

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



MANTENIMIENTO EN UNA FABRICA DE FERTILIZANTES
NITROGENADOS DE UNA PLANTA DE
FRACCIONAMIENTO DE AIRE

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECANICO

MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL

Promoción 1980 - II

Lima • Perú
1987

INDICE

	PROLOGO	1
1	INTRODUCCION	4
1.1	Aspectos generales	6
1.1.1	Proceso de fabricación del Nitrato de Amonio	6
1.1.2	Distribución de plantas	8
1.1.3	Descripción de plantas	8
1.2	Organización de la División de Mantenimiento	14
1.2.1	Organización de la fábrica	14
1.2.2	Organización de la División de Mantenimiento	15
2	DESCRIPCION DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE	21
2.1	Caracteres principales	21
2.1.1	Composición y propiedades del aire	21
2.1.2	Propiedades del Nitrógeno	22
2.1.3	Producción de Oxígeno y Nitrógeno	22
2.1.4	Descripción del generador de Nitrógeno	22
2.1.5	Descripción del proceso de generación de Nitrógeno	24
2.2	Diagrama de flujo	25
2.3	Codificación de equipos	28
2.3.1	Codificación de plantas	28
2.3.2	Codificación de máquinas	30
2.3.3	Codificación de elementos de máquinas	31
2.4	Inventario de equipos	32
2.4.1	Inventario de equipos mecánicos	32

2.4.2	Inventario de equipos eléctricos	35
2.4.3	Inventario de elementos de instrumentación	37
3	DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	50
3.1	Operaciones principales	50
3.1.1	Admisión y compresión de aire	50
3.1.2	Separación de la humedad	51
3.1.3	Enfriamiento del aire	52
3.1.4	Licuefacción y destilación del aire	54
3.1.5	Purificación y almacenamiento del Nitrógeno	55
3.2	Operaciones secundarias	58
3.2.1	Tanques de almacenamiento y vaporizadores	60
3.2.2	Elevación de presión del Nitrógeno	61
3.2.3	Turbina de expansión	62
3.2.4	Sistema de agua de enfriamiento	63
3.2.5	Sistema de aire para instrumentos	65
3.2.6	Sistemas de lubricación	66
4	ANALISIS CRITICO DE LAS OPERACIONES	73
4.1	Máquinas principales	74
4.1.1	Compresor de Aire	74
4.1.2	Sistema del válvulas tipo Check	79
4.1.3	Sistema de válvulas tipo Conmutador	80
4.1.4	Compresor de Nitrógeno	82
4.1.5	Turbina de expansión	86
4.1.6	Componentes especiales	89
4.1.6.1	Caja fría	89
4.1.6.2	Stock mínimo de repuestos	93
4.1.6.3	Tanque de almacenamiento de Nitrógeno líquido	93
4.2	Máquinas secundarias	94
4.2.1	Filtro de Aire	95
4.2.2	Commutador post-refrigerado	96
4.2.3	escape	96
4.2.4	Commutador para vaporizar el Nitrógeno líquido	97

VI

4.2.5	Silenciador	97
4.3	Máquinas eléctricas	98
4.3.1	Máquinas eléctricas de potencia	98
4.3.1.1	Motor del Compresor de Aire	99
4.3.1.2	Motor de la bomba de aceite del compresor de aire	102
4.3.1.3	Motor del compresor de Nitrógeno	103
4.3.1.4	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión	107
4.3.2	Máquinas eléctricas de control	108
4.3.2.1	Elementos eléctricos tipo relé	108
4.3.2.2	Elementos eléctricos de registro	110
4.3.2.3	Mantenimiento de los elementos eléctricos de control	110
4.4	Instrumentos	111
4.4.1	Válvulas	112
4.4.2	Indicadores	114
4.4.3	Relés	115
4.4.4	Elementos de medición	117
4.4.5	Registros	118
4.4.6	Transmisores	118
4.4.7	Contactos	119
4.4.8	Controles manuales de indicadores	119
4.4.9	Visor de flujo	120
4.4.10	Sistema de identificación de instrumentos	120
4.4.11	Sistema de mantenimiento de instrumentos	123
4.5	Tuberías y accesorios	123
4.5.1	Tuberías	123
4.5.2	Válvulas	128
4.5.3	Bridas	132
5	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	133
5.1	Organización del mantenimiento	133
5.1.1	Manual del registro de equipos	134
5.1.2	Orden de trabajo	134
5.1.3	Notas de pedido	139

