA	S	7,00	7,00	
11	11	000424945	BUSHING ,ITEM 234A, CCN: 66661588, REF.N	4023406590	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
12	12	000424952	DIAPHRAGM, PUMP ,DIAMETER: 2-1/2" X 9"	0222	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00	2,00	
13	13	001014182	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,MAX. DIAMET	20034270000	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00	0,00	
14	14	000424934	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,MAX. DIAMET	2003426930	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00	0,00	
15	15	001014190	SLEEVE, SHAFT, PUMP ,ITEM 233, CCN:66663	4023326100	WORTH-PU		EA	S	2,00	2,00	
16	16	001014216	BUSHING ,ITEM 234B,CCN:69999999	4023406570	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
17	17	001014224	NUT, SLEEVE ,ITEM 235, CCN: 66669318, RE	4023511860	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
18	18	000678680	WASHER, LOCK ,SIZE:45 MM, TYPE:EXTERNAL	MB-9	SKF	01GE	EA	S	1,00	1,00	
19	19	000683912	LOCKNUT FOR SHAFT ,THREAD SIZE:M 45X1,5:	KM9	SKF	01GE	EA	S	1,00	1,00	
20	20	000639799	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE ,SIZE:301 TYPE	314499416116	THOMASRE	01GE	EA	S	1,00	0,00	
21	21	001043041	STUFFING BOX ASSEMBLY ,DISCHARGE END, ,IT	DWG-DM-120571/ITEM 205A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
22	22	001043058	STUFFING BOX ASSEMBLY ,SUCTION END, ,ITEM	DWG-DM-120571/ITEM 205	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	1,00	
23	23	001044239	CASING, ASSEMBLY ,TYPE SPLIT CASE, CONSI	DM.120571-200-202	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00	0,00	
24	24	000425009	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL ,DIAMETER:25	2003427000	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00	0,00	
25											
26											
27											

Item: Accion: MSM131C##~

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Utilizando el MSO130, opción 2. Ingresar Ítem a un APL, tenemos:

Figura 79. Secuencia para ingresar un ítem a un Apl.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

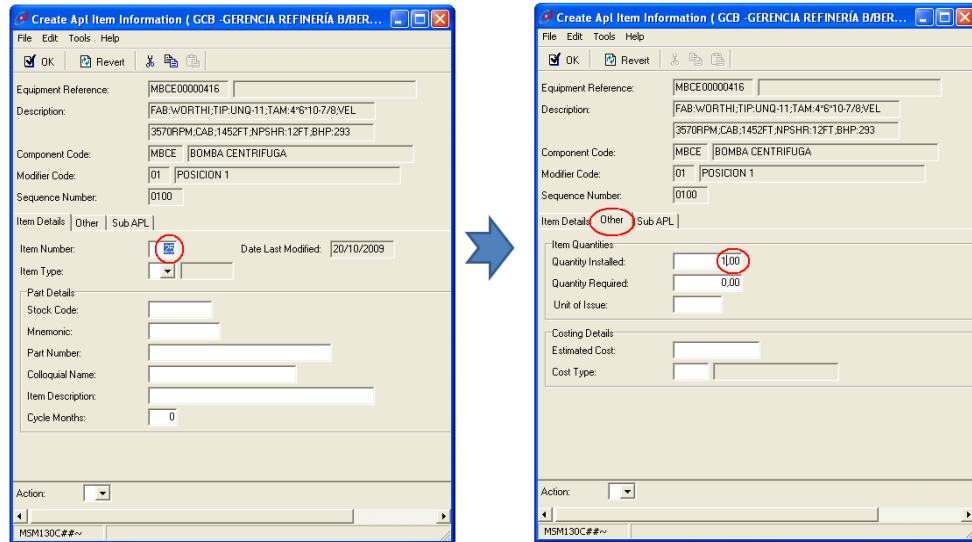
Esta secuencia nos lleva al último ítem (25) en donde podremos ingresar el Sub APL. Ver Figura 79.

El Sub APL que deseamos ingresar es para el sello de la bomba, entonces en la pestaña “Other” indicamos la cantidad instalada de dicho conjunto. Nótese que los demás campos están vacíos a excepción de la cantidad requerida.

La pestaña Sub APL es donde ingresan las características del Listado de Partes que se va a asignar como Sub APL de nuestro APL designado como padre. Equipment: En este campo se ubica el código\_ componente del cual se está tomando el APL. Puede ser el mismo código\_ componente al cual se le está

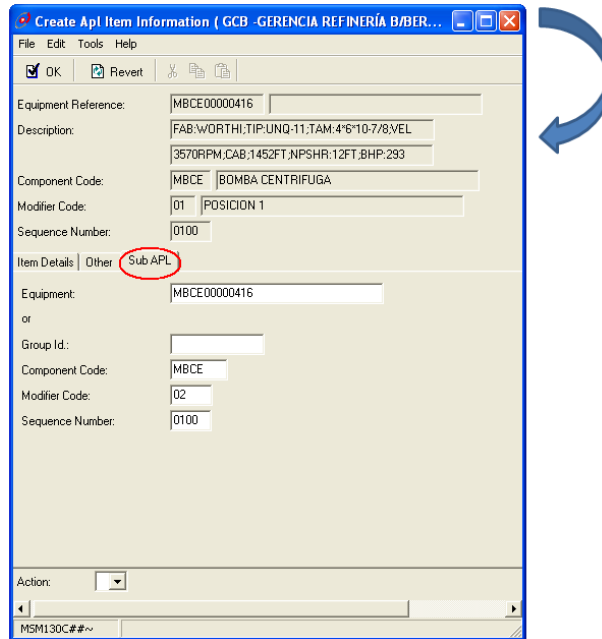
armando el APL principal. (Como en nuestro ejemplo). Así, los demás campos se infieren pues corresponden a las características del APL hijo. Ver Gráfica 5.

Figura 80. Secuencia recomendada para la inclusión de un Sub Apl.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

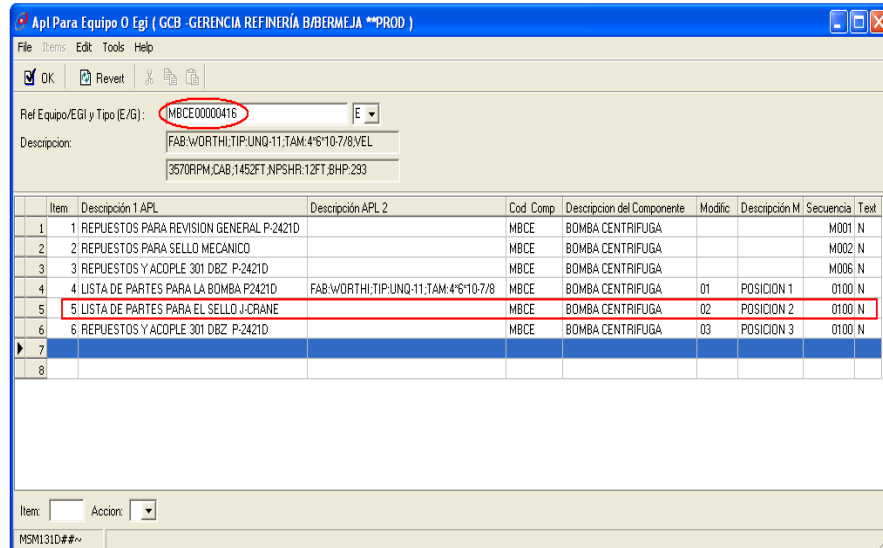
Figura 81. Ventana para la inclusión de datos del Sub Apl.



Fuente: ECOPETROL – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Equipment: MBCE00000416, del cual se obtiene el APL Component Code, Modifer Code and Sequence Number, son características del APL que se va amarrar al padre.

Figura 82. Características del APL que será aplicado como sub Apl de la bomba en referencia.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Después de llenar los campos adecuadamente, se termina la inclusión y verificamos que el Sub APL está amarrado al principal.

Se observa en los campos de interés. Gráfica 6.

Nuevo ítem: Ubicado en la posición 25.

Descripción: Es el nombre o descripción del APL. Este ya está definido, así que se muestra por defecto.

Fab/Ref: Este campo indica que el ítem es un Sub APL.

Tipo equipo: (A). Al momento de ingresar un ítem en el APL, por defecto Ellipse los menciona con un tipo, en la mayoría de los casos este tipo es S. Para el caso de un Sub APL es A.

Figura 83. Identificación de los campos del Apl padre cuando contiene un Sub Apl.

Apl Item	Num Stock	Descripcion	Nr de Parte	Fabr/Ref	wH	U/D	Tipo Equipo	Cantidad Instalada	Can
2	2	000621771	BEARING BALL SINGLE ROW ANGULAR CONTACT	74098ECBM	SKF	01GE	EA	S	2,00
3	3	000424986	HOUSING, BEARING UNIT_ITEM 217A	217A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
4	4	000424978	HOUSING, BEARING UNIT_ITEM 217	0217	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
5	5	000425058	SHAFT_ITEM 231, INCLUDE KEYS AND NUTS	B13332	GCB-DWG	01GE	EA	S	1,00
6	6	000425025	RING, WEAR, IMPELLER_ITEM 224, CCN 68666	4022406530	WORTH-PU	01GE	EA	S	4,00
7	7	000425017	RING, WEAR, CASING_ITEM 223, CCN 68661	4022305930	WORTH-PU	01GE	EA	S	4,00
8	8	000425041	RING, SEALING_ITEM 27A, CCN 68661620, R	5041123350	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
9	9	000424960	DIAPHRAGM, PUMP WITH BUSHING, CCN 639999	222A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
10	10	000425033	RING, SEALING_ITEM 27, CCN 68661612, RE	5041122410	WORTH-PU	01GE	EA	S	7,00
11	11	000424945	BUSHING_ITEM 234A, CCN 68661598, REF N	4023406590	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
12	12	000424952	DIAPHRAGM, PUMP DIAMETER: 2 1/2" X 3"	0222	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
13	13	001014182	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL MAX DIAMET	20034270000	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00
14	14	000424994	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL MAX DIAMET	2003426930	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00
15	15	001014190	SLEEVE, SHAFT, PUMP_ITEM 233, CCN 68663	402326100	WORTH-PU	EA	S	2,00	
16	16	001014216	BUSHING_ITEM 234B, CCN 63999999	4023406570	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
17	17	001014224	NUT, SLEEVE_ITEM 225, CCN 68668318, RE	4023511860	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
18	18	000678680	WASHER, LOCK, SIZE 45 MM, TYPE EXTERNAL	MB-9	SKF	01GE	EA	S	1,00
19	19	000683912	LOCKNUT FOR SHAFT, THREAD SIZE M 45x1,5;	KM9	SKF	01GE	EA	S	1,00
20	20	000639799	COUPLING, SHAFT, FLEXIBLE, SIZE 301 TYPE	314499416116	THOMASRE	01GE	EA	S	1,00
21	21	001043041	STUFFING BOX ASSEMBLY, DISCHARGE END, IT	DWG-DM-120571/ITEM 205A	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
22	22	001043058	STUFFING BOX ASSEMBLY, SUCTION END, ITEM	DWG-DM-120571/ITEM 205	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
23	23	001044239	CASING, ASSEMBLY, TYPE SPLIT CASE, CONSI	DM 120571-200-202	WORTH-PU	01GE	EA	S	1,00
24	24	000425009	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL DIAMETER: 25	2003427000	WORTH-PU	01GE	EA	S	2,00
25	25	LISTA DE PARTES PARA EL SELLO J-CRANE		SUB APL			A		1,00
26									
27									

Fuente: ECOPEPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

NOTA. Son claves los campos que indican el Sub APL y el tipo para no incurrir en errores.

### OBSERVACIONES

Los campos de No.Stock y Número de Parte para el ítem que indica un Sub APL, están vacíos por su condición de encabezado de un APL.

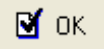
Cualquier APL puede ser a su vez un Sub APL de otro y sus características pueden variar indistintamente. Se recomienda utilizar APL's revisados según procedimiento.

Si el APL NO tiene Ítems por algún motivo, éste no podrá utilizarse como Sub APL, directamente.

Un APL que a su vez es Sub APL, NO puede ser eliminado. Por su condición de asociamiento Ellipse evita dicha operación; si se deseara borrar la información de esta lista de partes primero se quita la condición de Sub APL (MSO130/ opción (3)) y luego se lleva a cabo el proceso de eliminación. (A través del módulo MSO130 / opción (5)).

Visualización de los Ítems de un Sub APL.

La implementación de un Sub APL presenta la información de los listados de parte de forma más ordenada y estructurada, por esto es importante saber cómo visualizar su contenido.

Cuando veamos los ítems del listado de partes, seleccionamos el ítem del Sub\_APL y la Acción (A) “Review Sub-APL Items” y damos en .

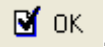
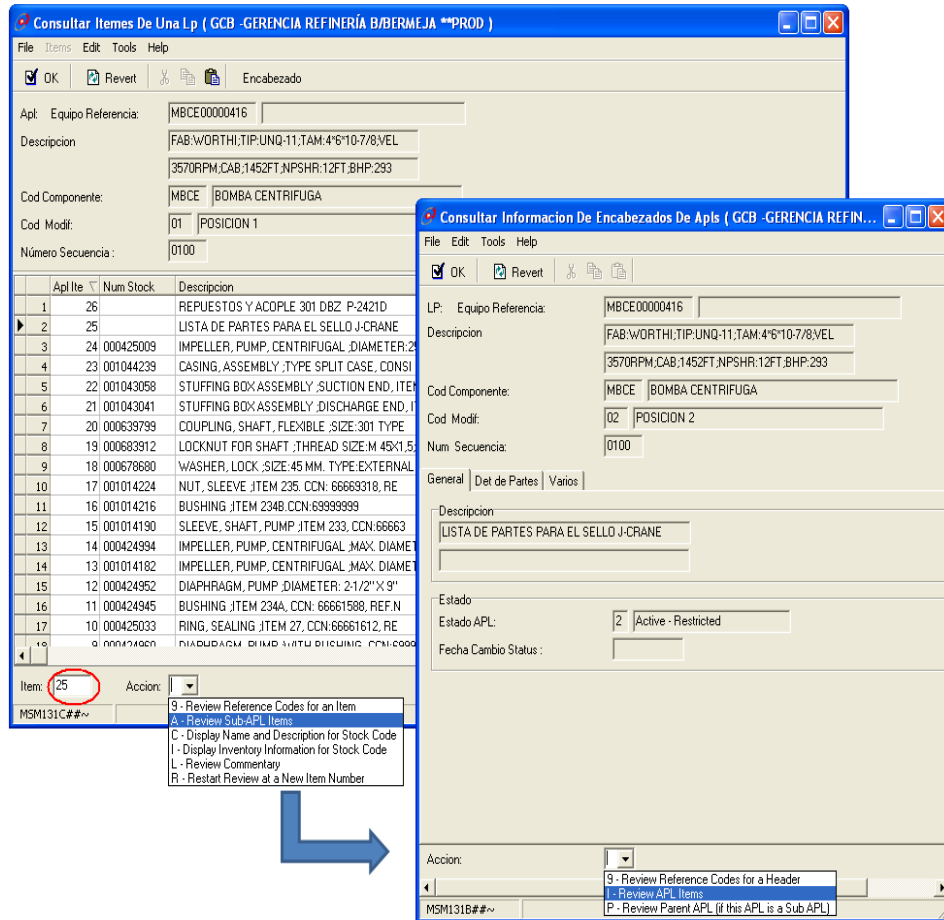
La ventana siguiente es el encabezado del Sub APL, utilizamos Acción (I) “Review APL Items” y damos en . Ver Figura 84.

Figura 84. Secuencia para visualizar ítem de un sub Apl.



Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Así encontramos la lista de partes para el Sub APL. Figura 85.

Figura 85. Lista de partes del sub Apl.

Consultar Items De Una Lp ( GCB -GERENCIA REFINERÍA B/BERMEJA \*\*PROD )

File Items Edit Tools Help

OK     Revert     Encabezado

Apl Equipo Referencia: MBCE0000416  
 Descripción: FAB:WORTH;TIP:UNQ-11;TAM:4\*6\*10-7/8;VEL:3570RPM;CAB:1452FT;NPSHR:12FT;BHP:293  
 Cod Componente: MBCE BOMBA CENTRIFUGA  
 Cod Modif: 02 POSICION 2  
 Número Secuencia: 0100

	Apl	Item	Num Stock	Descripcion	Nr de Parte	Fabr/Ref	WH	U/D	Tipo	Cantid
1	1	004471561		RING, MATING ;	D-3250-194-9225	J-CRANE		EA	S	1,00
2	2	000620872		O-RING ,NUMBER:2-243, BASE POLYMER:VITON	2-243 VIT75	PARKER-H	01GE	EA	S	1,00
3	3	004037859		RING, PRIMARY, MECHANICAL SEAL ,ITEM 3	C48-3500-002-9048	J-CRANE	01GE	EA	S	1,00
4	4	000620823		O-RING ,NUMBER:2-238, BASE POLYMER:VITON	2-238 VIT75	PARKER-H	01GE	EA	S	1,00
5	5	001025162		RETAINER ,ITEM 5, MATERIAL: S.S 316	A9-3500-230-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	1,00
6	6	001025105		SPRING ,ITEM 6, MATL: HASTELLOY C	4492	J-CRANE	01GE	EA	S	12,00
7	7	000802025		DISC, DRIVE, MECHANICAL SEAL ,ITEM 7, MA	A9-3500-023-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	1,00
8	8	001660901		RING, RETAINING ,ITEM 8, MATL: SS 316	A9-3375-055-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	1,00
9	9	000051847		SETSCREW ,SIZE:1/4 - 20 NC- 5/16 IN, MAT	1125-2005-000-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	6,00
10	10	000052746		O-RING ,NUMBER:2-232, BASE POLYMER:VITON	2-232 VIT75	PARKER-H	01GE	EA	S	1,00
11	11	004471595		SLEEVE, SHAFT, PUMP ,ITEM 11, MATERIAL:S	HJC-3000-395-0550	J-CRANE		EA	S	1,00
12	12	000053090		O-RING ,NUMBER:2-234, BASE POLYMER:VITON	2-234 VIT75	PARKER-H	01GE	EA	S	1,00
13	13	004471637		RING, PUMPING ,ITEM 15, MATERIAL:S.S.316	EJC-3625-358-0550	J-CRANE		EA	S	1,00
14	14	004471652		GLAND, ASSEMBLY ,ITEM 16, MATERIAL:S.S 3	BJC-3250-344-7831	J-CRANE		EA	S	1,00
15	15	004190997		SPACER, GLAND ,ITEM 25, MATERIAL: SINTER	H-0000-228-0570	J-CRANE	01GE	EA	S	1,00
16	16	000433284		SCREW, CAP, SOCKET HEAD ,ITEM 12, MATL:	2125-2006-000-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	2,00
17	17	000438267		SETSCREW ,ITEM 24, MATL: 316 S.S	1731-2408-000-0550	J-CRANE	01GE	EA	S	8,00
18	18	004471736		COLLAR ,ITEM 20, MATERIAL:S.S.316	H-2976-108-0550	J-CRANE		EA	S	1,00
19	19			ESTO ES UNA PRUEBA					G	0,00

Item:    Accion:    MSM131C##~

Fuente: ECOPETROL- Ellipse – Coordinación de Equipo rotativo CER.