VII

5.1.3.1	Pedido interno	139
5.1.3.2	Pedido de compra	141
5.1.4	Tarjetas de registro histórico	147
5.1.5	Tarjetas de lubricación	148
5.1.6	Cronogramas de trabajo	152
5.1.7	Resumen anual de paradas	157
5.1.8	Administración de personal	157
5.1.8.1	Boletas de sobretiempo	159
5.1.8.2	Boletas de permiso	161
5.1.8.3	Resumen de mano de obra	163
5.2	Programa de Mantenimiento Preventivo	165
5.2.1	Objetivos	167
5.2.2	Generalidades	168
5.2.3	El sistema del programa de mantenimiento	169
5.2.3.1	Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento preventivo	169
5.2.4	El mantenimiento preventivo mecánico	174
5.2.4.1	Frecuencias de mantenimiento mecánico	176
5.2.4.2	Manual de mantenimiento preventivo mecánico	179
5.2.5	El mantenimiento preventivo eléctrico	184
5.2.5.1	Frecuencias de mantenimiento eléctrico	188
5.2.5.2	Manual de mantenimiento preventivo eléctrico	191
5.2.6	El mantenimiento preventivo de instrumentación	191
5.2.7	La maestranza en el programa de mantenimiento preventivo	193
5.3	Programa de mantenimiento de reemplazo	193
5.3.1	Organización del programa de mantenimiento de reemplazo	194
5.3.1.1	Programación para el mantenimiento de reemplazo	194
5.3.1.2	Mano de obra	196
5.3.1.3	Sistema de herramientas	199
5.3.2	Stocks mínimos	200
5.3.3	Programa de mantenimiento de reemplazo mecánico	207
5.3.3.1	Determinación de tiempos	208
5.3.3.2	Gráficos PERT	209

VIII

5.3.3.3	Cronogramas de trabajo	211
5.3.4	Programa de mantenimiento de reemplazo de maestranza	211
5.3.4.1	Determinación de tiempos	221
5.3.4.2	Gráficos PERT	221
5.3.4.3	Cronogramas de trabajo	223
5.3.5	Programa de mantenimiento de reemplazo eléc- trico	230
5.3.5.1	Determinación de tiempos	231
5.3.5.2	Gráficos PER'	231
5. .5.3	Cronogramas de trabajo	231
5.3.6	Programa de mantenimiento de reemplazo de instrumentación	239
5.3.6.1	Determinación de tiempos	239
5.3.6.2	Cronogramas de trabajo	240
5.4	Programa de mantenimiento correctivo	240
5.4.1	Organización del mantenimiento correctivo	244
5.4.1.1	Stock mínimo	245
5.4.1.2	Planificación del mantenimiento correctivo	245
5.4.2	El programa de mantenimiento correctivo me- cánico	246
5.4.2.1	Gráficos PERT	248
5.4.2.2	Cronogramas de trabajo	248
5.4.3	El programa de mantenimiento correctivo de maestranza	248
5.4.4	El programa de mantenimiento correctivo eléctrico	264
5.4.4.1	Gráficos PERT	264
5.4.4.2	Cronogramas de trabajo	264
5.4.5	El programa de mantenimiento correctivo de instrumentación	275
5.5	Programa de lubricación	276
5.5 1	Requerimientos de personal	277
5.5.2	Aceites y grasas	277
5.5.3	Diagrama de flujo del programa de lubricación	279
5.5.4	Programa de lubricación	282