Como se nota en la gráfica los ítems corresponden al Sub APL que ha sido amarrado al APL padre.

## 6. CONCLUSIONES

- Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto fue necesario primero realizar un estudio detallado de los diferentes equipos que operan en el área ambiental, así como tener un seguimiento y acompañamiento con los técnicos en la reparaciones que se realizaban a los equipos ya que se necesita conocer y entender los equipos para poder realizar los Apl's y así garantizar la confiabilidad de estos.
- Se realizó un estudio de la información histórica de los mantenimiento que se habían realizado a la fecha a cada uno de los diferentes equipos rotativos y así saber con detalle las modificaciones que se habían realizado en comparación con lo que inicialmente el fabricante entrego a la planta, también esta revisión nos suministraba información sobre los diferentes fabricantes o proveedores de las piezas que en su momento se necesitaron para las diferentes reparaciones.
- Fue necesario realizar la revisión de los Apl's que ya se habían creado en el sistema Ellipse por el área de mantenimiento o personal relacionado al mantenimiento d los equipos, ya que estos Apl's antiguos (viejos) aunque no son confiables, muestran si alguna pieza se encuentra catalogada dos veces o cuales son los diferentes fabricantes que la proveen.
- A partir de la información obtenida por los diferentes archivos de la GRB o de los fabricantes, así como del histórico de mantenimiento y los Apl's viejos encontrados en el sistema Ellipse, se realizó la depuración de esta información analizando pieza por pieza, sus compras, sus reparaciones, su fabricación y su procedencia, este proceso es indispensable para la realización de cada uno de los Apl's realizados ya que debe tener en cuenta el detalle más pequeño para garantizar los Apl's realizados.

- Se realizó el inventario de los equipos rotativos del área ambiental, cobertura del 100%, (140 Activos rotativos de la planta Ambiental) en donde se clasificaron los equipos por las diferentes ubicaciones y procedimientos operacionales del área Ambiental de la GRB. En este inventario realizado se verificaron los datos de las placas de los diferentes equipos.
- Se crearon la totalidad de los equipos rotativos que faltaban por ser incluidos en el sistema Ellipse (sistema que se maneja en la refinería), y así además de asegurar esta información el Ellipse se cumple con el primer requisito para la creación de los Apl's en el sistema Ellipse. Este paso se realizó con base en la información que se obtuvo de los datos de placa de cada equipo.
- Para tener una prioridad de los equipos al momento de realizar los Apl's se realizó una clasificación o reclasificación de los equipos, en base al RCM que se realizó en el área ambiental en el 2009 y que clasifico los equipos por criticidad; también se tuvieron en cuenta los equipos que su reparación estaba planeada para el año 2011 y 2010. En esta reclasificación se dio como resultado 2 grupos (ver Tabla 25. Equipos pertenecientes al primer grupo de clasificación.y Tabla 26. Equipos pertenecientes al segundo grupo de clasificación.) con un total de 36 equipos, dando una prioridad 1 y 2 respectivamente para empezar la realización de los Apl's.
- Se realizaron la totalidad de los borradores de Apl's para los 36 equipos rotativos del área ambiental clasificados en los 2 grupos ya mencionados. Adicionalmente se realizaron los borradores de Apl's de los 104 equipos restantes que no entraron a los 2 grupos.

- Se realizó la inclusión de los Borradores de Apl's en el sistema Ellipse una vez fueron revisados y aprobados, finalizando con esto la creación de los 36 equipos catalogados como más críticos en la operación del área ambiental.
- Con el desarrollo de este trabajo de grado se tuvo un contacto directo con la operación de la industria petrolera, sus diferentes negocios, estrategias de confiabilidad y estándares de calidad, permitiendo aplicar los diferentes conocimientos teóricos adquiridos en la academia y así poder contribuir con una participación más activa por parte de la universidad en el campo industrial.

## BIBLIOGRAFIA

GUTIÉRREZ, Alberto. Diseño Para La Medición De Confiabilidad, Mantenibilidad Y Disponibilidad De Equipos En Mantenimiento Industrial. Informe Final de Investigación. Medellín. Colombia. Universidad Eafit. 2004.

GRUPO EMPRESARIAL ECOPETROL. Coordinación de Equipo Rotativo. Archivo Físico. Área ambiental. Catálogos de bombas Goulds. Barrancabermeja. 2010.

----- . Coordinación de Equipo Rotativo. Archivo Físico. Área ambiental. . Manual de funcionamiento bomba de sumidero Flowserve. pdf. Barrancabermeja. 2010.

----- . Coordinación de Equipo Rotativo. Archivo Físico. Área ambiental. Procedimiento de profesional de confiabilidad de equipo rotativo para crear, modificar y/o copiar un Apl de configuración. Barrancabermeja. Versión: 2009-02

----- . Departamento de Gestión Integral del Riesgo Operacional. Área Ambiental. Archivos de la planta. Manual de descripción de procesos de la Unidad PTAR AMBIENTAL. Colombia 2011.

----- . ----- . Rrmsystem Rcm General Ptar. Colombia 2009.

FERNÁNDEZ DÍEZ, Pedro. Bombas Centrifugas y Volumétricas – Universidad de Cantabria - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética – PDF.

MOUBRAY, John. Camino hacia el RCM – Mantenimiento centrado en confiabilidad. Soporte & Cia Ltda. Colombia 2009.

MUÑOZ, Carlos Enrique. Planta de tratamiento de Aguas Residuales de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (PTAR-GRB). Grupo Empresarial Ecopetrol. Colombia 2010.

PEREZ JARAMILLO, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento. Sistemas de Información. Soporte y Cia Ltda. Colombia 2009.

----- . RCM2. Reliability. Centered. Maintenance. Aladon. Soporte y Cia Ltda. Colombia 2009.

----- . Casos De Éxito Y Sus Claves Sistemas de Información. Soporte y Cia Ltda. Colombia 2009.

PULSAFEEDER. Manufactures of quality pumps, control and systems. Pulsafeeder a unit of idex corporation. Boletin n° imp-96. bombas dosificadoras de membrana. 2011.

### **Internet.**

[www.reduceelcosto.blogspot.com](http://www.reduceelcosto.blogspot.com). El (bom) bill of materials. Html. 2009

[Http://Es.Wikipedia.Org/wiki/Planificacion\\_De\\_Los\\_Requerimientos\\_De\\_Material](http://Es.Wikipedia.Org/wiki/Planificacion_De_Los_Requerimientos_De_Material).


[www.gouldspump.com](http://www.gouldspump.com)

<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/> Dibujo de Ingeniería de French and Vierck y además maestra de Autocad


[www.agualatinoamerica.com/docs/pdf.7-8-02ref.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf.7-8-02ref.pdf)

## **ANEXOS**

ANEXO A. DATA SHEET DE BOMBAS DEL AREA AMBIENTAL DE LA GRB.

 GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA		DATA SHEET FOR CENTRIFUGAL PUMP		TAG: P-4025C REV 1																																																							
PLANT: PTAR PROJECT: REPOSICIÓN 2006 SERVICE: TRASIEGCO DE H <sub>2</sub> O PUMP MANUFACTURER: GOULDS PUMPS MODEL / SIZE / N° STAGES: MODELO 3196STX SIZE 1x1.5-8 1 STAGE Legend: <input type="checkbox"/> Indicates information to be completed. <input type="checkbox"/> By Purchaser <input type="checkbox"/> By Manufacturer		UNIT: U-4000 N° PUMPS REQUIRED: Una (1) PUMP TYPE: CENTRIFUGA HORIZONTAL P.O. No.: SERIAL: E738F067		DATE: 27/11/2006																																																							
BASEPLATE: Pumps to Operate in: (Parallel / Series) Parallel Driver Data Sheet No.'s: ANEXO		N° Motor Driven: Una (1) Motor Provided By: Proveedor		Motor Item N°: MP-4025C Motor Mounted By: Proveedor																																																							
● OPERATING CONDITIONS			● LIQUID																																																								
● Capacity Normal 45 gpm Min Rated 45 gpm ● Suction pump flange pressure / Suction design pressure _____ psig ● Discharge Pressure 44.5 psig ● Differential Pressure 43.5 psi ● Differential Head 55 ft ● Hydraulic Power 1.75 HP (Nota 1) ● NPSH Avail at liquid level 17 ft (Nota 2) ● Flpw controlled by: Flujo no controlado. (Nota 4) Service: <input type="checkbox"/> Continuous <input checked="" type="checkbox"/> Interm. (Starts / Day) (Nota 3)			● Type/Name of Liquid Acido sulfúrico ● Pumping Temperature Normal 118 °F Design 170 °F ● Specific Gravity 1.83 - 1.84 @ 118 °F ● Vapor Press. 0.0005 psia @ 118 °F ● Viscosity 10-12 cP @ 118 °F ● Viscosity @ Min. Temp 22 cP ● Corrosive/Errosive Agent H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 90% al 98.5% en peso + agua 1,5 al 6% en peso, H.C.Iv. + sulfato de alquilo 4 a 6%, hierro 300 a 1200 ppm ● Chloride Concentration (ppmw) ● H2S Concentration (ppmw) No reportado ● PH <1,0 Liquids: <input type="checkbox"/> Toxic <input type="checkbox"/> Flammable <input type="checkbox"/> Other Corrosivo																																																								
● SITE AND UTILITY DATA			● PERFORMANCE																																																								
Location: <input type="checkbox"/> Indoor <input type="checkbox"/> Heated <input type="checkbox"/> Under Roof <input checked="" type="checkbox"/> Outdoor <input type="checkbox"/> Unheated <input type="checkbox"/> Sun <input type="checkbox"/> Grade <input type="checkbox"/> Mezzanine <input type="checkbox"/> Eléct. Area Class Cl. Div. Gr. <input type="checkbox"/> Winterization Req. <input type="checkbox"/> Tropicalization Req. ● Corrosive Site Data: <input type="checkbox"/> Barometer psia <input checked="" type="checkbox"/> Range of Ambient Temperature Min/Max 69 / 109 (Dry Bulb) °F <input checked="" type="checkbox"/> Relative Humidity Min/Max 70 / 95 % Unusual Conditions: <input type="checkbox"/> Dust <input type="checkbox"/> Fume <input type="checkbox"/> Other _____ Site Elevation (above sea level) (79 mt) 259 ft Wind Velocity - Average 122 at 10 mt km/hr Seismic Zone Intermediate zone, NSR-98 Electricity: Voltage 460 Hertz 60 Phase 3 Instrument Air: Max/Min _____ / _____ psig Steam: <input type="checkbox"/> Min: _____ psig °F <input type="checkbox"/> Max: _____ psig °F <input type="checkbox"/> Exhaust: _____ psig			Proposal Curve No. CDS 5009-2 / 1 STAGE <input type="checkbox"/> RPM 1800 <input type="checkbox"/> Impeller Dia Rated _____ Max / Min _____ / _____ in <input type="checkbox"/> Rated Power _____ BHP Eff. _____ % <input type="checkbox"/> Minimum Continuous Flow, gpm: Note 4 _____ gpm <input type="checkbox"/> Thermal _____ gpm Stable _____ gpm <input type="checkbox"/> Max Head Rated Impeller _____ BHP <input type="checkbox"/> Max Power Rated Impeller _____ BHP <input type="checkbox"/> NPSH Required At Rated Cap. _____ ft <input checked="" type="checkbox"/> Suction Specific Speed < 11000 (Unidades inglesas) (Nota 9) <input type="checkbox"/> Max Sound Pressure Level 85 dBA @ 1 mt dBA <input type="checkbox"/> Max Particle Size _____ in Remarks: La velocidad especifica de succión será calculada con la velocidad en RPM, el flujo en galones por minuto y el NPSHR en pies.																																																								
● CONSTRUCTION			CASING SPLIT: <input type="checkbox"/> Axial <input checked="" type="checkbox"/> Radial IMPELLER MOUNTED: <input type="checkbox"/> Between Bearings <input checked="" type="checkbox"/> Overhung <input type="checkbox"/> Vertical Pump <input type="checkbox"/> Impellers Individually Secured CASE PRESSURE RATING: <input type="checkbox"/> Max. Allowable Pressure "F" _____ psig At Norm. Pump Temp. _____ psig <input type="checkbox"/> Hydro Test Pressure _____ psig <input type="checkbox"/> Suction Press. Regions of Multistage Or Double Casing Pump Designed For Maximum Allowable Work Pressure. ROTATION: (Viewed From Coupling End) <input type="checkbox"/> CW <input type="checkbox"/> CCW SHAFT: <input type="checkbox"/> Shaft Diameter At Sleeve _____ in <input type="checkbox"/> Shaft Diameter At Coupling _____ in <input type="checkbox"/> Shaft Diameter Between Brgs _____ in <input type="checkbox"/> Span Between Bearings Ctr Line _____ in <input type="checkbox"/> Span Between Bearing & Impeller _____ in CASING (Thickness): <input checked="" type="checkbox"/> Minimum Corrosion Allowance 1 / 8 in Remarks:																																																								
● Main Connections (Flanged ANSI B16.5, RF): <table border="1"> <thead> <tr> <th>Size in</th> <th>ANSI Rating</th> <th>Facing</th> <th>Position</th> <th>Other</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suction</td> <td>150</td> <td></td> <td>End</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Discharge</td> <td>150</td> <td></td> <td>Top</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Drain</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vent</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ● Connections Loads "F" (pounds): <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diam</th> <th>Fx</th> <th>Fy</th> <th>Fz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suction</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Discharge</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ● Connections Moments "M" (pound-feet): <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diam</th> <th>Mx</th> <th>My</th> <th>Mz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Suction</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Discharge</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> ● Dimensions Pump Skid Dimensions (mm) Length Width Height Other _____ CASING TYPE: <input checked="" type="checkbox"/> Single Volute <input type="checkbox"/> Double Volute <input type="checkbox"/> Staggered Volutes <input type="checkbox"/> Horiz. Double Cas. <input type="checkbox"/> Diffuser <input type="checkbox"/> Vertical Double Casing CASING MOUNTING: <input checked="" type="checkbox"/> Centerline <input type="checkbox"/> In-Line <input type="checkbox"/> Vertical			Size in	ANSI Rating	Facing	Position	Other	Suction	150		End		Discharge	150		Top		Drain					Vent					Other					Diam	Fx	Fy	Fz	Suction				Discharge				Diam	Mx	My	Mz	Suction				Discharge				REMARKS Nota 1. Calculada usando una eficiencia asumida del 65%. El proveedor debe ajustar este cálculo a las condiciones de la curva de operación seleccionada. Nota 2. Pies de fluido. Nota 3. La bomba opera en forma intermitente para transferir ácido de un carro tanque al tanque de almacenamiento. Cuando opera solo arranca 1 vez/día. Nota 4. La variación del flujo dependerá básicamente de los niveles de los recipientes de succión y descarga.		
Size in	ANSI Rating	Facing	Position	Other																																																							
Suction	150		End																																																								
Discharge	150		Top																																																								
Drain																																																											
Vent																																																											
Other																																																											
Diam	Fx	Fy	Fz																																																								
Suction																																																											
Discharge																																																											
Diam	Mx	My	Mz																																																								
Suction																																																											
Discharge																																																											
1 Mechanical Data Sheet for quote 13/12/06 RPG MQM 0		Electrical Data Sheet for quote 21/12/06 HHR HHR		0 Process Data Sheet for quote 27/11/06 MQM MQM 0		Metallurgical Data Sheet for quote 21/12/06 GDDP GDDP																																																					
Rev	Description	Date	Prd.	Ckd.	Rev	Description	Date	Prd.	Ckd.																																																		

 GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA		DATA SHEET FOR CENTRIFUGAL PUMP			TAG: P-4025C REV. 1	
PLANT: PTAR PROJECT: REPOSICION 2006 SERVICE: TRASIEGO DE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PUMP MANUFACTURER: GOULDS PUMPS MODEL / SIZE / N° STAGES: MODELO 3196STX SIZE 1x1.5-8 1 STA		UNIT: U-4000 N° PUMPS REQUIRED: Una (1) PUMP TYPE: CENTRIFUGA HORIZONTAL P.O. No.: SERIAL: E738F067		DATE: 27/11/2006		
Legend: <input type="checkbox"/> Indicates information to be completed. <input checked="" type="checkbox"/> By Purchaser <input type="checkbox"/> By Manufacturer						
<input type="checkbox"/> APPLICABLE SPECIFICATIONS			<input type="checkbox"/> COUPLINGS			
<input type="checkbox"/> API 610 9th, Centrifugal Pump For General Refinery Service <input checked="" type="checkbox"/> Job Instruction JI16-4-3 Rev. 5, 21/12/2004. <input checked="" type="checkbox"/> ASME B73.1, Centrifugal Pumps for Chemical Process <input checked="" type="checkbox"/> API 682, Shaft Sealing Systems for Centrifugal and rotary Pumps <input type="checkbox"/> Governing Specification (If Different)			<input type="checkbox"/> Make: MARCAS ACEPTADAS POR ECOPETROL S.A. <input type="checkbox"/> Model: <input type="checkbox"/> CPLG. Rating (HP/100 RPM): <input type="checkbox"/> Lubrication: NO LUBRICATED <input type="checkbox"/> Limited End Float Required: <input type="checkbox"/> Spacer Length: <input type="checkbox"/> Service Factor: <input type="checkbox"/> Dynamic Balanced AGMA Balance Class: Driver Half Coupling Mounted By: <input checked="" type="checkbox"/> Pump Mfr. <input type="checkbox"/> Driver Mfr. <input type="checkbox"/> Purchaser <input type="checkbox"/> Coupling Per API 671			
<input type="checkbox"/> Remarks:			Remarks: Coupling Guard shall be Non-sparking from aluminum or aluminum alloys with a max. Content of 2% Mg. Painting safety yellow color			
<input type="checkbox"/> VERTICAL PUMPS			<input type="checkbox"/> MATERIAL			
<input type="checkbox"/> Pump Thrust: Up _____ Down _____ lbf _____ gpm <input type="checkbox"/> At Min Flow _____ lbf _____ <input type="checkbox"/> At Design flow _____ lbf _____ <input type="checkbox"/> At Runout _____ lbf _____ <input type="checkbox"/> Max Thrust _____ lbf _____ <input type="checkbox"/> Separate Mounting Plate <input type="checkbox"/> Drive Component Alignment Screws <input type="checkbox"/> Pit Or Sump Depth _____ ft <input type="checkbox"/> Pump Length _____ ft <input type="checkbox"/> Liquid Level below mounting surface: Min. _____ Max. _____ ft <input type="checkbox"/> Min. Submergence Required _____ ft Column Pipe: <input type="checkbox"/> Flanged <input type="checkbox"/> Threaded Line Shaft: <input type="checkbox"/> Open <input type="checkbox"/> Enclosed Guide Bushings: <input type="checkbox"/> Bowl <input type="checkbox"/> Line Shaft Guide Bushings Lube: <input type="checkbox"/> Water <input type="checkbox"/> Oil <input type="checkbox"/> Grease <input type="checkbox"/> Pumpage Suction vessel pressure: _____ <input type="checkbox"/> Remarks:			<input type="checkbox"/> Materials: <input checked="" type="checkbox"/> Barrel / Casing: ALLOY 20 <input checked="" type="checkbox"/> Impeller: ALLOY 20 <input checked="" type="checkbox"/> Shaft: ALLOY 20 <input checked="" type="checkbox"/> Shaft Sleeve: 316AUS <input type="checkbox"/> Wear Parts: <input checked="" type="checkbox"/> Inner Case Parts: ALLOY 20 <input type="checkbox"/> Coupling Hubs: <input type="checkbox"/> Coupling Spacer: <input type="checkbox"/> Coupling Diaphragms: <input type="checkbox"/> Baseplate Type / Material: Remarks: El proveedor de la bomba confirmará la clase de material e indicará la recomendación para el fluido y las condiciones de operación.			
<input type="checkbox"/> MECHANICAL SEAL OR PACKING			<input type="checkbox"/> BEARINGS AND LUBRICATION			
SEAL DATA: <input type="checkbox"/> Special Seal Data Sheet: Nota 5 <input checked="" type="checkbox"/> API 682 Code <input type="checkbox"/> Seal Manufacturer: <input type="checkbox"/> Size And Type: <input type="checkbox"/> Manufacturer Code: REMARK: Vendor shall do detail engineering review of seal selection and flush plan.			BEARING: (TYPE / NUMBER) <input checked="" type="checkbox"/> Radial Serie 6000 SKF/FALK LISTA DE MARCAS ACEPTADAS <input checked="" type="checkbox"/> Thrust Serie 7000 SKF/FALK LISTA DE MARCAS ACEPTADAS <input type="checkbox"/> Review and Approve Thrust Bearing Size			
SEAL CONSTRUCTION: <input checked="" type="checkbox"/> Single <input type="checkbox"/> Double <input type="checkbox"/> Cartridge Mount <input type="checkbox"/> Hooked Sleeve Or Non-Cartridge <input type="checkbox"/> No Sleeve <input type="checkbox"/> Pumping Ring <input type="checkbox"/> Sleeve Material: NOTE 5 <input type="checkbox"/> Gland material: <input type="checkbox"/> Aux. Seal Device: <input type="checkbox"/> Jacket Required: API Seal Plan: Flushing: 7311 External Fluid Seal Flush: NO Quench: External Fluid Seal Quench: Flush Piping by: Aux. Accessory by: MFR Stuffing Box Pressure psig: <input type="checkbox"/> Remarks:			LUBRICATION: <input type="checkbox"/> Grease <input type="checkbox"/> Oil Bath <input checked="" type="checkbox"/> Ring Oil <input type="checkbox"/> Flinger <input type="checkbox"/> Purge Oil M <input type="checkbox"/> Pure Oil Mist <input checked="" type="checkbox"/> Constant Level Oiler Size: _____ oz <input type="checkbox"/> Bull's Eye Level Glass: <input type="checkbox"/> Pressure: <input type="checkbox"/> API-610 <input type="checkbox"/> API-614 <input type="checkbox"/> Oil Visc, ISO Grade: <input type="checkbox"/> Oil Heater Req'd Startup Temp. _____ °F <input type="checkbox"/> Electric _____ kW _____ Volts _____ Hertz _____ Phase <input type="checkbox"/> Steam _____ lb/h _____ Pressure _____ psig _____ Temp. _____ °F <input type="checkbox"/> Oil Pressure to be Greater than Coolant Pressure Remarks: Pump vendor shall define and supply thrust bearing cooling if it is required. Fan cooling is preferred.			
<input type="checkbox"/> REMARKS			<input type="checkbox"/> COOLING SYSTEM			
Nota 5. Material de las caras de sello en Carburo de Silicio (rotativo y estacionario). Elemento de sellado secundario en Kalrez. Las partes metalicas del sello mecánico que no esten en contacto con el acido deberán suministrarse en material 316 SS.			Cooling Type: <input type="checkbox"/> Air <input type="checkbox"/> Water Cooling Water Plan: a. Max. Inlet temperature, °F: _____ b. Max. Allowable outlet temperature, °F: _____ c. Supply pressure, psig: _____ d. Return pressure, psig: _____ e. Fouling coefficient, F12, °F/(BTU/H): _____			
150 1 Mechanical Data Sheet for quote 13/12/06 RPG MQM 0 Electrical Data Sheet for quote 21/12/06 HHR HHR 151 0 Process Data Sheet for quote 27/11/06 MQM MQM 0 Metallurgical D/S for quote 21/12/06 GDDP GDDP 152 Rev Description Date Prd. Crd. Rev Description Date Prd. Crd.						

 GERENCIA COMPLEJO BARRANCABERMEJA		DATA SHEET FOR CENTRIFUGAL PUMP			TAG: P-4025C REV. 1																																		
PLANT: PTAR PROJECT: REPOSICION 2006 SERVICE: TRASIEGO DE H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> PUMP MANUFACTURER: GOULDS PUMPS MODEL / SIZE / N° STAGES: MODELO 3196STX SIZE 1x1.5-8 1 STAGE		UNIT: U-4000 N° PUMPS REQUIRED: Una (1) PUMP TYPE: CENTRIFUGA HORIZONTAL P.O. No.: SERIAL: E738F067		DATE: 27/11/2006																																			
<b>Legend:</b> Indicates Information to be Completed: ● By Purchaser ○ By Manufacturer																																							
○ QA INSPECTION AND TEST		○ WEIGHTS																																					
● Review Vendors QA Program ○ Performance Curve Approval ● Shop inspection		Weight of Pump _____ lb Weight of Motor _____ lb Weight of Baseplate _____ lb Weight of Accessories _____ lb Other _____ lb Total Weight _____ lb																																					
Test Non-Wit Wit Observe 159 Hydrostatic ● ○ ○ 160 Performance ● ○ ○ 161 NPSH (If apply per J116-4-3 #7.3.4.2) ● ○ ○ 162 Complete Unit Test ○ ○ ○ 163 Sound Level Test ○ ○ ○ 164 Dismantle & Insp. After Test ○ ○ ○ 165 Clean. prior to final assembly ○ ○ ○ 166 Pipeload Test ○ ○ ○ 167 Final shop inspection ○ ○ ○ 168 Dynamic balance element w/ residual unbalance check ○ ○ ○ 169 Verification Casing Final Thickness ○ ○ ○ 170 Record final assembly running clearances ○ ○ ○ 171 172 173 Remarks: <b>Otras: de acuerdo a la requisicion de materiales</b>		○ SURFACE PREPARATION AND PAINT ○ Manufacturer's Standard: ○ Other: <b>PAINTING SYSTEM:</b> ● Painting System Remitido a ECOPETROL para aprobación ○ Other: ● Pump Color Verde maquinaria (6019) ● Electrical Motor Color Verde maquinaria (6019) ● Baseplate Color / Structure Verde maquinaria (6019) ● Copling Guard Amarillo seguridad																																					
● Material Certification Required ● Casing ● Impeller ● Shaft ● Wear Rings ● Others: Ver JI-16-4-3, #5.12.1.8 ○ Casting Repair Procedure Approval Required ○ Inspection Required For Nozzle Welds ○ Mag. Particle ○ Liq. Penetrant ○ Radiographic ○ Ultrasonic ○ Inspection Required For Castings ○ Mag. Particle ○ Liq. Penetrant ○ Radiographic ○ Ultrasonic ○ Charpy Impact Test required For ● Inspection Req'd / For: Ver JI-16-4-3, #7.2.2.1 ○ Mag. Particle ○ Liq. Penetrant ○ Radiographic ○ Ultrasonic ○ Hardness Test Req'd For ○ Surfactant Hydrotest ● Vendor Submit Test Procedures ○ Vendor maintain records for 5 years ○ PMI, positive material identification ● Final Inspection Book 197 198 Remarks: 199 <b>Otras: de acuerdo a la requisicion de materiales</b>		○ SPARE PARTS ● Start-Up Lista de precios y suministro (Nota 9) ○ Reconditioning ○ Critical Service ● Specify El proveedor entregará una lista de precios completa para un (1) año de operación de todo el sistema. ● OTHER PURCHASE REQUIREMENTS ○ Coordination Meetings Required ○ Review Foundation Drawings ○ Review Piping Drawings ○ Observe Piping Checks ○ Observe Initial Alignment Check ○ Check Alignment At Operating Temp. ○ Rotor Balanced During Assembly Of Each Element ○ Vendor Demonstration of max allow. vibration at min flow ○ Lateral Response Analysis Required ○ Pump Only ○ All Equipment ○ Critical Speed Analysis ○ Stiffness Map of Undamped Rotor ○ Torsional Analysis ○ Progress Reports Required 197 198 Remarks: <b>Otras: de acuerdo a la requisicion de materiales</b>																																					
○ MOTOR DRIVER Item MP-4025 C MTD by Proveedor MFR Note 7 HP Note 8 rpm 1800 Type Note 10 Framt Per NEMA MG-1 Insulation Class F Enc. TEFC Volt / Phase / Cycle 460 / 3 / 60 Bearings Balls Lube Grease Service Factor 1,15 Lubrication Mist Facilitie Rotation Facing ODE Por el proveedor de la bomba ● Vertical Leveling Screws Yes ● Horiz. Positioning Screws: Driver Yes Pump		○ SHIPMENT: ○ Domestic ● Export ● Export Boxing Reqd ● Outdoor Storage for 6 Months. ○ MINIMUM MANUFACTURER DATA (AS BUILT) Completed data-sheet Requerido Test Curve No. Requerido Outline Dwg No. Requerido Pump Sect Dwg. No. Requerido Seal Dim Dwg No. Requerido Coupling Dwg No. Requerido Driver Dwg No. Requerido																																					
REMARKS 216 <b>Nota 6:</b> Las partes de repuesto para el arranque incluirán los siguientes items por bomba: 9.1. For Pump: One (1) wear rings set for casing and impeller per stage, One (1) steady bearings set, One (1) complete thrust bearings set and One (1) gasket, shims, O rings set. 217 <b>Nota 7:</b> Los fabricantes del motor eléctrico deberán estar incluidos en las marcas aceptadas por ECOPETROL S.A. - GCB 218 <b>Nota 8:</b> El fabricante de la bomba deberá determinar la potencia del motor que debe suministrar. 219 <b>Nota 9:</b> Para este tipo de bomba aplicar el Job Instruction 16-4-3, N° 5.1.15: "Bombas operando en el rango del 70% al 110% del flujo de mejor eficiencia son preferidas si la velocidad especifica de succión es inferior a 8000". 220 <b>Nota 10:</b> El motor debe ser de induccion jaula de ardilla, cumplir con lo especificado en la norma IEEE-841 y certificarlo en la placa																																							
<table border="1"> <tr> <td>221</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>222</td> <td>1</td> <td>Mechanical Data Sheet for quote</td> <td>13/12/06</td> <td>RPG</td> <td>MQM</td> <td>0</td> <td>Electrical Data Sheet for quote</td> </tr> <tr> <td>223</td> <td>0</td> <td>Process Data Sheet for quote</td> <td>01/11/05</td> <td>MQM</td> <td>MQM</td> <td>0</td> <td>Metallurgical Data Sheet for quote</td> </tr> <tr> <td>224</td> <td>Rev.</td> <td>Description</td> <td>Date</td> <td>Prd.</td> <td>Ckd.</td> <td>Rev</td> <td>Description</td> </tr> </table>								221								222	1	Mechanical Data Sheet for quote	13/12/06	RPG	MQM	0	Electrical Data Sheet for quote	223	0	Process Data Sheet for quote	01/11/05	MQM	MQM	0	Metallurgical Data Sheet for quote	224	Rev.	Description	Date	Prd.	Ckd.	Rev	Description
221																																							
222	1	Mechanical Data Sheet for quote	13/12/06	RPG	MQM	0	Electrical Data Sheet for quote																																
223	0	Process Data Sheet for quote	01/11/05	MQM	MQM	0	Metallurgical Data Sheet for quote																																
224	Rev.	Description	Date	Prd.	Ckd.	Rev	Description																																

# ANEXO B. CURVAS DE LOS EQUIPOS.

Goulds Serial No:  
E738F067

## ITT/GOULDS PUMPS

Engineered Products Div.  
Seneca Falls, N.Y. 13148

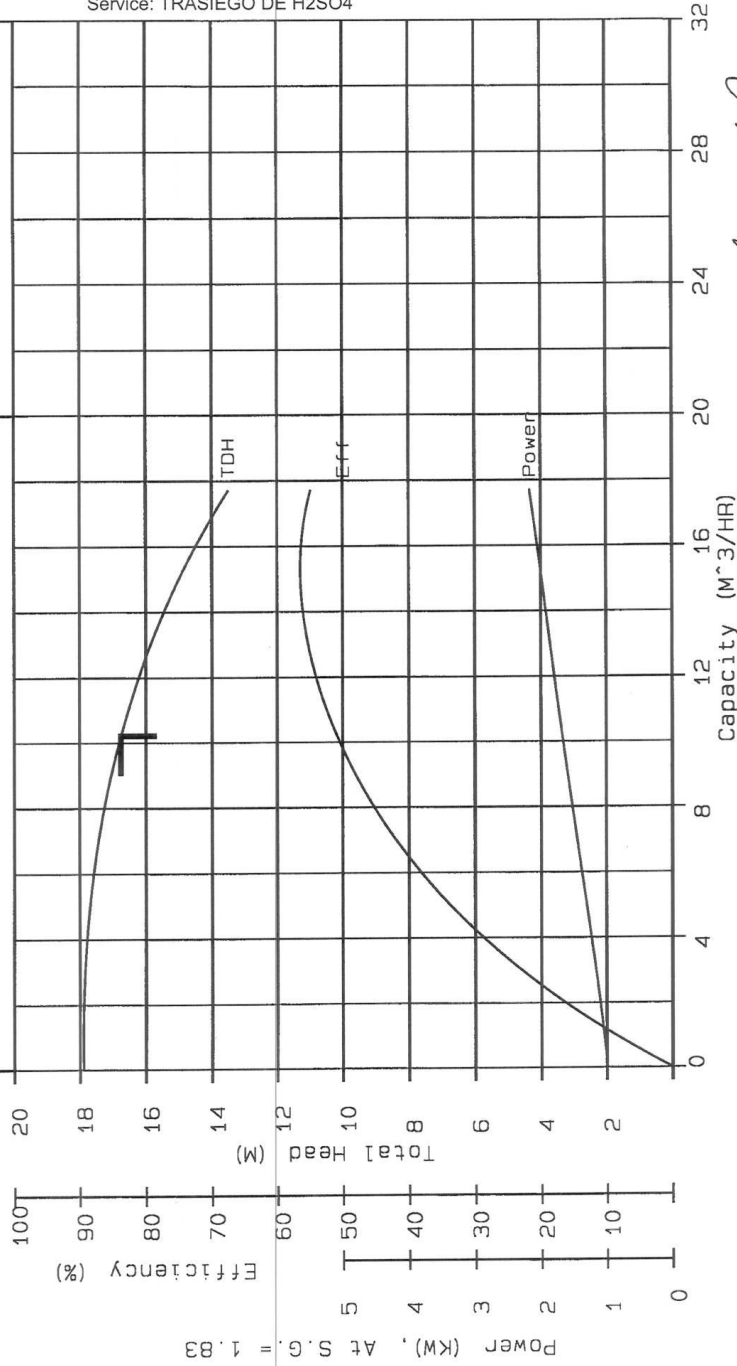
Model: 3196  
Speed: 1750 RPM  
Drawing No: 76793  
Pattern No: 56208

Size: IX1.5-8  
Impeller Dia.: 7 As-Built

TEST DATE: 11-19-2007  
AS-BUILT PERFORMANCE CURVE

Customer: ECOPETROL COMPLEJO S.A.

Customer: ECOPETROL COMPLEJO IND DE  
Goulds Serial No: E738F067  
Customer P.O. No: 539743  
Item No: P-4025C  
Service: TRASIEGO DE H2SO4



Certified Test  
By: *Alvaro Rojas*  
Date: 11-19-07

Goulds Serial No:  
E738F067

# ITT/GOULDS PUMPS

Engineered Products Div.  
Seneca Falls, N.Y. 13148

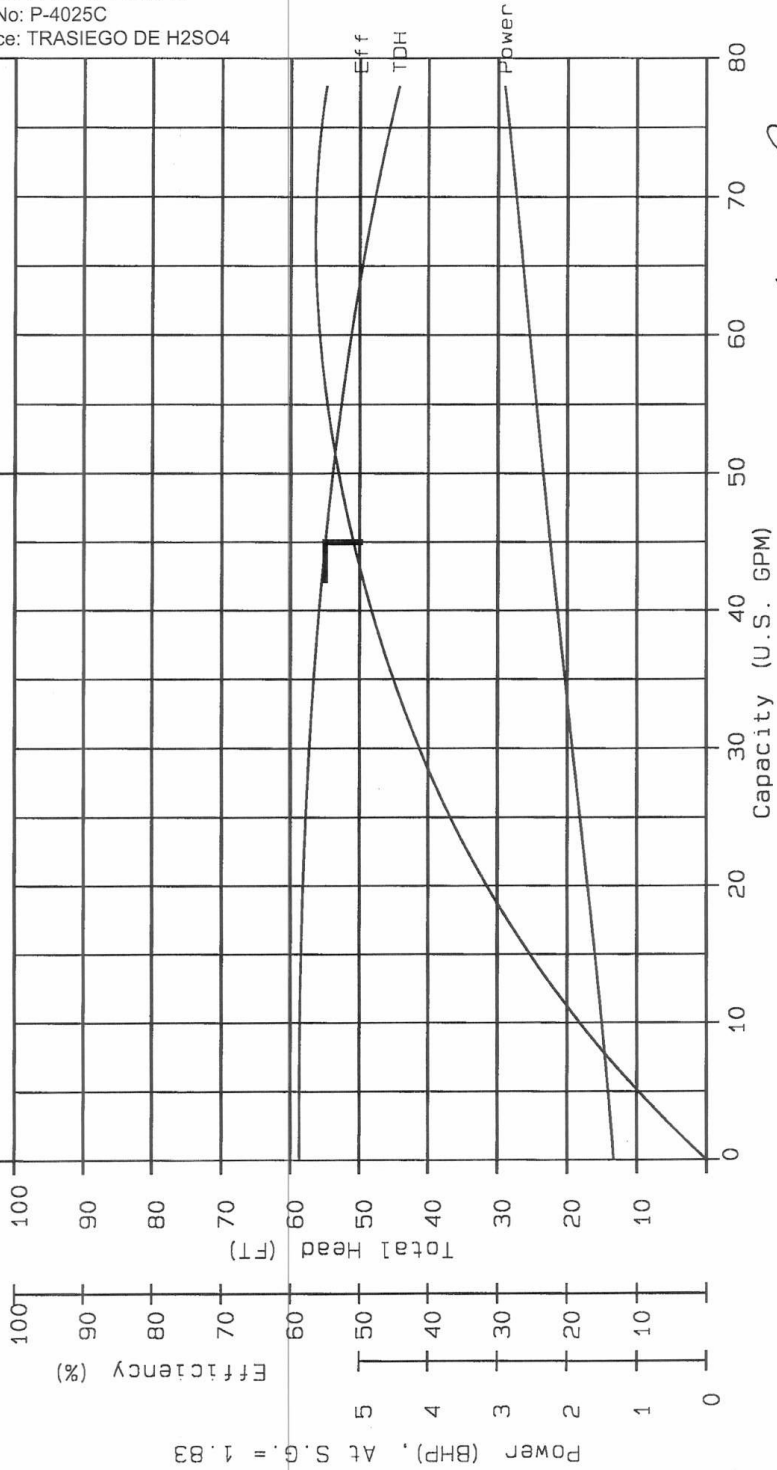
Model: 3196  
Speed: 1750 RPM  
Drawing No: 76793  
Pattern No: 56208