IX

5.5.4.1	Frecuencias de lubricación	282
5.5.4.2	Programa de lubricación	284
5.5.5	Stock mínimo de aceites y grasas	284
6	ECONOMIA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	292
6.1	Generalidades	292
6.2	Antecedentes de la planta de fraccionamiento de aire	293
6.2.1	Insidencia económica con sistema obsoleto	293
6.2.2	Adquisición de la planta nueva	294
6.2.3	Eficiencia de consumo y producción actual de planta	296
6.2.4	Análisis económico de la planta	298
6.3	Mano de obra	310
6.3.1	Estructura de la mano de obra de la fábrica	310
6.3.2	Estimación de los costos por mano de obra	311
6.3.2.1	Costos de la mano de obra de la División de Mantenimiento	315
6.3.3	La mano de obra por mantenimiento en la planta de fraccionamiento de aire	316
6.3.3.1	Mano de obra por mantenimiento preventivo en la planta de fraccionamiento de aire	316
6.3.3.2	Mano de obra por mantenimiento de reemplazo de la planta de fraccionamiento de aire	318
6.3.3.3	Mano de obra por mantenimiento correctivo de la planta de fraccionamiento de aire	319
6.3.4	Costos de la mano de obra por mantenimiento en la planta de fraccionamiento de aire	323
6.4	Repuestos	323
6.4.1	Sistema de adquisición de repuestos	325
6.4.2	Costo de los repuestos de la planta de fraccionamiento de aire	327
6	Lubrificantes y materiales de mantenimiento	328
	por lubricantes	328
	materiales de mantenimiento	329
	adquisición	330

6.6.1	Horas perdidas de producción por la planta de fraccionamiento de aire	334
6.7	Envejecimiento de máquinas	337
6.8	Costo o mantenimiento de la planta de fraccionamiento de aire	343
	CONCLUSIONES	349
	BIBLIOGRAFIA	353
	Apéndices	

PROLOGO

El presente trabajo está orientado a demostrar una de las tantas aplicaciones de la Ingeniería Mecánica. Este trabajo es un pequeño aporte de la aplicación de la Ingeniería mecánica, en la organización de los programas de mantenimiento en plantas industriales. Se ha tratado de simplificar en la forma más reducida, clara y comprensible, el volumen del trabajo, para lo cual se ha dividido en seis capítulos.

El primer capítulo, está determinado por la introducción. En este capítulo he indicado los antecedentes de la existencia de la fábrica de nitrato de amonio; dentro de ello el proceso de fabricación con la descripción de plantas que componen el sistema; también he indicado el sistema organizativo de la fábrica, enmarcando así todo lo necesario para poder comprender mejor el estudio de mantenimiento.

El segundo capítulo es la descripción de la planta de fraccionamiento de aire, dentro de lo cual es necesario conocer características físicas y químicas del aire y específicamente como se aprovecha el nitrógeno como elemento fundamental, en la composición del nitrato de amonio. En este capítulo se inicia la organización del mantenimiento realizando una codificación e inventario de máquinas.

El tercer capítulo se ha analizado las operaciones. Dentro del sistema de producción de la planta se ha determinado dos tipos de operaciones; operaciones principales, que está determinado por las operaciones críticas; las otras son operaciones secundarias donde su incidencia en la producción es mínima con respecto a las paradas que podría producir.

El cuarto capítulo comprende el análisis, desde el punto de vista crítico de las operaciones del cual se determinan, las máquinas principales y secundarias, de tal manera que un conocimiento de estos nos da las plantas de previsión en su funcionamiento y así organizar los diferentes programas de mantenimiento. También se ha considerado las máquinas eléctricas y los instrumentos que dentro del análisis, se ha considerado como los de menos probabilidad que pare el sistema productivo. Las dos primeras categorías, corresponden básicamente a máquinas mecánicas; ya que por su volumen y desgaste tienen la primera prioridad.

El quinto capítulo determina la parte más fundamental dentro del trabajo, dentro de lo cual las actividades propias de un programa de mantenimiento requiere un sistema de organización adecuado a fin de controlar bien todos los aspectos de las actividades del mantenimiento, esto es parte fundamental del análisis y su resultado forma la base del programa de mejoramiento. En este sentido se ha determinado los programas de mantenimiento preventivo, mantenimiento de reemplazo, mantenimiento correctivo y lubricación; estos programas cubren todas las acciones de mantenimiento.