Size: 1X1.5-8  
Impeller Dia.: 7 As-Built

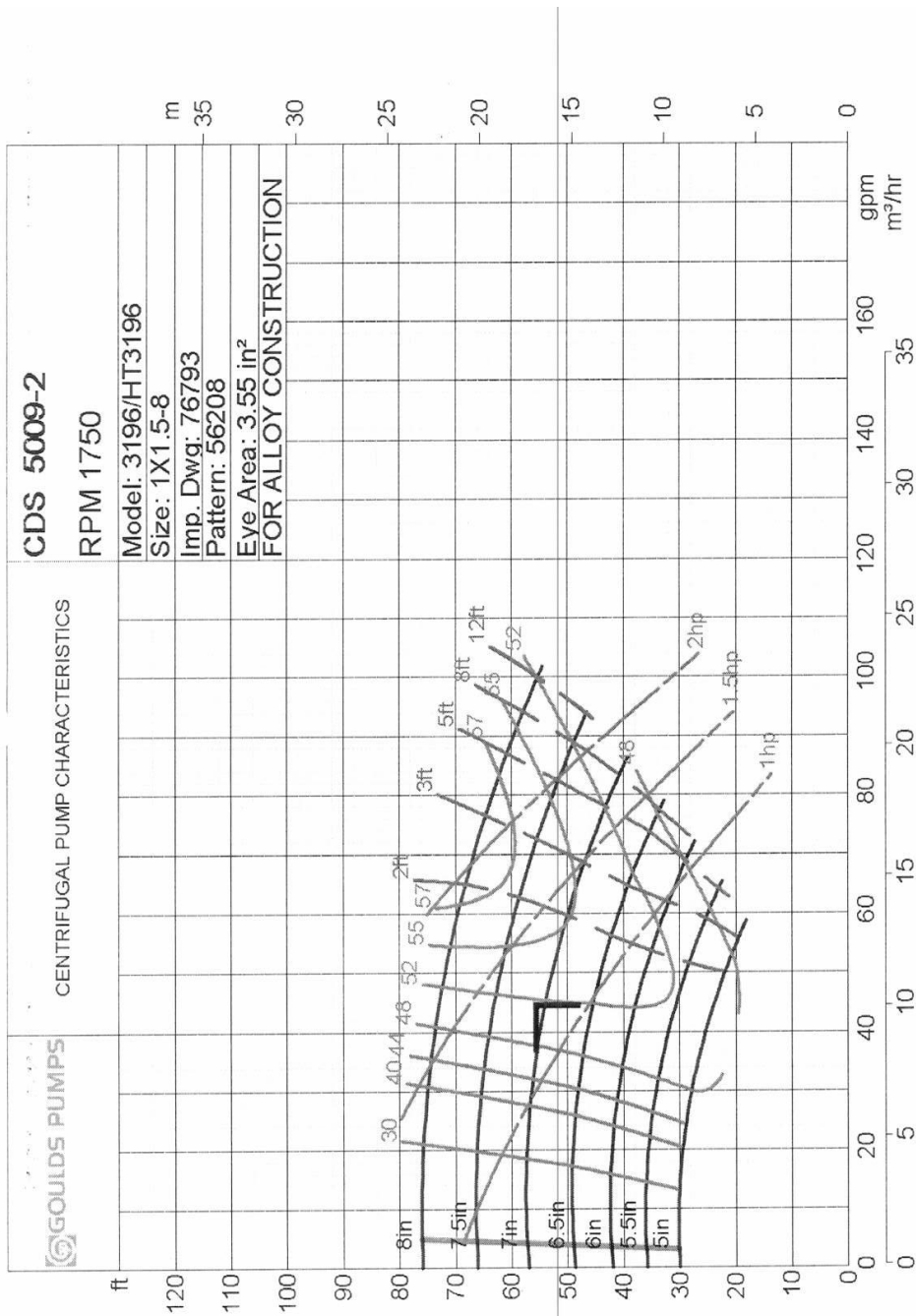
TEST DATE: 11-19-2007  
AS-BUILT PERFORMANCE CURVE

Customer: ECOPETROL COMPLEJO S.A.

Customer: ECOPETROL COMPLEJO IND DE  
Goulds Serial No: E738F067  
Customer P.O. No: 539743  
Item No: P-4025C  
Service: TRASIEGO DE H2SO4



Certified Test Report  
By: *Michael J. Payne*  
Date: 11-19-07

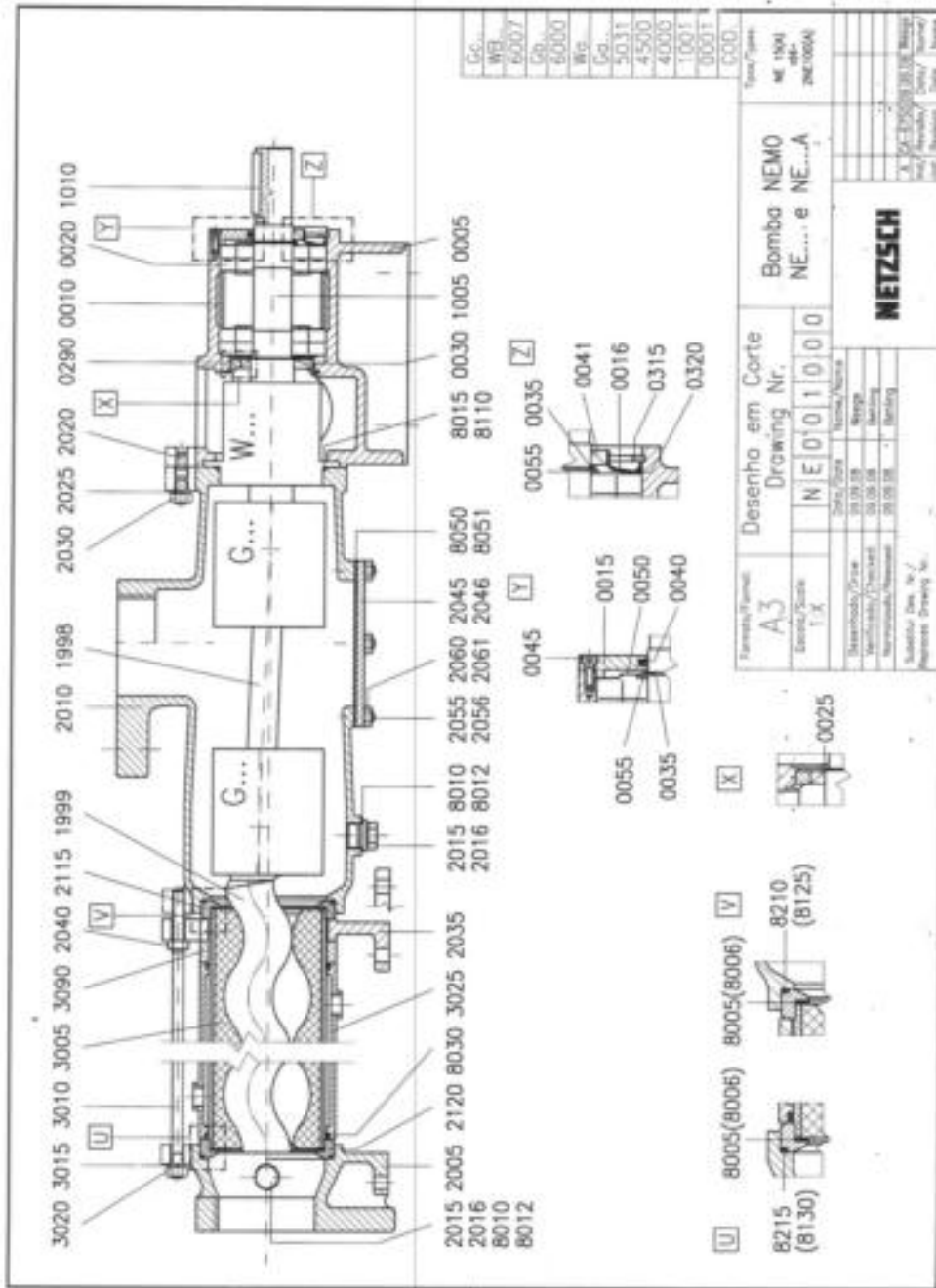


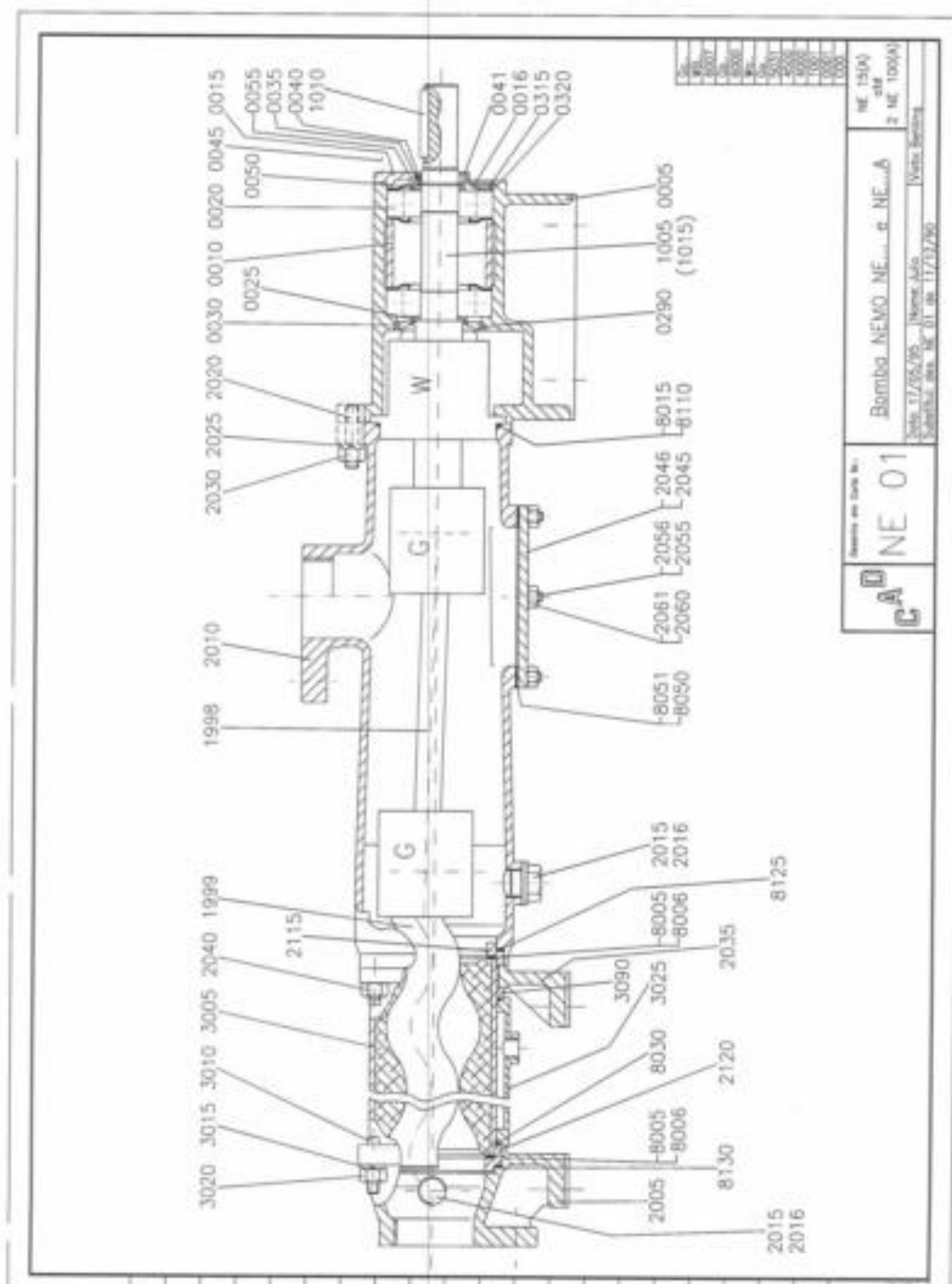
Rated Flow: 45.0 gpm  
 Rated TDH: 55.0 ft  
 Imp. Diam.: 7.1250 in  
 Certified By: Joyce Sutterby

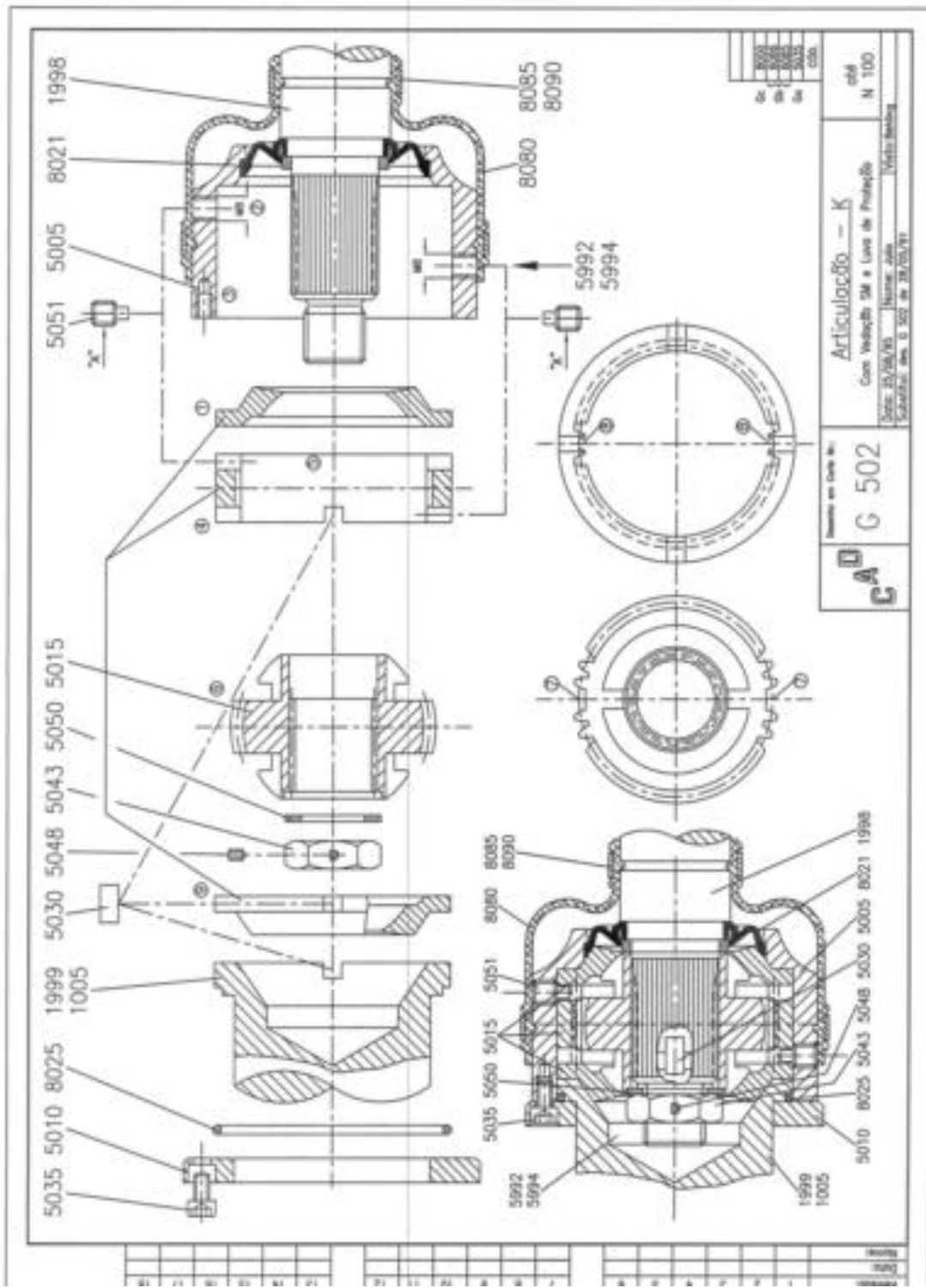
Customer: ECOPETROL COMPLEJO IND DE  
 Goulds Serial No: E738F067  
 Customer P.O. No: 539743  
 Item No: P-4025C  
 Service: TRASIEGO DE H2SO4

ANEXO C. DESPIECE Y LISTADO DE PARTES DE BOMBAS DE CAVIDAD PROGRESIVA.

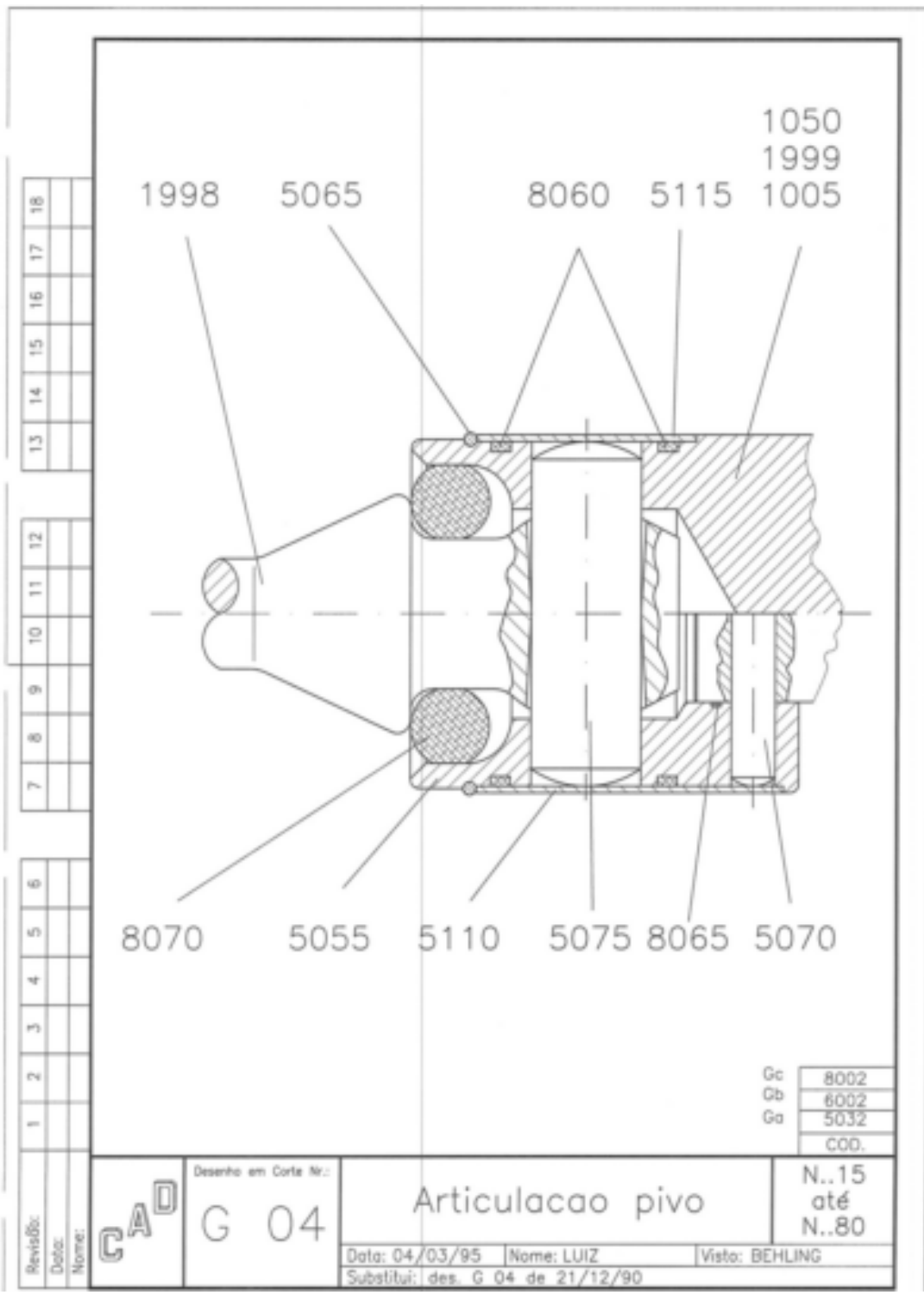
BOMBAS NEMO PUMPS

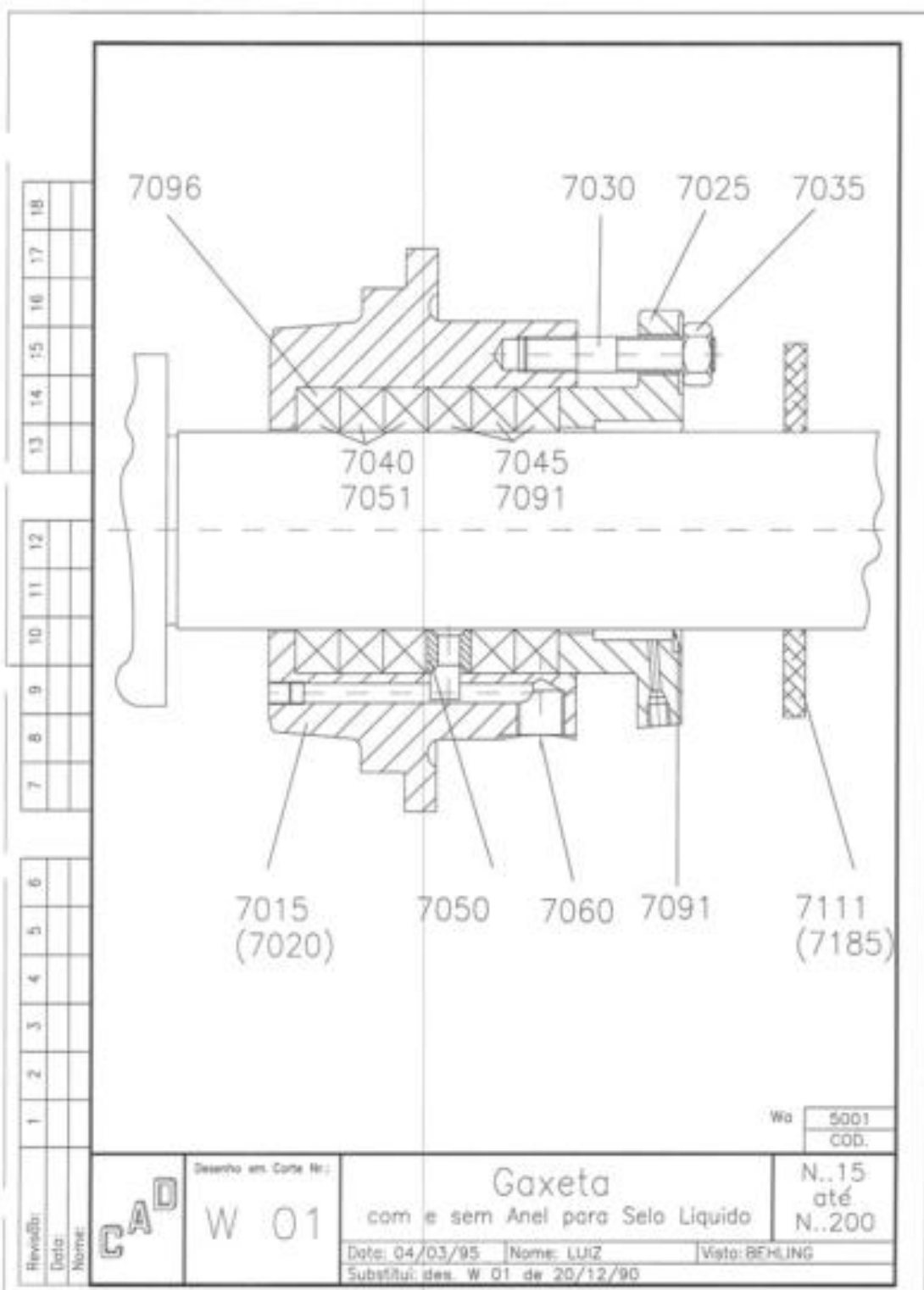


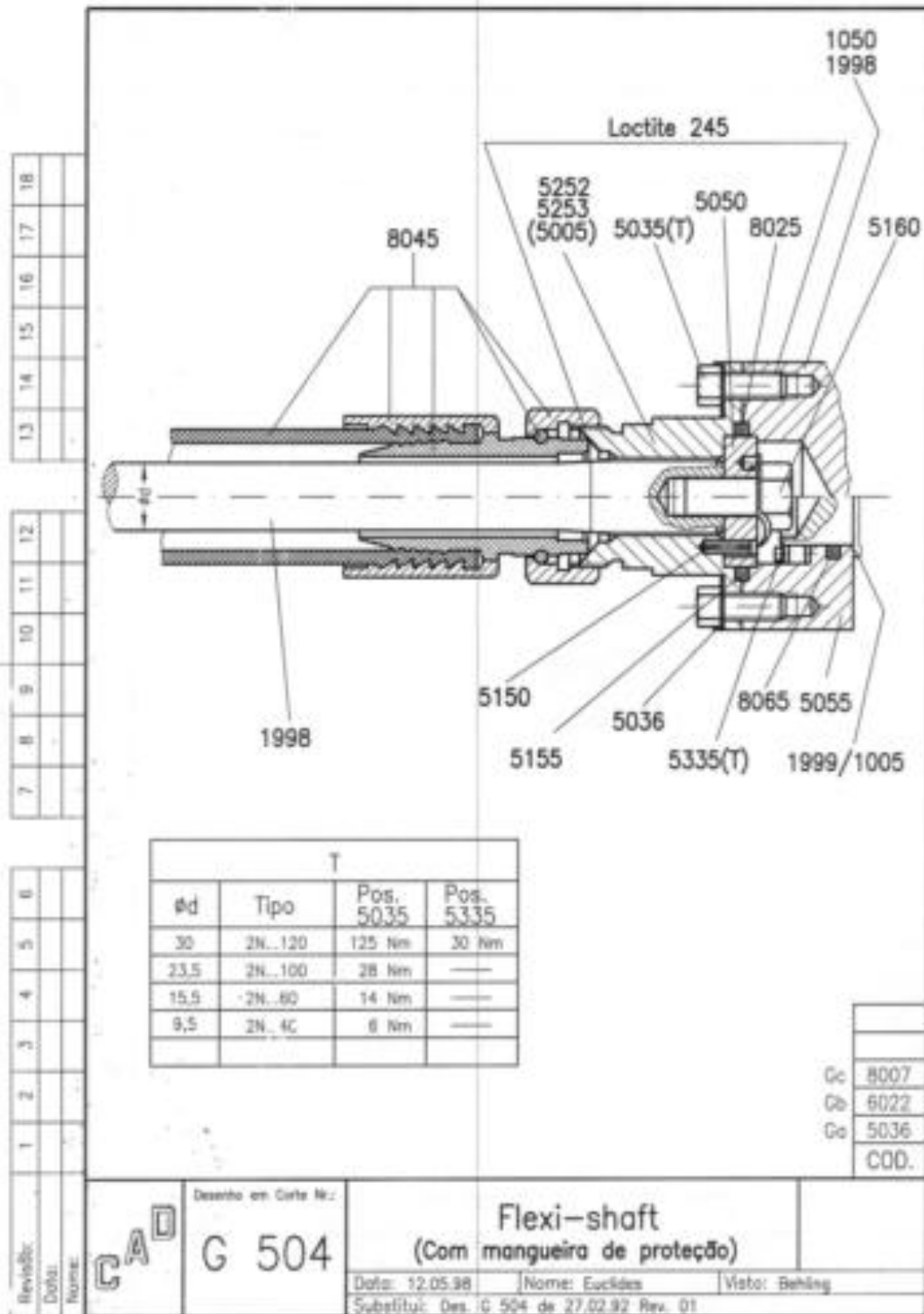




<b>CA</b> <sup>D</sup> G 502	
Modelo em Corte No:	
<b>Articulação - K</b>	
Com Velocidade 5M e Lente de Proteção	
N. 100	c/d
Data: 25/08/95   Nome: João   Técnico Mecânico	
Escala: 1:1   No. 502 de 28/05/91	







18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

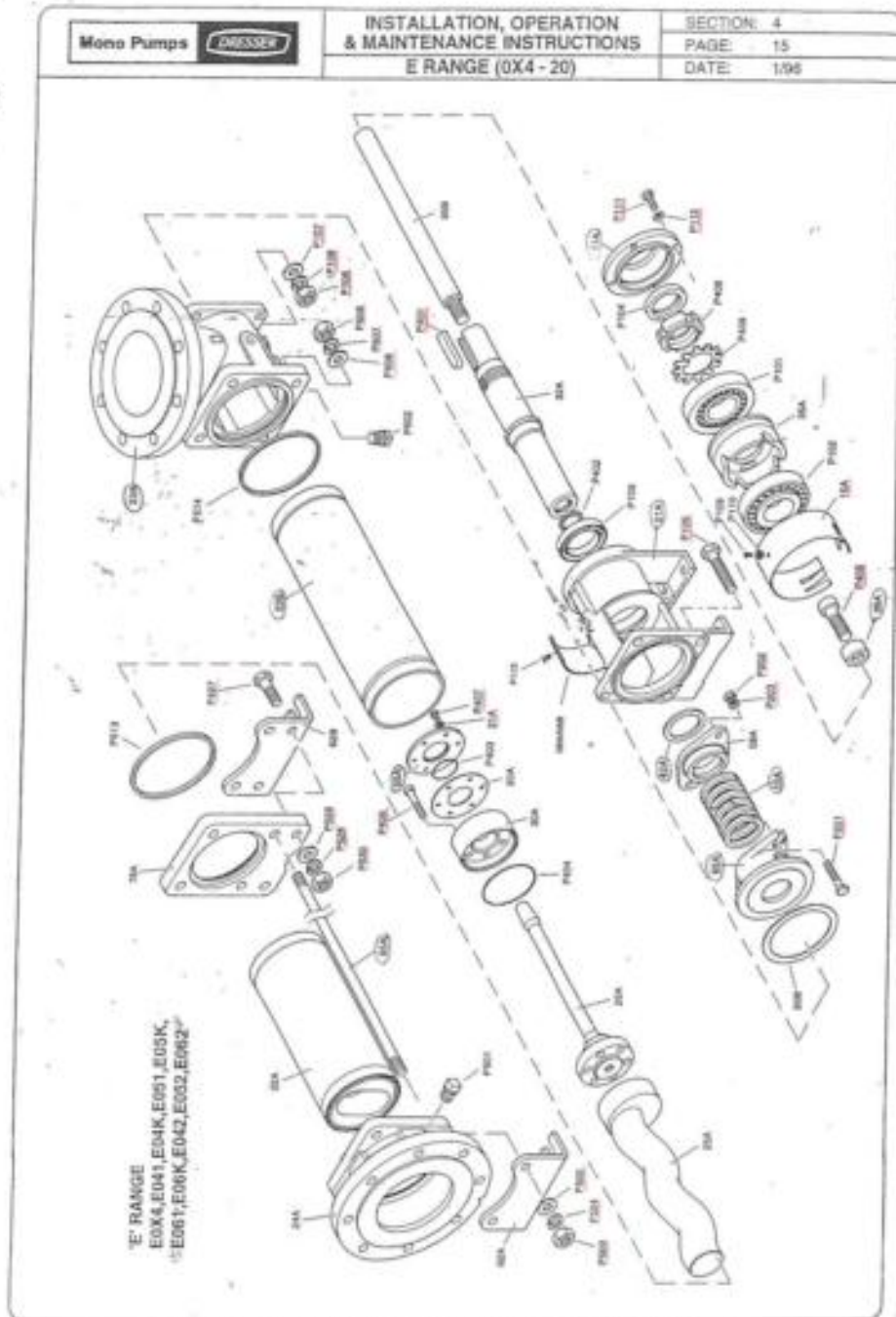
Revisão: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_  
 Nome: \_\_\_\_\_

**CAD**  
**G 504**

Desenho em Carta N.º: \_\_\_\_\_  
**Flexi-shaft**  
 (Com mangueira de proteção)

Data: 12.05.98      Nome: Euclides      Visto: Behling  
 Substitui: Des. G 504 de 27.02.92 Rev. 01

# BOMBAS MONO PUMPS



TAG: SP4009A/B

Mono - Manchester

PUMP - STD INDUSTRIAL  
HOUSTON MONOFLO INC.

1/3

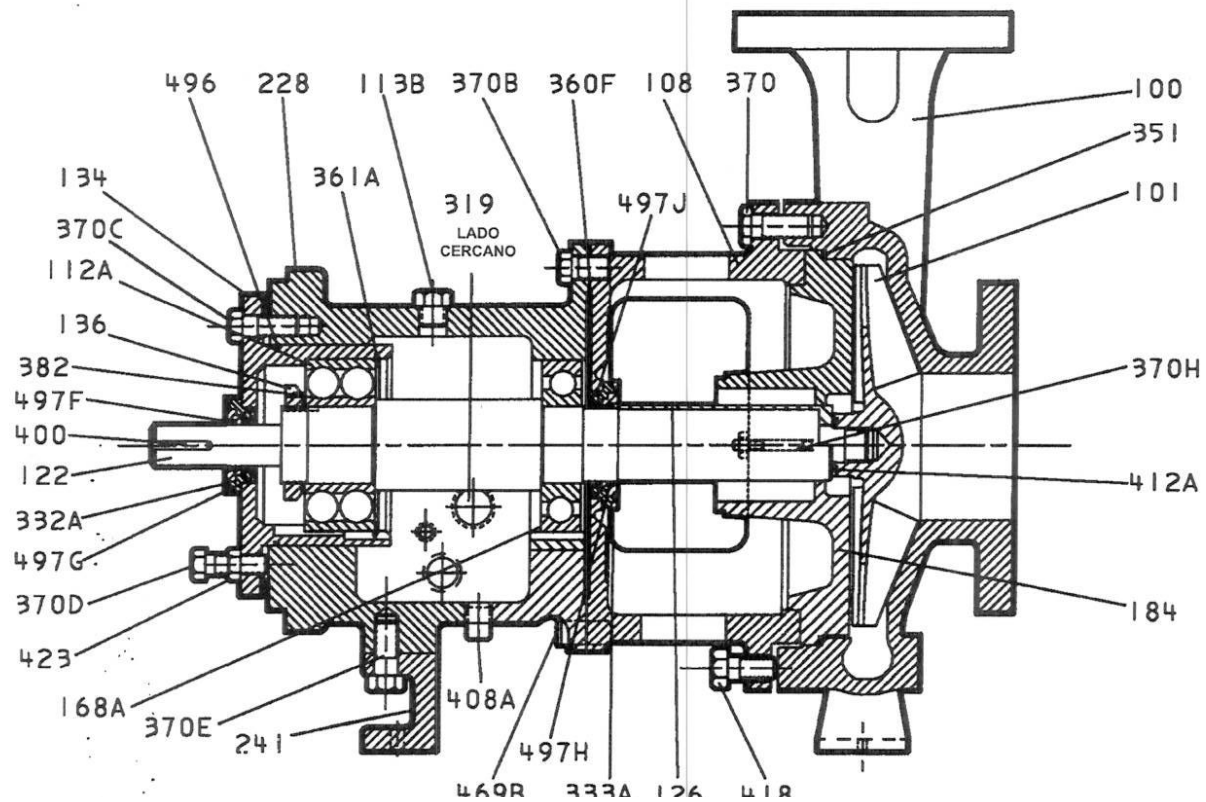
Item CE061MS1R3  
N<sup>o</sup> C328130/01

Mono Seq.	Component Item Number	Description	Quantity Required
001	(19861)	STD BODY PARTS (SIZE 6)	1
P101	* T160450B *	TAPER ROLLER BRG	1
P102	* T160450B	TAPER ROLLER BRG	1
P103	* S361505P	ROTARY SHAFT LIPSEAL 50X72X8	1
P104	* S361423P	ROTARY SHAFT LIPSEAL 42X62X8	1
P105	- K114332F	STL. HEX. HD. BOLD M10 X 45	4
P106	- W114102F	STEEL HEX. NUT M10	4
P107	- W114052F	STEEL BRIGHT WASHER M10	8
P108	- W114252F	SNGL. COIL SPR. WASHER M10	4
P111	- F113222F *	MRX25 STL HEX HD SCREW	4
P112	- W113252F *	SNGL. COIL SPR. WASHER M8	4
11A	CD E061 1100	BEARING COVER-STD C.I.	1
15A	- PS E061 1560	THROWER GUARD (SIZE 6)	1
35A	* CB E061 3500	BEARING SPACER	1
0013	(19862)	C.I. BODY PARTS (SIZE 6/1)	1
14A	MA E061 7600 *	ADAPTOR FLANGE-STD M.S.	1
13A	CD E061 2300	SUCT. CHAMB. C.I BS4504 16/11RF	1
01A	CD E061 0100	BODY-STD C.I	1
24A	* CD E061 2400 *	END COVER C.I BS4504 16/11 RF	1
0020	(19863)	C.I. GLAND PARTS (SIZE 6)	1
P201	- K114290F	ST. STL. HEX. HD BOLD M10 X 45	2
P202	- N114100F *	ST. STL. HEX. NUT M10	2
P203	- W114050F *	ST. STL. BRIGHT WASHER M10	2
08A	* CD AC1 0800	GLAND FOLL-STD CI. PACKG	1
10A	SG AC1 1000	GLAND PACK SET (7 RINGS)	1
42A Rev. 0.	RR E061 4200	SHAFT THROWER BLK. NITRILE	1
65A	CD AC1 6500	GLAND SECTN-STD C.I. PACKG	1
P211	- P100132B *	MAL. IRON TAPER PLOG 1/8" BSP	2
P030	- 20373	CODE 3 ROT PARTS (SIZE 6/1)	1
25A	* SF E061 2520	ROTOR-STD H.C.P. S.S.	1
30A	* SA K061 3010 *	ROTOR CAP S.S.	1
32A	* MM E061 3220	SHAFT-STD H.C.P. M.S	1
0040	(19865)	ROTATING HARDWARE (SIZE 6/1)	1
P401	- K121270P	RECT. PAR. KEY FROM C 12X8X70	1
P402	* S110680P	TORL SEAL RING 0275-30 BK NITR	1
P403	* S110480P *	TORL SEAL RING 0376-24 BK NITR	1
P404	* S110850P *	TORL SEAL RING 0745-30 BK NITR	1
P405	* A114301F	H.T. STL. SOC. CAP SCREW M10 X 50	1
P406	- A114291F *	M10X45 HT/ST SOC CAP HD	6
P407	- F112161F *	ST. STL. HEX SCREW M6 X 16	6
P408	* N801090F	SKEPKO LOCKNUT M89-M45X1,5	1
P409	* N801090F	SKEPKO LOCK WASHER M89 (M45)	1