El sexto capítulo es básicamente el análisis económico del mantenimiento, también trata muy con-

cretamente algunos aspectos de costos en la adquisición de la planta. A veces no siempre un ahorro económico es lo más correcto dentro del mantenimiento, ya que una inversión en un programa de mantenimiento trae consigo una vida más larga a la planta, teniendo en consideración que el mantener una planta como nueva demanda un costo en relación a la venta del producto, este aspecto está parametrado (6% del ingreso bruto por venta del producto).

Aprovecho la oportunidad para expresar mi eterno agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica, por la forma brillante y entusiasta con que me transmitieron sus conocimientos para mi formación profesional. También quiero agradecer al grupo de profesionales de Industrial Cachimayo S. A., quienes en todo momento han colaborado sustancialmente en la elaboración del presente rabajo.

MARIO G. CASTRO I.

INTRODUCCION

La adquisición de una planta trae consigo tomar las medidas adecuadas para su funcionamiento normal, sobre todo la garantía de su funcionamiento para una buena producción. Esta importancia se acentúa más, cuando el costo que demanda la compra de esta planta es considerable y consecuentemente es de vital importancia dentro del proceso productivo; porque lo requerido en una adquisición de este tipo, es de obtener una tasa óptima de rendimiento sobre la inversión.

Hoy en día la Ingeniería de Mantenimiento se encarga de hacer los estudios y lineamientos para llevar a cabo la garantía de funcionamiento, dando así una buena organización y políticas adecuadas con un criterio de mayor eficiencia y mayor productividad. Los programas de mantenimiento dan un eventual control de materiales y repuestos (Stocks mínimos), para luego realizar la respectiva evaluación de costos de mantenimiento. Crea i garantiza el incremento de horas trabajadas en la producción, siendo este aspecto uno de los fines principales de la Ingeniería de Mantenimiento.

Habiendo logrado tener una definición de lo que puede ser en la Fábrica de Nitrato de Amonio, la División de Mantenimiento es una unidad importante, ya que es uno de los pilares que garantizan la producción y muy aparte de la producción es el que dá la

seguridad funcional del equipo. En la Fábrica de itrato de Amonio, es de suma importancia el control estricto y análisis de mantenimiento, esto es en razón de su trabajo de 21 años (comenzó a funcionar el 12 de Octubre de 1965). La antigüedad de la Fábrica trajo también la discontinuación de repuestos ante el avance tecnológico, teniendo que recurrir en muchos casos a la construcción de repuestos a nivel nacional y en nuestros talleres. El sistema de producción de 24 horas diarias hace que un control mal llevado tenga repercusiones económicas y más aún que son plantas que por su magnitud y costo no existen en Stand-By.

Dentro del proceso productivo, una de las principales plantas es la de RACCIONAMIENTO DE AIRE. A nivel de la Fábrica es la planta que trajo muchas horas de producción perdidas; su sistema de producción era obsoleto ante la existencia de nuevas técnicas de producción; en los tres últimos años antes de su cambio estuvo operando con frecuentes y progresivos problemas técnicos, derivados del desgaste natural de los equipos y la falta de un programa de mantenimiento adecuado, lo cual trajo problemas en el funcionamiento óptimo de las partes y por consiguiente las limitaciones del proceso. Ante un análisis de todos los problemas técnicos y un previo estudio económico, se decidió la compra de una nueva planta de Fraccionamiento de Aire.

La adquisición de una nueva planta y con todos los problemas que se han mencionado anteriormente me ha impulsado a realizar un estudio de mantenimiento, ya que esta viene trabajando desde hace 6 años (comenzó a funcionar el 24 de Abril de 1980) y aún no existía un análisis para sus programas de mantenimiento, como también aplicar los estudios teóricos u

niversitarios y así poder llevar a la práctica, donde se podrá hacer comparaciones de orden económico en un caso real e identificar las particularidades propias del mantenimiento de una planta de proceso Químico-Mecánico.

1.1 Aspectos Generales

1.1.1 Proceso de fabricación del Nitrato de Amonio

Los elementos químicos básicos (ver gráfico N° 1) del Nitrato de Amonio, Nitrógeno e Hidrógeno, se obtienen respectivamente del Aire (A) y del Agua (B), lo cual proviene de una laguna. La Central Hidroeléctrica suministra la Energía Eléctrica (C) necesaria para el funcionamiento de la Fábrica. Una mina cercana (D) suministra Diatomita (elemento hidróscópico que cubre el Nitrato de Amonio).