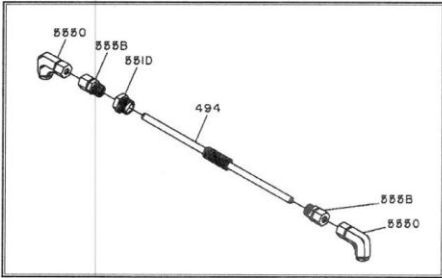
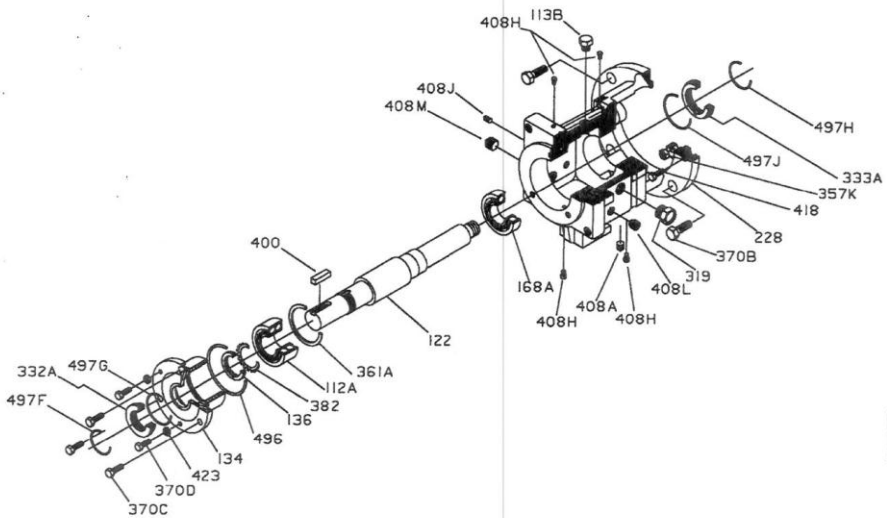
Memo Seq.	Component Item Number	Description	Quantity Required
→ 20A	* ZG E061 2010 ✓	GASKET - ADAPTOR	1
26A	* SM E061 2650	FLEXISHAFT S.S (COATED)	1
→ 31A	- SF LM41 3110 ✓	LOCKING WASHER	3
→ 16A	SB E061 3610	LOCKING COLLAR- SHAFT S.S.	1
→ 59A	SF E061 5950	COVER PLATE S.S.	1
25B	* MJ E061 9520	TIE ROD-FLEXISHAFT M.S.	1
0050	19865	C.I. SOC/DELVY PTS (SIZE 6/1)	1
P501	- P100532S ↓	MAL IRON TAPER PLUG 3/4" BSP	1
P502	- P100532S ✓	MAL IRON TAPER PLUG 3/4" BSP	3
P503	- N114102F ✓	STEEL HEX.NUT M10	4
P504	- W114252F ** 9*	SNGL. COIL SPR. WASHER M10	4
P505	- W114052F ✓	STEEL BRIGHT WASHER M10	4
P506	- N114102F *	STEEL HEX.NUT M10	4
P507	- W114252F ✓	SNGL.COIL SPR.WASHER M10	4
P508	- W114052F ✓	STEEL BRIGHT WASHER M10	4
P513	* S110980P *	TORL SEAL RING 1395-30 BK NITR	1
P514	* S110980P ✓	TORL SEAL RING 1395-30 BK NITR	1
P527	- K114262F *	SNGL.HEX.HD.BOLT M10X35	2
P528	- W114252F *	SNGL.COIL SPR.WASHER M10	2
P529	- W114052F *	STEEL BRIGHT WASHER M10	4
P530	- N114102F ✓	STEEL HEX.NUT M10	2
20B	- ZG E061 2020	GASKET-GLAND	1
23B	MR E061 2310	SUCT. CHAMB. EXT'N (847/845 LG)	1
→ 22A	MA E061 6200	SUPPORT FOOT	1
62V	MA E061 6200	SUPPORT FOOT	1
95A	MS E061 9500	TIE BAR-M.S. (M10 X 1264LG)	4
22A	* RB E061 2205	STATOR-MTM SITBILE RUBBER	1

END OF REPORT REF - MERN010

**Modelo 3196 – vista transversal**



**Modelo STX – extremo de energía**



El enfriador de aceite de tubo con aletas es estándar con el modelo HT 3196 y opcional con todos los demás modelos.



## DATOS CLIENTE

Empresa: ECOPELROL S.A.	Tel/Fax.:	Ciudad: Barrancabermeja	Fecha:
----------------------------	-----------	----------------------------	--------

## DATOS DEL EQUIPO

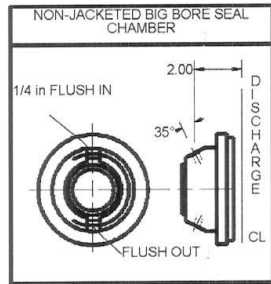
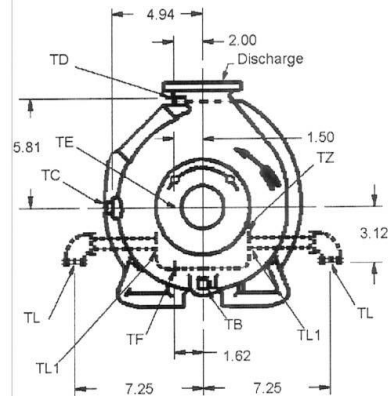
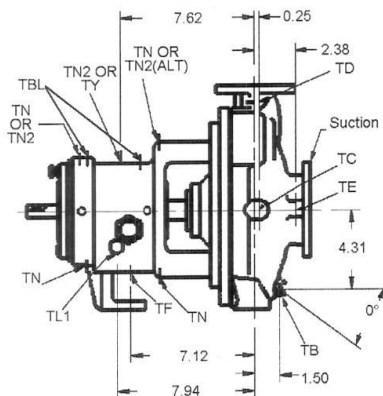
TAG: P-4025C	Modelo: 3196STX	Size: 1 x 1.5-8	Serial No. : E738F067	Head: 55 ft	Capacidad: 45 gpm
UBICACIÓN PTAR	LIQUIDO ACIDO SULFURICO	RPM 1800	MOTOR (HP) 5	ENCLOSURE SEVERE DUTY/MILL A	

Item	Qty	Part Name	Part Number
100	1	CASING	104-556 1215C
100B	1	CASING W/DRAIN	RC04802A021215C
101	1	IMPLR,SA W/TFL O-RING W/CMTR's HASTELLOY	076793 1215C
112	1	BEARING,BALL EP3306A1 NSK	8049-30604
113A	1	PLUG,PIPE 1/2-14 NPT CARBON STEEL	63122 4 2210
122	1	SHAFT ASSY W/SLV DESIGN W/CMTR 316SS	R104-435 2229C
126	1	SLEEVE,SHAFT ALLOY C	76772X 2248
134	1	HOUSING,BRG Pull CAST IRON	C03340A 1000
136	1	LOCKNUT,BRG SKF N-06	8601-0006
168	1	BEARING,BALL 6207	8050-20760
183	1	BEDPLATE139 Pull CARBON STEEL	C0462 1A 3201
184	1	COV,ST BOX SA BIG BORE (STD) HASTELLOY	RC04057A011215
228A	1	FRAME,SA STD OIL,PURGE SP OIL DUCTILE IRON	RD11739A011013
232	1	HUB 1.125, ES-2	A00669A11
233	1	HUB .875, ES-2	A00669A12
235G	1	SPACER W/ACCESS., ES-2	A00669A01
319	1	WINDOW,SIGHT	A01154A05
332A	1	SEAL,LABY OUTBOARD	A04951A217
333A	1	SEAL,LABY INBOARD	A04951A126
351	1	GASKET,CASING (.062 THK) ARAMID FIBER	70782 82 5127
353	4	STUD 304SS	27177 588 2228
354	4	WASHER 3/8" SAE PLAIN 304SS	49519 55 2228
355	4	NUT,HEX 304SS	49507 4 2228
357K	4	NUT,HEX 304SS	49507 3 2228
358A	1	PLUG,PRESSURE DRYSEAL 1/4 NPTF ALLOY C	A06808A03 2248
358N	3	PLUG,PIPE 3/8-18 NPT 316SS	63122 3 2229
361A	1	RING,RTNG	58101 281
370	8	SCREW,HHC 1/2"-13 X 1-1/4"LG 304SS	49511 203 2228
370B	4	SCREW,HHC 5/8"-11 x 1-1/4"LG CARBON STEEL	49511 251 2210
370C	3	BOLT,HEX TAP 3/8-16 X 1.25"LG CARBON STEEL	49521 104 2210
370D	3	BOLT,HEX TAP 3/8-16 X 1.25"LG CARBON STEEL	49521 104 2210
370H	2	STUD 304SS	27177 715 2228

383	1	LOCKWSHR,BRG SKF W-6	8910-0006
400	1	KEY,SQUARE END CARBON STEEL	49568 61 2213
408A	1	PLUG,PIPE	A00152A01
408H	4	PLUG,PIPE	57042 103
408J	1	PLUG PIPE HEX HD .250" 18NPT ITT-AC PUMP CS	63122 2 2210
408L	1	PLUG,PIPE	7301-0008
408M	1	PLUG,PIPE 1" NPTF	7301-0016
408W	2	PLUG,PIPE	57042 103
412A	1	O-RG AS568-23 TEFLON	C02495A23 6359
4128	2	BOLT,HEX TAP 3/8-16 X 1.25"LG 304SS	49521 104 2228
423	3	NUT,HEX STD THD HVY JAM .37IN CARBON STEEL	49507 54 2210
496	1	O-RG AS568-236 BUNA-N	C02495A2365302
497F	1	O-RG AS568-118 VITON	C02495A1185304
497G	1	O-RG AS568-24 BUNA-N	C02495A24 5302
497H	1	O-RG AS568-126 VITON	C02495A1265304
497J	1	O-RG AS568-38 BUNA-N	C02495A38 5302
497L	1	O-RG AS568-134 VITON	C02495A1345304
497N	1	O-RG AS568-21 VITON	C02495A21 5304
501	1	GUARD,CPLG SA ALUM/CBN STL ALUM/CBN STL	0A09729A A9913
503	1	ADAPTER,RING DUCTILE IRON	76782 1013
902	1	KIT,MAINTENANCE 8" STI ss 5-27-04, GET FROM CDC	R196-MKS8Z
905A	1	KIT,REPAIR (OIL) STI BLANKET	R196STRKOZ
920B	1	POWER END,3196STI OIL WS 316	P1600S0S00Z060
761B	1	CONDITION MONITOR KIT	RC07667A

TAPPED OPENINGS MODEL 3196 STX 1x1.5-8 A.N.S.I NO. AA

NO.	SIZE	QTY.	PURPOSE	FURNISHED		NO.	SIZE	QTY.	PURPOSE	FURNISHED	
				YES/NO						YES/NO	
TB	1/2	1	CASING DRAIN	NO		TL1	---	2	FRAME COOLER ACCESS	YES	
TC	1/4	1	BY-PASS CONNECTION	NO		TN	1/4	4	GREASE FITTING	YES	
TD	1/4	1	DISCH. GAUGE CONNECTION	NO		TN2	1/4	2	OIL MIST INJECTION PORT	YES	
TE	1/4	1	SUCTION GAUGE CONNECTION	NO		TY	1/2	1	OIL FILL	YES	
TF	3/8	1	BEARING FRAME DRAIN	YES		TZ	1/4	1	BOTTLE OILER CONNECTION	YES	
TL	1/2	2	FRAME COOLING CONNECTION	NO		TBL	1/4	2	VIB./TEMP. CONNECTION	YES	



All dimensions are in inches.  
Drawing is not to scale.

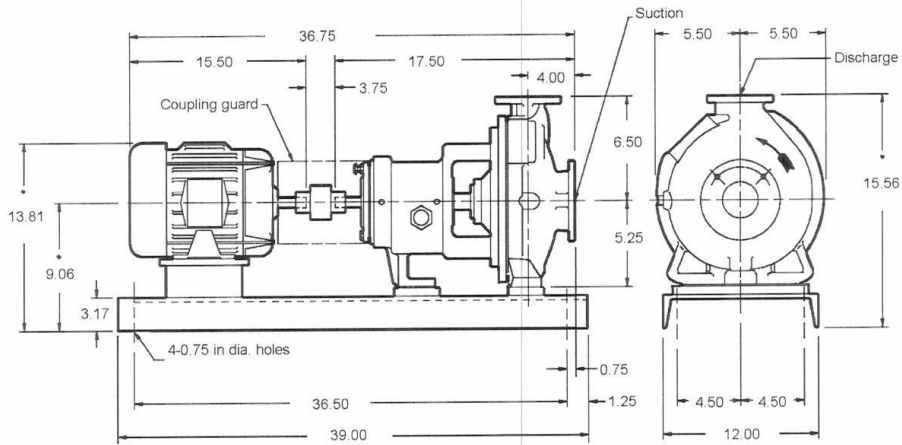
DIMENSIONS ARE CERTIFIED FOR CONSTRUCTION BY:  
**Joyce Sutterby** DATE August 28, 2007

Customer: ECOPETROL COMPLEJO IND DE  
Goulds Serial No: E738F067  
Customer P.O. No: 539743  
Item No: P-4025C  
Service: TRASIEGO DE H2SO4

**DRAWING NO** A738067T **Rev. 0** Date: August 28, 2007

FORM # ED0261/2 +5

SUPERSEDES ANY PREVIOUS DRAWINGS



*Pump specification*

SUCT.FLANGE SIZE	1.5"	DRILLING	ANSI 150#	FACING	FF	FINISH	SERRATED
DISCH.FLANGE SIZE	1"	DRILLING	ANSI 150#	FACING	FF	FINISH	SERRATED
PUMP ROTATION ( LOOKING AT PUMP FROM MOTOR )	CW						
TYPE OF LUBRICATION	FLOOD OIL			COOLED	NO		
TYPE OF STUFFING BOX	BIG BORE			COOLED	NO		
TYPE OF SEALING	MECHANICAL SEAL						

*Weights and Measurements*

PUMP	100.0 lb
MOTOR/CPLG	95.0/2.0 lb
BASEPLATE	138.0 lb
TOTAL	335.0 lb
GR.VOLUME w/BOX	9.4 ft <sup>3</sup>
GR.WEIGHT w/BOX	382.0 lb

*Motor specification*

MOTOR BY	PUMP MFG	MOUNT BY	PUMP MFG	MFG.	US ELECTRIC
FRAME	184T	POWER	5.0 hp	RPM	1800
PHASE	3	FREQUENCY	60 HZ	VOLTS	230/460
INSULATION	F	S.F.	1.15		
ENCLOSURE	SEVERE DUTY/MILL AND CHEMICAL PREMIUM EFFICIENCY				

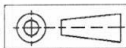
*Notes and References*

- MTR DIMENSIONS ARE APPROXIMATE
- INSTALL FOUNDATION BOLTS IN PIPE SLEEVES
- ALLOW FROM 0.75 to 1.50in. FOR GROUTING. SEE INSTRUCTION BOOK FOR DETAILS.
- \*Tolerance is +0 -0.5
- DISCHARGE FLANGE HAS 4-1/2-13 UNC TAPPED HOLES

*Auxiliary specification*

COUPLING BY	PUMP MFG	CPLG TYPE	REXNORD OMEGA REX ELASTOMER- ES-2 (STANDA
CPL GUARD BY	PUMP MFG.	CPLG GUARD MATL	ALUMINUM (NON SPARKING)
BASEPLATE	FABRICATED STEEL TO ANSI B73.1M 1991 C04621A		
MECH.SEAL	5610Q-1 X(14)P(200)1 X(14)D(86)H(A20/HC)		

FOR PUMP TAPPED OPENINGS REFER TO DWG.: A738067T



DIMENSIONS ARE CERTIFIED FOR CONSTRUCTION BY:

Joyce Sutterby

DATE August 28, 2007

Customer: ECOPETROL COMPLEJO IND DE  
Goulds Serial No: E738F067  
Customer P.O. No: 539743  
Item No: P-4025C  
Service: TRASIEGO DE H2SO4

All dimensions are in inches.  
Drawing is not to scale  
Weights (lbs) are approximate