El aire se licúa y fracciona en sus componentes principales, Oxígeno i Nitrógeno (A_1), de los cuales el nitrógeno se almacena en el gasómetro (A_2). El tratamiento de agua se realiza en varias etapas como son conglomerador i los filtros (B_1), la desmineralización total (B_3) del agua. El agua se descompone e lectrolíticamente en oxígeno e hidrógeno (E). Para ello es necesario convertir la corriente alterna de 138 Kv de que se dispone (distribución de alta tensión) (C_1), transformadores (C_2) en corriente continua (C_3). Hidrógeno y nitrógeno se mezclan en proporción de 3 a 1 y se convierten bajo altas presiones (máximo 450 atm. efectivas) en Amoniaco (F). El amoniaco así producido se vá a un almacen de amoniaco líquido y es empleado en parte en la producción de Acido Nítrico (H), y en parte en la neutralización de éste con gas amoniacal para obtener Nitrato de Amonio (I). Por medio de una centrífuga Prilling se fracciona la espesa mezcla en pequeñas bolitas o Prills (J), los cuales reciben una capa protectora

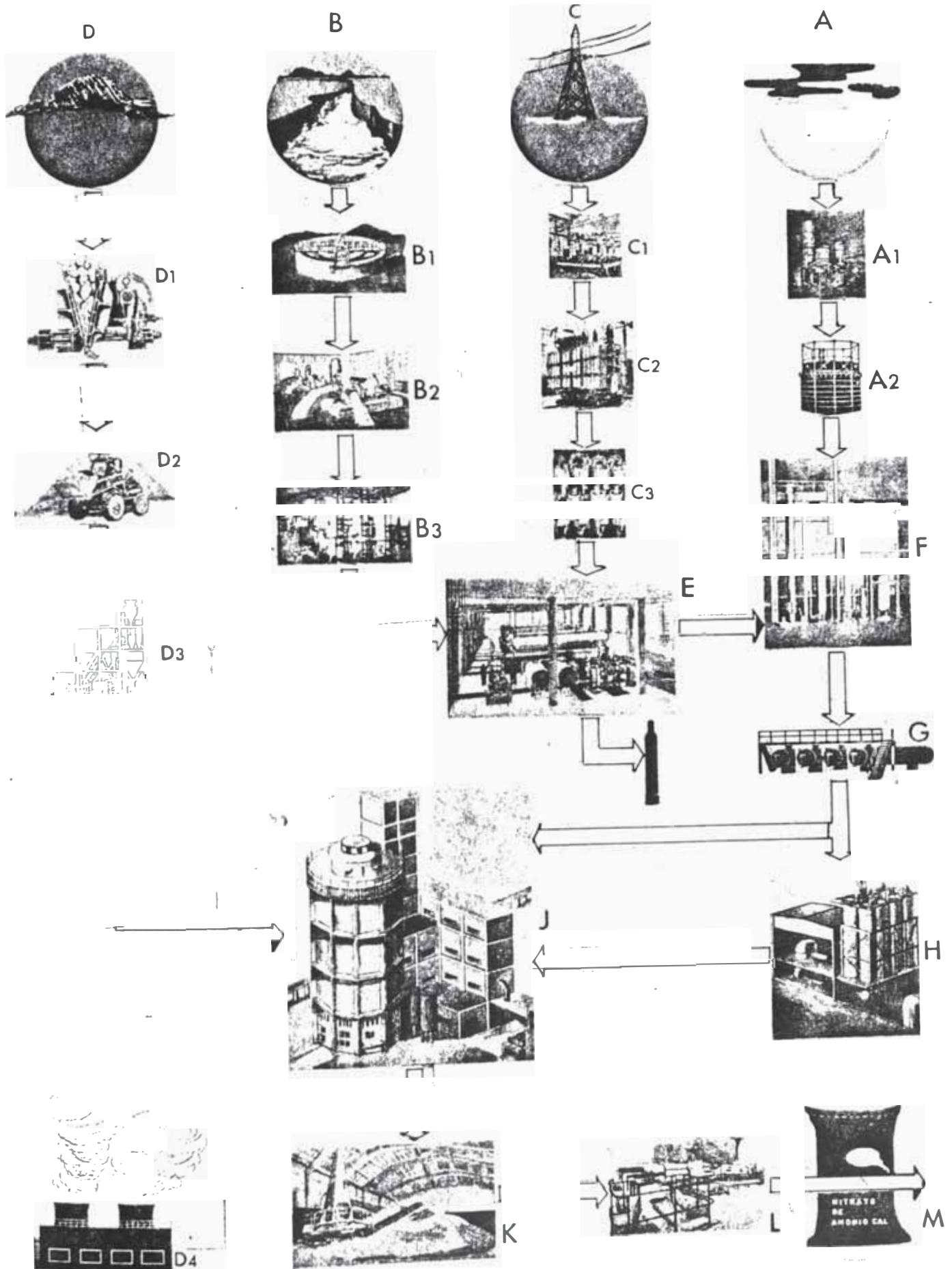


Gráfico. N° 1

de diatomita para evitar que se aglomeren. El Nitrato de Amonio terminado es llevado a un Almacén (K), luego a una instalación de ensacado de donde se lo expide (L) en camiones o vagones de ferrocarril. El Oxígeno (E) puede ser embotellado como producto secundario de la Fábrica para el uso industrial.

El contenido de Nitrógeno del producto terminado puede ser variado de 33.5% como Nitrato de Amonio Fertilizante y 34.5% como Nitrato de Amonio Técnico y Grado ANFO. La capacidad de producción es de 118 TM/diarias al 33.5% de N_2 y de 100 TM/diarias al 34.5% de N_2 .

1.1.2 Distribución de las plantas

La Fábrica de Fertilizantes se encuentra en la zona de la Sierra Sur con las siguientes condiciones climáticas:

Altura sobre el nivel del mar	: 3,400 m.
Presión Barométrica media	: 660 M Bar.
Temperatura máxima	: + 20.0 °C
Temperatura mínima	: + 2.0 °C