DRAWING NO A738067O Rev. 0 Date: August 28, 2007

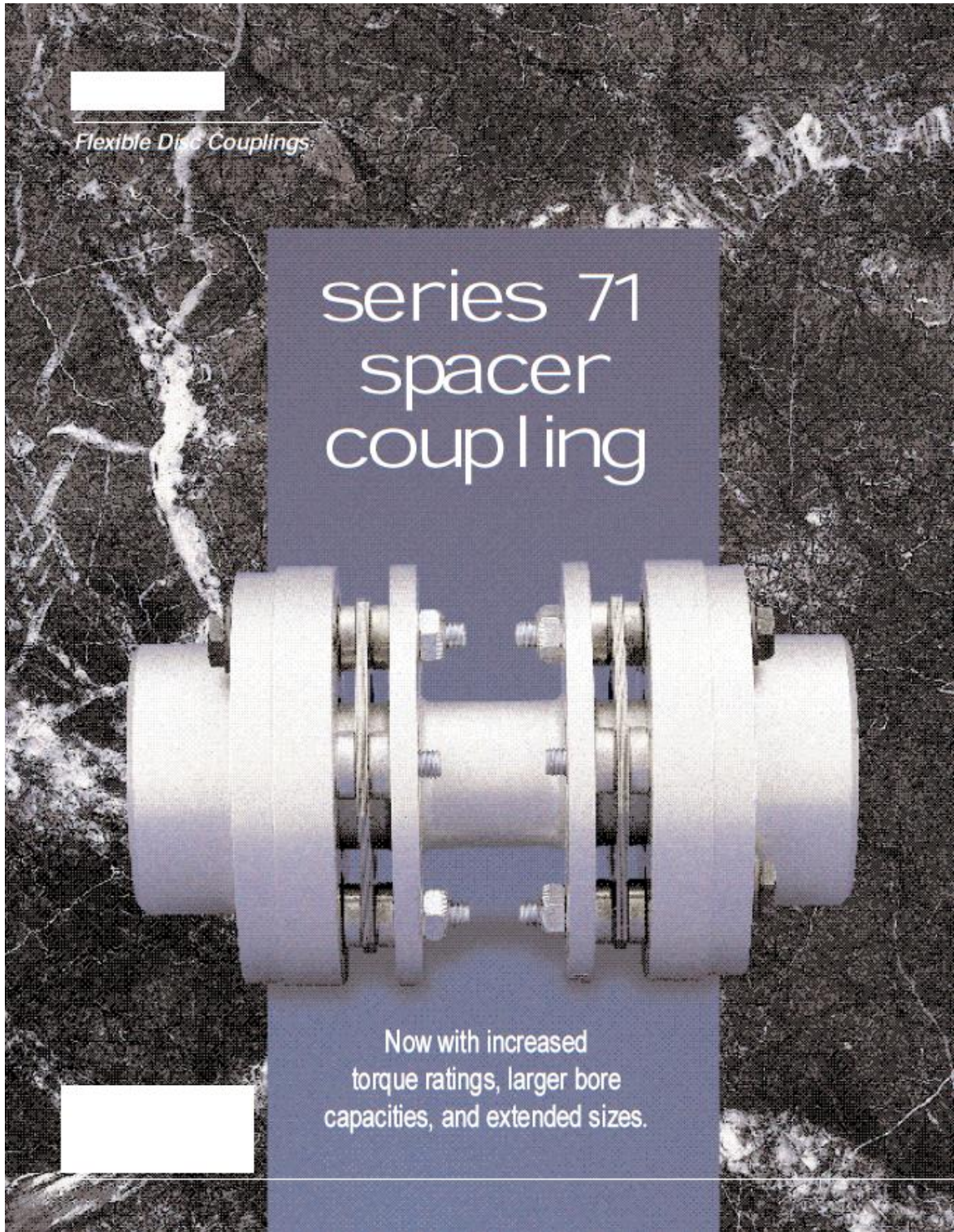
FORM # ED0063

SUPERSEDES ANY PREVIOUS DRAWINGS





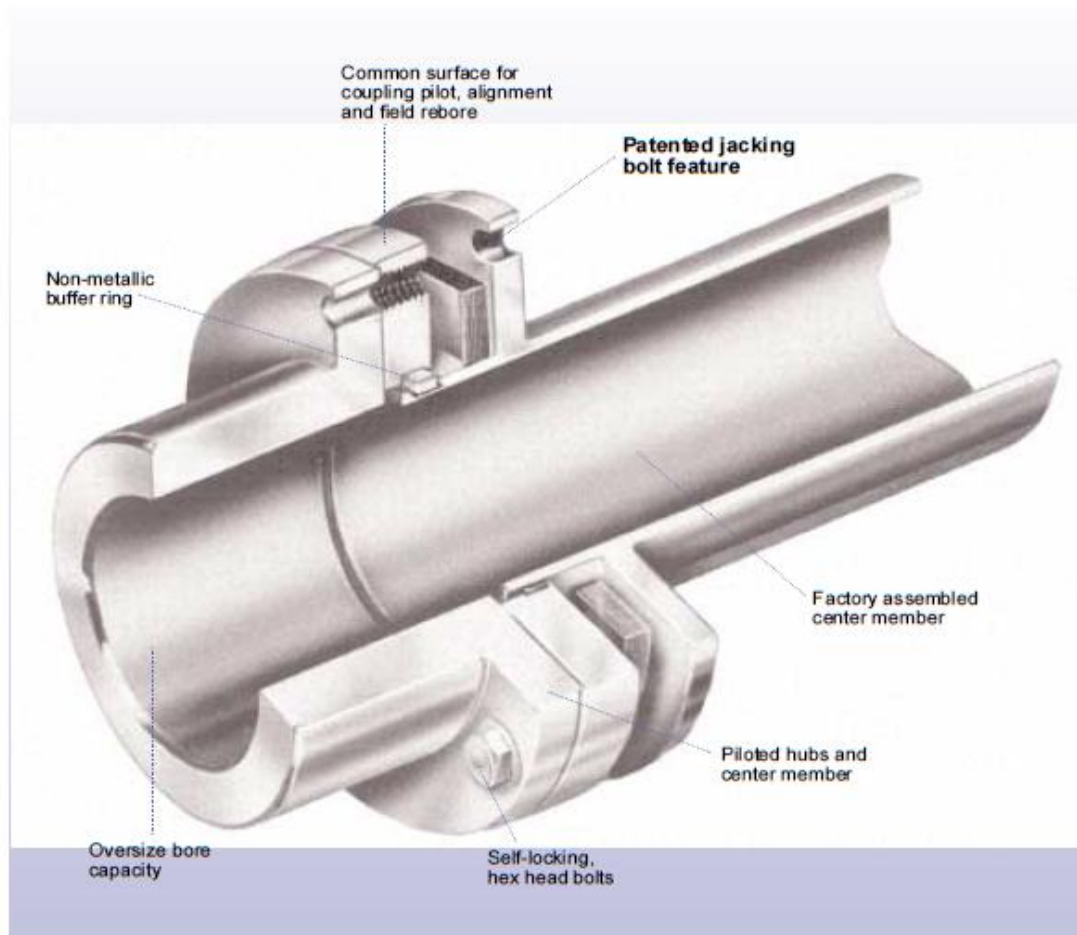
ANEXO F. MANUAL PARA SELECCIÓN DE ACOPLER THOMAS REXNORD.



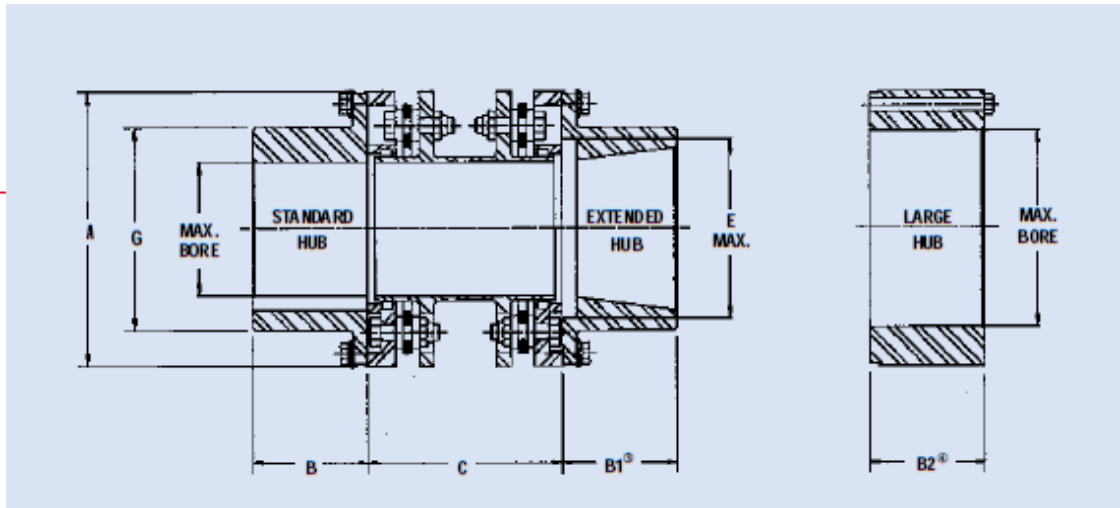
**Thomas**

*Flexible Disc Couplings*

series 71, designed for the user...  
here's why:



- Fewer parts — three piece design features unitized center member and two piloted fit hubs
- Quick installation — no special wrenching, easily accessible bolting
- Easy alignment — piloted flanges, common reference surface
- Patented jacking bolt feature compresses coupling for easy installation and removal of center assembly
- Optimized 4, 6 and 8 bolt designs
- Disc design provides low flexing forces with high overload capacity
- Manufactured to AGMA Class 9 balance specification when finish bored
- Meets API 610 requirements when puller bolt holes are specified



**Stocked "C" Dimensions**

**General Dimensions — Inches**

Coupling Size	"C" Dimension (in.)								Coupling Size	B & B1 Hub Max. Bore	B2 Hub Max. Bore	A	B	Ø B1	Ø B2	Std. C	Min. C	Max. E	G
	3-1/2	4-3/8	5	5-1/2	7	7-1/2	8	9											
150	*	*	*	*					150	1.500	2.375	3.59	1.31	1.69	1.62	3.50	3.44	2.06	2.31
175	*	*	*	*					175	1.875	2.750	4.16	1.56	2.06	1.81	3.50	3.44	2.56	2.81
225	*	*	*	*	*				225	2.250	3.250	4.94	2.00	2.50	2.06	5.00	3.44	3.09	3.34
300	*	*	*	*	*				300	3.000	4.000	5.97	2.62	3.25	2.75	5.00	4.00	4.12	4.44
350			*	*	*				350	3.500	4.500	6.75	3.12	3.75	3.00	5.00	5.00	5.00	5.25
375			*	*	*	*			375	3.750	5.000	7.62	3.25	4.00	3.25	5.50	5.00	5.31	5.66
412			*	*	*	*			412	4.125	—	8.00	3.62	4.38	—	7.00	6.50	5.75	6.06
462			*	*	*	*	*		462	4.625	—	9.00	4.12	5.00	—	7.00	7.00	6.31	6.84
512				*	*	*	*		512	5.125	—	10.03	4.50	5.38	—	7.00	7.00	7.06	7.62
562				*	*	*	*	*	562	5.625	—	10.97	5.00	6.00	—	8.00	8.00	7.69	8.36
600				*	*	*	*	*	600	6.000	—	11.72	5.25	6.38	—	9.00	9.00	8.31	8.94
712					*	*	*	*	712	7.125	—	13.88	6.25	—	—	9.38	8.88	10.18	10.75
800					*	*	*	*	800	8.000	—	15.56	7.00	—	—	10.88	10.25	11.37	12.00
875					*	*	*	*	875	8.750	—	17.12	7.75	—	—	12.00	11.38	12.50	13.12
1038					*	*	*	*	1038	10.375	—	19.75	9.00	—	—	14.00	13.25	14.87	15.96

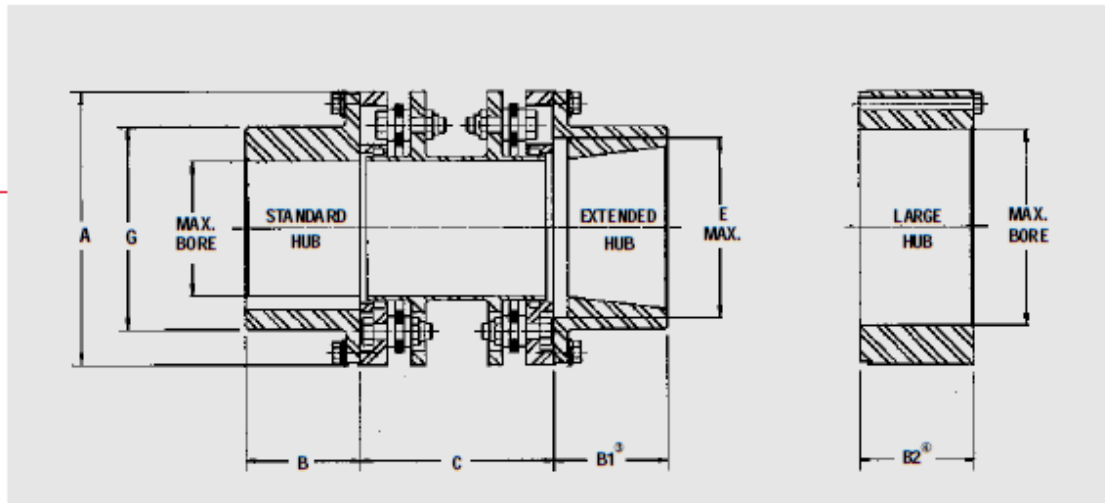
For "C" dimensions other than shown, consult Rexroth.

**Engineering Data**

Coupling Size	Max. Horsepower Per 100 RPM Service Factor					Max. RPM		Max. Continuous Torque (Lb.-In.)	Peak Overload Torque (Lb.-In.)	Weight (Lbs.)	Weight Change Per Inch of "C" (Lbs.)	WR <sup>1</sup> (Lb.-In.)	WR <sup>2</sup> Change Per Inch of "C" (Lb.-In.)	Axial Deflection (in.)	No. of Bolts Per Disc
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	Not. Bal. Ø	Balanced								
150	1.5	.96	.74	.59	.49	9,000	20,800	930	1,860	6.7	.10	10.6	.03	±.050	4
175	2.6	1.7	1.3	1.0	.86	8,300	17,000	1,630	3,260	9.4	.14	20.6	.09	±.070	4
225	4.8	3.2	2.4	1.9	1.6	7,700	16,000	3,060	6,120	14	.19	42	.25	±.075	6
300	11.5	7.7	5.8	4.6	3.8	6,800	14,000	7,260	14,520	26	.26	121	.66	±.085	6
350	21.2	14.2	10.6	8.4	7.1	6,200	13,500	13,400	26,800	43	.42	259	1.18	±.090	6
375	30.6	20.4	15.3	12.2	10.2	5,650	12,000	19,300	38,600	55	.43	423	1.62	±.095	6
412	35.7	23.8	17.8	14.3	11.9	5,350	11,000	22,500	45,000	71	.60	615	2.90	±.110	6
462	64.1	42.7	32.1	25.6	21.4	5,000	10,000	40,400	80,800	101	.80	1,110	4.65	±.120	6
512	87.3	58.2	43.6	34.9	29.1	4,700	9,200	55,000	110,000	135	1.04	1,830	7.43	±.130	6
562	133	89.0	66.7	53.4	44.5	4,350	8,300	84,100	168,200	186	1.28	3,020	10.38	±.145	6
600	145	97.0	72.8	58.2	48.5	4,150	7,800	91,700	183,400	228	1.75	4,250	17.51	±.160	6
712	174	116	87.0	69.6	58.0	3,450	7,200	110,000	220,000	365	1.37	5,090	16.9	±.082	8
800	255	170	128	102	85.0	3,250	6,800	161,000	322,000	504	2.17	16,200	33.2	±.092	8
875	373	250	187	149	123	3,050	6,400	235,000	470,000	672	2.41	26,200	45.6	±.102	8
1038	549	366	275	220	183	2,900	5,800	346,000	692,000	1,120	3.21	57,000	74.4	±.115	8

- See p. E-46 in the engineering catalog for explanation of RPM limits and balancing recommendations.
- Weight and WR<sup>2</sup> with standard length hubs, maximum bore and standard "C".
- Extended hub length is designed longer in order to include a counter-bore for the threaded extension on a tapered shaft.
- Large hub length. For sizes not shown, consult Rexroth.
- Thomas Flexible Disc Couplings meet all NEMA (MG1-14.37) specifications without modification or additional end-plate restraining devices.
- Series 71 Coupling assembly meets AGMA Balance Class 9 when furnished with finished bore.
- Hub sizes 150-600 furnished without a finished bore will be sold. Hub sizes 712 and larger will have a minimum rough bore when finish bore is not specified.

**Note: Dimensions subject to change. Certified dimensions of ordered material furnished on request.**



### Stocked "C" Dimensions

### General Dimensions — Millimeters

Coupling Size	"C" Dimension (mm)										Coupling Size	B & B1 Hub Max. Bore	B2 Hub Max. Bore	A	B	Ø B1	Ø B2	Std. C	Min. C	Max. E	G
	Ø 300	111	127	140	178	190	190.5	203.2	228.6												
150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	150	38	—	91.28	33.3	42.9	41.3	89	87	52.3	58.7
175	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	175	48	70	105.6	39.7	52.4	46.0	89	87	65.0	71.4
225	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	225	58	83	125.4	50.8	63.5	52.4	127	87	78.5	84.9
300	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	300	76	102	151.6	66.7	82.6	69.9	127	102	104.6	112.8
390				*	*	*	*	*	*	*	390	89	114	171.5	79.4	96.3	76.2	127	127	127.0	133.4
375				*	*	*	*	*	*	*	375	96	127	193.7	82.6	101.6	82.6	139.7	127	134.9	143.7
412				*	*	*	*	*	*	*	412	106	—	203.2	92.1	111.1	—	178	165	146.0	154.8
462				*	*	*	*	*	*	*	462	118	—	228.6	104.8	127.0	—	178	178	160.3	173.8
512				*	*	*	*	*	*	*	512	130	—	254.8	114.3	136.5	—	178	178	179.3	193.7
562				*	*	*	*	*	*	*	562	143	—	278.6	127.0	152.4	—	203.2	203	195.3	212.7
600				*	*	*	*	*	*	*	600	152	—	287.7	133.4	161.9	—	228.6	229	211.1	227.0
712				*	*	*	*	*	*	*	712	181	—	352.4	158.8	—	—	238.1	225	258.6	273.1
800				*	*	*	*	*	*	*	800	203	—	395.3	177.8	—	—	276.2	260	288.8	304.8
875				*	*	*	*	*	*	*	875	222	—	435.0	196.9	—	—	304.8	289	317.5	333.4
1038				*	*	*	*	*	*	*	1038	264	—	501.7	228.6	—	—	356.6	337	377.7	395.3

For "C" dimensions other than shown, consult Rexnord.

### Engineering Data

Coupling Size	Max. Kilowatt Per 100 RPM Service Factor					Max. RPM		Max. Continuous Torque (Nm)	Peak Overload Torque (Nm)	Weight (kg)	Weight Change Per cm of "C" (kg)	J (kg-cm <sup>2</sup> )	J Change Per cm of "C" (kg-cm <sup>2</sup> )	Axial Deflection (mm)	No. of Bolts Per Disc
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	Not. Bal. Ø	Balanced								
150	1.1	.73	.55	.44	.36	9,000	20,800	105	210	3.05	.017	32	.04	±1.3	4
175	1.9	1.3	.96	.77	.64	8,300	17,000	184	368	4.24	.025	60	.10	±1.8	4
225	3.6	2.4	1.8	1.4	1.2	7,700	16,000	346	682	6.30	.034	120	.29	±1.9	6
300	8.6	5.7	4.3	3.4	2.9	6,800	14,000	820	1,640	11.75	.046	360	.76	±2.2	6
390	15.8	10.6	7.9	6.3	5.3	6,200	13,500	1,515	3,030	19.4	.075	700	1.36	±2.3	6
375	22.8	15.2	11.4	9.1	7.6	5,650	12,000	2,180	4,360	25.1	.077	1,250	1.87	±2.4	6
412	26.6	17.7	13.3	10.6	8.9	5,350	11,000	2,540	5,080	32.0	.107	1,800	3.34	±2.8	6
462	47.8	31.9	23.9	19.1	15.9	5,000	10,000	4,565	9,130	45.8	.143	3,280	5.36	±3.0	6
512	65.1	43.4	32.5	26.0	21.7	4,700	9,200	6,215	12,430	61.2	.185	5,400	8.56	±3.3	6
562	99.5	66.4	49.8	39.8	33.2	4,350	8,300	8,500	19,000	84.4	.229	8,900	12.0	±3.7	6
600	108.5	72.4	54.3	43.4	36.2	4,150	7,800	10,360	20,720	103.4	.313	12,500	20.2	±4.1	6
712	129	86.8	65.1	52.1	43.4	3,450	7,200	12,400	24,800	161	.245	26,600	19.5	±2.1	8
800	190	127	95.3	76.2	63.5	3,250	6,800	18,200	36,400	229	.387	47,700	38.2	±2.3	8
875	278	185	139	111	92.7	3,050	6,400	26,500	53,000	305	.430	77,500	52.5	±2.6	8
1038	409	273	205	164	136	2,900	5,800	39,100	78,200	490	.573	166,000	86.7	±2.9	8

- See p. E-46 in the engineering catalog for explanation of RPM limits and balancing recommendations.
- Weight and WR<sup>2</sup> with standard length hubs, maximum bore and standard "C".
- Extended hub length is designed longer in order to include a counter-bore for the threaded extension on a tapered shaft.
- Large hub length. For sizes not shown, consult Rexnord.
- Thomas Flexible Disc Couplings meet all NEMA (MG1-14.37) specifications without modification or additional end-foat retarding devices.
- Series 71 Coupling assembly meets ISO G6.3 BALANCE when furnished with finished bore. ISO G2.5 available when specified.
- Hub sizes 150-600 furnished without a finished bore will be sold. Hub sizes 712 and larger will have a minimum rough bore when finish bore is not specified.