Humedad relativa max.mín. del aire	: 84% a 20.0 °C

Las diferentes zonas comprenden las siguientes áreas:

Area total de la Fábrica	: 493,394 m ²
Area construída	: 22,776.03 m ²
Area para plantas (con los pisos correspondientes)	: 18,137.03 m ²

El Apéndice N° 1 nos muestra la distribución de plantas en correcta ubicación con sus respectivos nombres.

1.1.3 Descripción de plantas

En vista de haber realizado una distribución de plantas, es necesario conocer en forma concreta una descripción de plantas de acuerdo al orden del proceso de producción:

Planta de Fraccionamiento de Aire

La descripción de esta planta lo haremos más detalladamente en el Capítulo 2, por ser la planta en estudio.

- Planta de Electrolisis a presión

En la planta de Electrolisis a presión (Sistema Zdanskilonza), se produce el Hidrógeno necesario para la Síntesis de Amonio. La planta consta de 7 Electrolitores (ver gráfico N°2) en los cuales se descompone el agua que por medio de la Potasa se ha hecho conductible, en Hidrógeno y Oxígeno, utilizando corriente continua en 6150 amperios de intensidad por cada electrolitor i bajo 30 Kg/cm² de presión. La electrolisis a presión posibilita una gran economía de energía. Cada electrolitor está compuesto por 540 celdas individuales, cuyas paredes de separación desempeñan la función de electrodos bipolares.

Un diafragma de asbesto divide cada celda en un espacio anódico. Bombas llevan el electrolitor a todos los espacios anódicos i catódicos. El hidrógeno i el oxígeno que se produce en este proceso con un alto grado de pureza, son luego llevados y enfriados. El oxígeno se lleva como producto para la venta a una planta de embotellamiento. El hidrógeno al abandonar la planta de electrolisis a presión, es llevado a un separador i a continuación a una instalación filtrante en los que es liberado de los restos de lejía de potasa que pueda contener, para ser guiado finalmente a la estación de mezcla.

- Planta de Síntesis de Amoniaco

Para el proceso de síntesis de amoniaco se mezcla hidrógeno con nitrógeno en una proporción de 3 a 1

en la instalación de mezcla (ver gráfico N°2). A continuación se extrae el Oxígeno que puede contener ambos gases en un purificador catalítico. El gas se presiona luego, por medio de un compresor a piston de 4 etapas en la planta de síntesis. Se convierte en parte el hidrógeno y el nitrógeno en amoniaco bajo presiones de hasta 450 Kg/cm^2 y temperaturas de 400 a 550°C , en presencia de un catalizador. En un intercambiador de calor que se encuentra en el interior del convertidor, se calienta la mezcla de los gases. En la caldera de calor perdido se aprovecha a continuación una parte del calor liberado en la reacción para la producción de vapor de baja presión. El amoniaco, formado se condensa en un refrigerador de agua y se extrae a través de un separador y se expande. Así se liberará los gases que a causa de la alta presión de la síntesis se han disuelto en el amoniaco líquido. La mezcla de hidrógeno y nitrógeno no convertida regresa al convertidor por medio de un compresor, después de que se ha restituido la cantidad de gas utilizado en la formación de amoniaco.

- Planta de Acido Nítrico

Para producir ácido nítrico, se evapora en primer lugar amoniaco en evaporación (ver gráfico N°2). El gas amoniacal se mezcla en una proporción determinada con aire atmosférico, que ha sido absorbido por medio de un turbocompresor. La conversión del amoniaco a óxido de nitrógeno se realiza con presión aproximadamente atmosférica, en los elementos de combustión de 3 mallas de platino rhodio, las cuales sirven de catalizadores. El calor de la reacción se aprovecha para producir vapor. En el curso siguiente del proceso se enfría gas nitroso; se lo comprime aproximadamente 1.8 armosf., absolutas y se lo lleva a una planta de absorción de va-

rias etapas. Esta, está formada por una torre de oxidación y 7 torres de absorción. En la torre de oxidación se oxida la mayor parte del óxido de nitrógeno en dióxido de nitrógeno y éste es convertido por medio de adición de agua en las torres de absorción siguientes en ácido nítrico. El ácido nítrico extraído y blanqueado en una columna de ventilación.

- Planta de Nitrato de Amonio

En la torre de neutralización de la planta de nitrato de amonio, se neutraliza ácido nítrico con gas amoniaco y se obtiene solución de nitrato de amonio (ver gráfico N°2). En un evaporador de vacío se aprovecha el 85 hasta el 90% del calor liberado en esta reacción para la pre-concentración de la solución. La concentración final de la misma se realiza en un evaporador que llega hasta el 98% de concentración. Una bomba inyecta la solución a un dosificador. La solución así preparada va a la centrífuga Prilling, de donde es expulsada. Las pequeñas bolitas (prills), que caen en la torre son enfriadas por una contracorriente de aire y salen de la torre por una apertura en el fondo. Después de ser clasificados y enfriados, los prills reciben en una instalación espolvoreadora una capa protectora de diatomita o de tierra infusoria, lo cual evita que se aglomeren. A continuación, el nitrato de amonio es transportado a la planta de expedición o Almacén.

- Planta de Almacenamiento y Expedición

El producto elaborado en la planta de nitrato de amonio puede ser almacenado en forma suelta en el almacén de la Fábrica o llevado a la instalación de exsacado de donde puede ser directamente transportado. En el caso de expedición directa, el pro

ducto va a la tolva de ensacado en sacos de 50 Kg. Luego se cosen los sacos y se los lleva por medio de fajas de transporte o vagones de ferrocarril o a camiones para su expedición (ver gráfico N°2). Al tomar el producto depositado en el almacén, se lo transporta por medio de una rascadora de fajas de transporte y elevadores de cangilones a la tolva donde se lo ensaca y expide.