**Note: Dimensions subject to change. Certified dimensions of ordered material furnished on request.**

### Selection Procedures

The following procedure is used to select disc couplings for most applications. Special consideration must be given to coupling selection for those applications involving abnormal loading or design. Rexnord engineers are readily available for selection advice and assistance.






#### Coupling Selection:

- Determine HP/100 RPM:  

$$\text{HP/100 RPM} = \frac{\text{Horsepower} \times 100}{\text{RPM}}$$
- Determine Service Factor:  
 Select the proper Service Factor from the Table.
- Select the Coupling Size.
- Check Limiting Conditions:
  - Check maximum speed.
  - Check maximum bore.
  - Check other dimensions such as shaft separation, overall length, O.D. etc.
  - Check to be sure that the maximum torque to be transmitted, such as start-up or stall torques, do not exceed the coupling's Peak Overload Torque Rating.

### Service Factors

Service Factors are a means of classifying different equipment and applications into various load classifications. Due to variations in application of equipment, service factors are used to adjust equipment ratings to accommodate for variable loading conditions.

Load Classifications	Service Factors
 Continuous service and running loads vary only slightly.	1.0
 Torque loading varies during operation of the equipment.	1.5
 Torque loading varies during operation, frequent stop/start cycles are encountered.	2.0
 For shock loading and substantial torque variations.	2.5
 For heavy shock loading or light reversing drives.	3.0

#### Footnote:

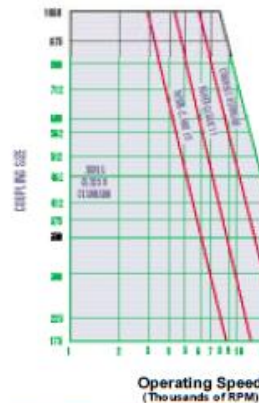
The Service Factor Table considers the driven equipment only and assumes a normal electric motor or turbine driver. For prime movers of the reciprocating type (engines, etc.) add the following to the Service Factor:

- For 8 or more cylinders, add 0.5
- For 6 cylinders, add 1.0
- For 4 cylinders, add 1.5
- For less than 4 cylinders, consult Rexnord

### Typical Service Factors Motor and Turbine Driven Equipment

Application	Typical Service Factor
Blowers	
Centrifugal .....	1.0
Lobe .....	1.5
Vane .....	1.5
Compressors	
Centrifugal .....	1.0
Lobe, Vane, Screw .....	1.5
Reciprocating - Multi-Cylinder .....	Consult Rexnord
Axial .....	1.0
Fans	
Centrifugal	
Forced Draft	
(Hostile Environment) .....	1.5
Induced Draft	
(Hostile Environment) .....	1.5
Axial	
Forced Draft	
(Hostile Environment) .....	1.5
Induced Draft	
(Hostile Environment) .....	1.5
Light Duty	
Blowers & Fans .....	1.0
Generators	
Non-Welding .....	1.5
Oil Industry	
Chillers .....	1.5
Oil Well Pumping .....	2.0
Paraffin Filter Press .....	2.0
Rotary Kilns .....	2.0
Pumps	
Centrifugal	
General Duty (Liquid) .....	1.0
Boiler Feed .....	1.0
Slurry (Sewage, etc.) .....	1.5
Dredge .....	2.0
Reciprocating	
Double Acting .....	2.0
Single Acting	
1 or 2 Cylinders .....	2.5
3 or more Cylinders .....	2.0
Rotary - Gear, Lobe, Vane .....	1.5
Sewage Disposal Equipment .....	1.5
Sewage Treatment Pumps .....	1.5

### Balance Recommendations



Note: The above recommendations and balance classes are based on AGMA Specifications S15.02, High Sensitivity. If conditions exist other than as defined in S15.03 for high sensitivity, consult Rexnord. The above information should be used as a guide only. AGMA Class 9 balance furnished as standard with finished bore couplings.

# Worldwide Service Locations

## AUSTRALIA

Rexnord Australia Pty Ltd  
40 Marigold St.  
Revesby, N.S.W. 2212  
Australia  
T: 61-2-9773-0575  
F: 61-2-9774-5514

## BRAZIL

Rexnord Correntes Ltda  
Caixa Postal 290  
93001 Sao Leopoldo-RS  
Brazil  
T: 55-51-588-3000  
F: 55-51-588-1334

## CANADA

Rexnord Canada Ltd  
81 Maybrook Dr  
Scarborough, Ontario  
M1V 3Z2  
T: 416-297-6868  
F: 416-297-6873

## CHINA

Rexnord China  
Conch Building, Ste 621  
1271 Zhongshan Xi Rd  
Shanghai, China 200051  
T: 86-21-62701942  
F: 86-21-62701943

## EUROPE

Rexnord Belgium NV  
Airport Circle Center  
Maalbeekweg 17  
1930 Zaventem  
Belgium  
T: 32-2-725-4060  
F: 32-2-720-1023

## LATIN AMERICA

Rexnord International Inc  
4695 W Greenfield Ave  
Milwaukee, WI 53214 USA  
T: 414-643-2242  
F: 414-643-3666

## MEXICO

Cadenas y Componentes  
Rexnord, SA de CV  
Privada de los Industriales 115  
Cd Industrial Benito Juarez  
Zona Jurica  
76100 Queretaro Qro  
T: 52-42-18-50-00  
F: 52-42-18-10-90

## SINGAPORE

Rexnord International Inc  
36 Purvis St  
Talib Center #02-01/04  
Singapore 188613  
T: 65-338-5622  
F: 65-338-5422

## UNITED STATES

Rexnord Corp - Atlanta  
2300 Lake Park Dr #150  
Smyrna, GA 30080  
T: 770-431-7200  
F: 770-431-7299

Rexnord Corp - Columbus  
3655 Brookham Dr, Ste J  
Grove City, OH 43123  
T: 614-675-1800  
F: 614-675-1898

Rexnord Corp - Dallas  
1217 Corporate Dr  
Arlington, TX 76006  
T: 817-640-3332  
F: 817-640-8704

Rexnord Corp - Fresno  
1080 W Sierra Ave, Ste 102  
Fresno, CA 93711  
T: 559-435-1111  
F: 559-439-6887



Thomas Coupling Operation  
304 Main Avenue  
PO Box 549  
Warren, PA 16365-0549 USA  
Phone: 814/723-6600  
Fax: 814/726-1740  
www.rexnord.com



Bulletin No. 2002

© Copyright Rexnord Corp. 2001

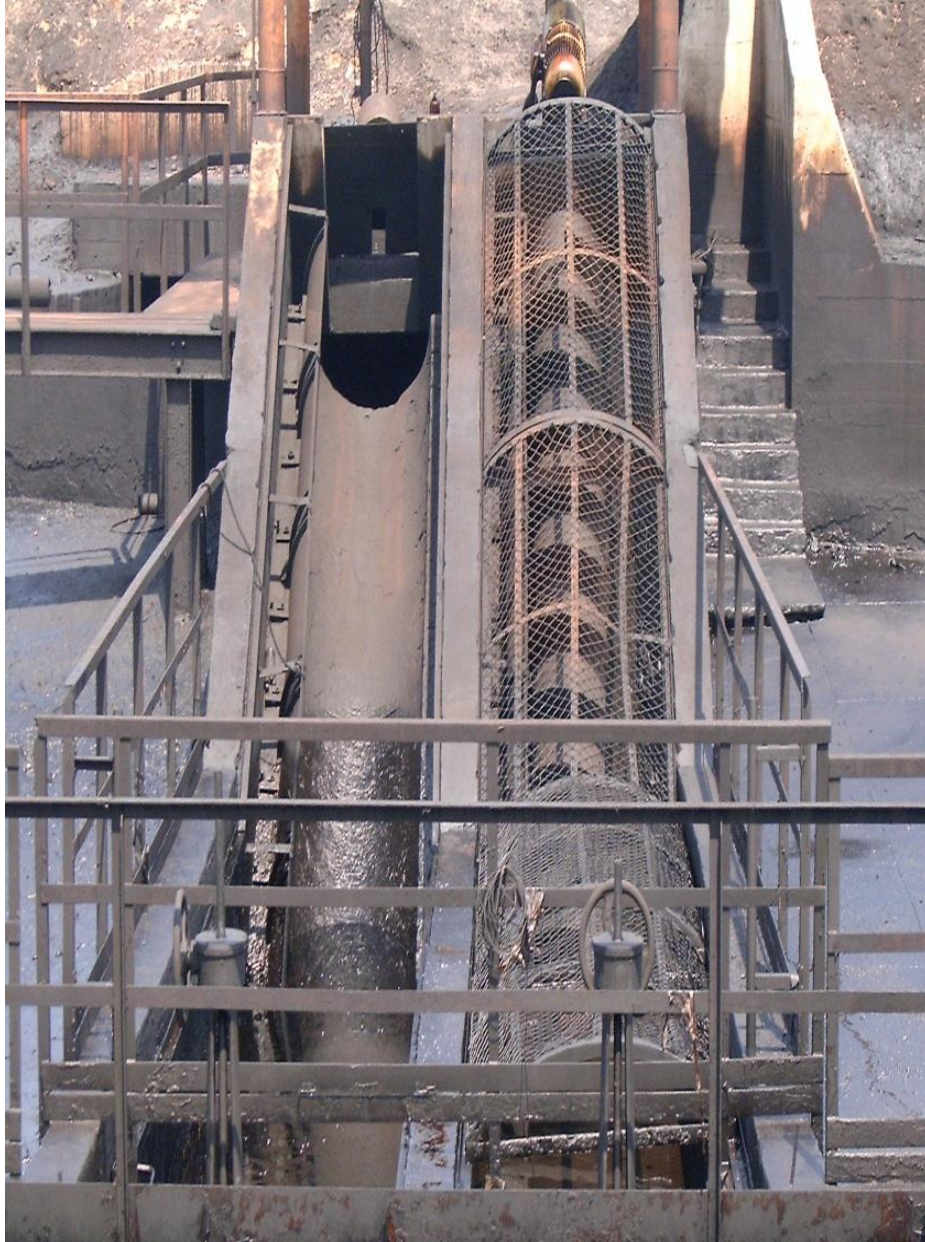
CC-02/01-25M Printed in U.S.A.

ACOPLE UTILIZADO EN EL ÁREA AMBIENTAL, TIPO: THOMAS REXNORD.

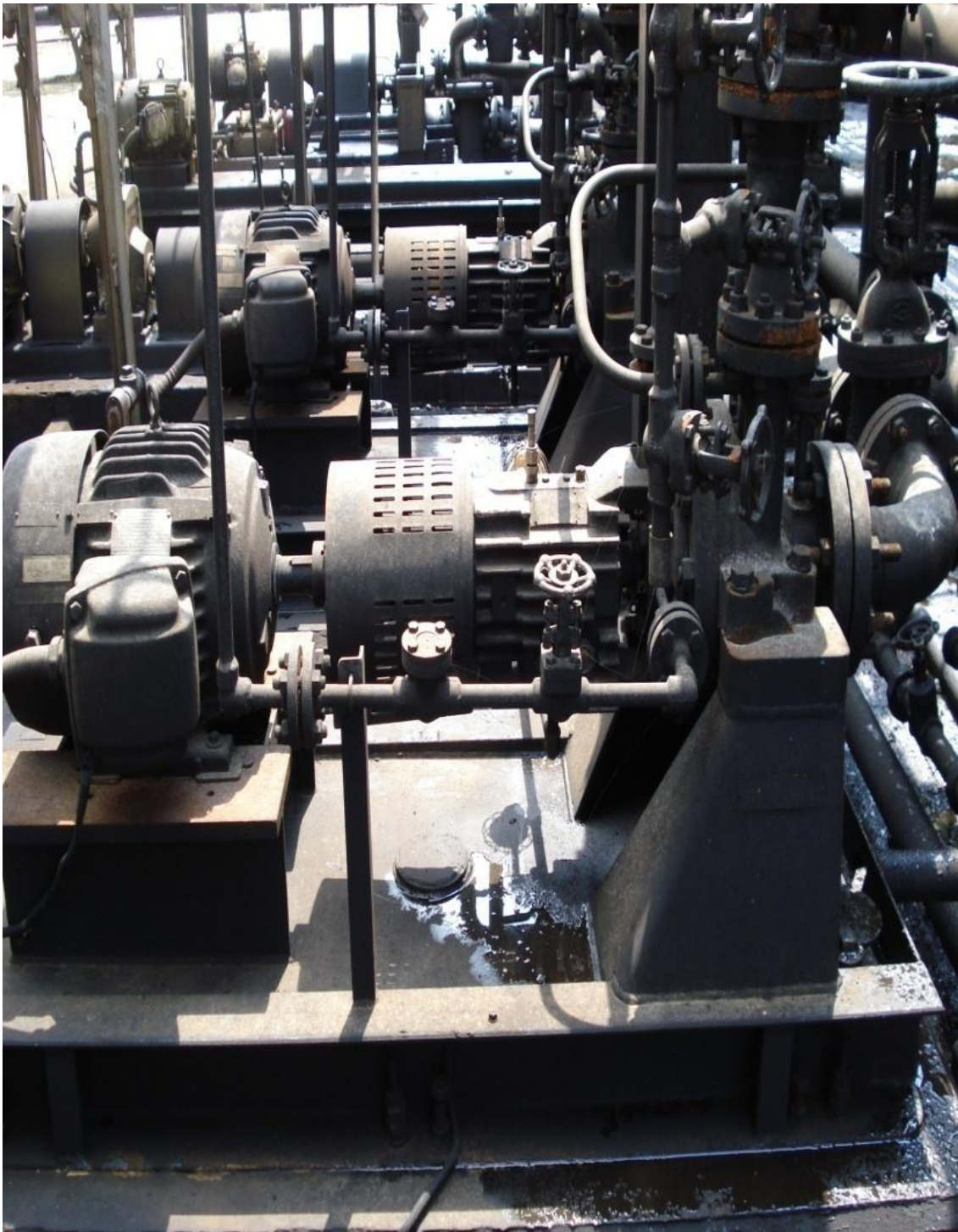


## ANEXO G. EQUIPOS ROTATIVOS DEL ÁREA AMBIENTAL.

Sistemas con bombas de tornillo



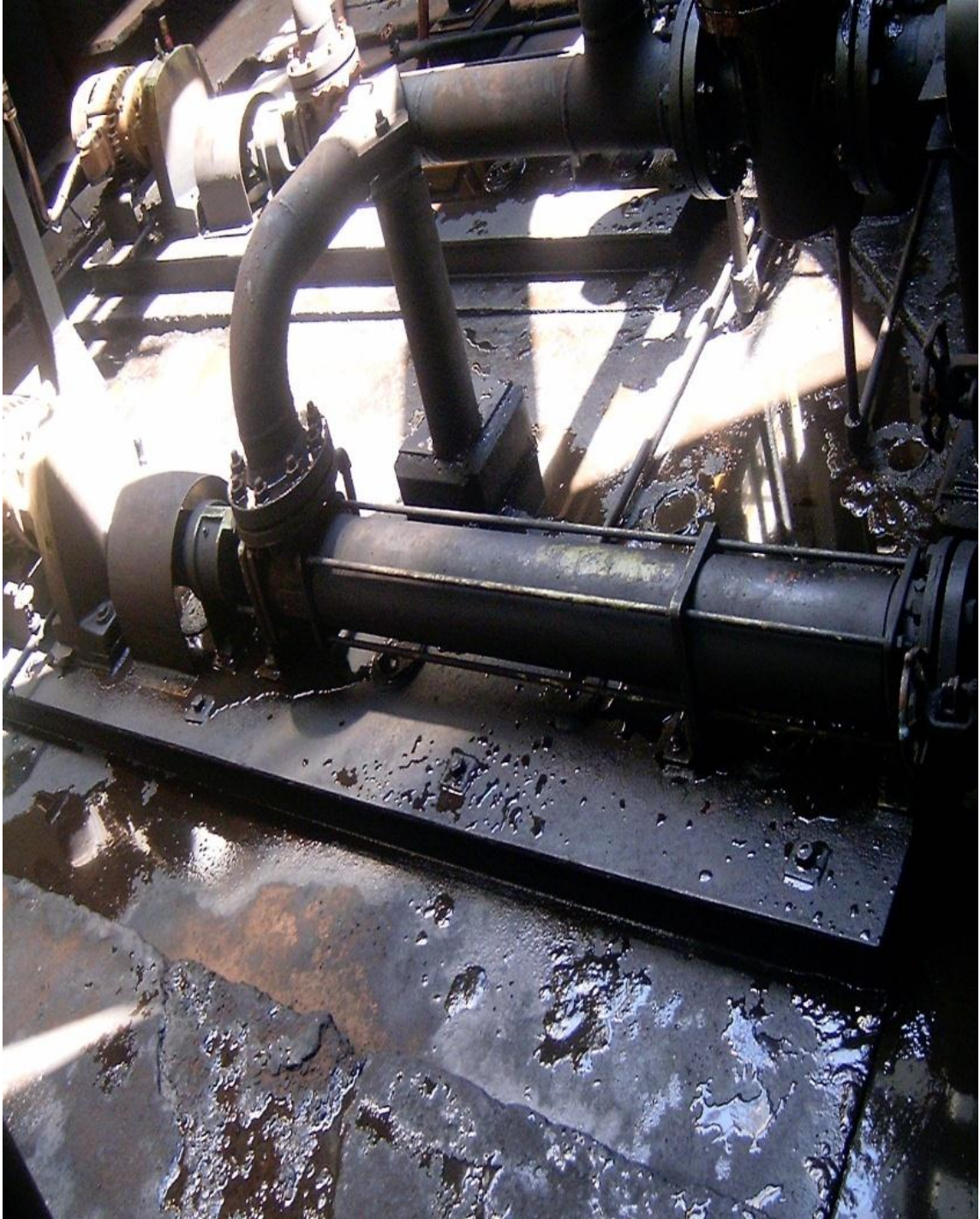
**Sistemas con bombas centrifugas**



**Sistemas con bombas de desplazamiento positivo**



**Sistemas con bombas de desplazamiento positivo**



**Sistemas con bombas centrifugas verticales**



**Sistemas de agitadores verticales.**