Suministro de Agua

El agua necesaria para el funcionamiento de la Fábrica proviene de una laguna cercana. El agua cruda se prepara según las necesidades de las diferentes plantas consumidoras (ver gráfico N°2). En primer lugar se bombea el agua a un conglomerador, en el cual se precipita la mayor parte de las partículas en suspensión y se reduce la dureza temporal del agua, adicionando cloruro férrico y cal. A la salida de los filtros de grasa de cuarzo que se encuentra a continuación se obtienen agua mecánicamente limpia, clara, inodora y no agresiva, la cual se emplea en ambas circulaciones de refrigeración para reemplazar en ellas las pérdidas causadas por evaporación y limpieza. El agua de proceso para la planta de ácido nítrico, así como el agua de alimentación para productores de vapor y para la planta de electrolisis, es conducida luego a intercambiadores de aniones i cationes para ser purificada. A continuación se desgasifica térmicamente el agua de alimentación de calderas. El más alto grado de pureza se exige al agua para la planta de Electrolisis. Esta debe estar libre de toda materia extraña. Por esta razón se le pasa además por un filtro de lecho mixto. Para el suministro de agua potable, se limpia el agua que sale de los filtros de grava de cuarzo de toda clase de gérmenes en un filtro adicional.

Suministro de Corriente

La Fábrica necesita aproximadamente 24 MW de energía eléctrica y es alimentada por la Central, por medio de una línea aérea de 138 Kv, 60 ciclos (ver apéndice N°2). Dos transformadores de 20 Mva cada uno, reducen la tensión a 6.6 Kv. A esta tensión están conectados los transformadores de los 7 rectificadores de silicio para la electrolisis de 525 v, 6,000 A. cada uno. Directamente a la Red de 6.6 Kv están conectados, además, los grandes motores asíncronos para la propulsión de los compresores. Todos los aparatos consumidores de 6.6 Kv son alimentados desde la estación de 6.6 Kv que queda en la estación principal. Como baja tensión para consumidores de fuerza electromotriz, se ha elegido 440 v, para iluminación e instalaciones de control 220 v. Para este objeto se planearon aquí dos estaciones de baja tensión. La red de cables de la Fábrica está formada por cables armados con envoltura de plomo para la alimentación de 6.6 Kv y por cables con aislamiento plástico para la red de baja tensión.

1.2 Organización de la División de Mantenimiento de la Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados

1.2.1 Organización de la Fábrica

La Fábrica es una Empresa Estatal de derecho privado sujeta a la Ley de Sociedades Mercantiles.

Declarada como industria básica y estratégica de primera prioridad y se dedica actualmente a la fabricación de Fertilizantes nitrogenados, nitrato de amonio técnico y nitrato de amonio grado ANFO, de uso en la minería y construcción vial como agente de vo-

a el diagrama N°3, la organización de la siguiente composición:

- Junta General de Accionistas

- Directorio

Compuesto por 7 representantes nombrado por la Junta de Accionistas y 2 representantes nombrados por la Comunidad Industrial (1 empleado y 1 obrero).

Gerencia General

Es la máxima autoridad dentro de los cargos ejecutivos, es el responsable de la política a seguir de la empresa.

- Gerencia de Producción

Esta s de operación y se encarga del factor productivo, tiene a su cargo las Divisiones de Operaciones y Control de Calidad.

- Gerencia Técnica

Esta gerencia operativa se encarga del buen funcio
namiento de la Fábrica y de su desarrollo, para el futuro, como también el rediseño o cambio de maquinarias. Tiene la División de Ingeniería como apoyo y están a su cargo las Divisiones de Mantenimiento y Seguridad Industrial.

- Gerencia Administrativa

Esta gerencia operativa está encargada del aspecto administrativo y tiene a su cargo las Divisiones de Logística y Contabilidad.

1.2.2 Organización de la División de Mantenimiento

La organización óptima de mantenimiento se está alcanzando, al obtenerse un equilibrio adecuado de las funciones de la Jefatura y la mano de obra, a fin de controlar bien todos los aspectos de las actividades del mantenimiento. Esto impuso un sistema de relaciones eficientes entre los grupos de mantenimiento, producción técnica y contabilidad. Algunos factores

que se están considerando son:

- i) Los niveles de capacitación técnica y de experiencia del personal.
- ii) Descripción de los deberes laborales, de los inspectores por una parte y de los operarios y obreros por la otra.

La División de Mantenimiento dentro de sus múltiples funciones tiene los siguientes controles:

- El control de los costos, dándose control y límite a la autorización respecto a órdenes de trabajo, obras o misiones concretas y horas extraordinarias.
- Control de materiales, se optimiza el capital de explotación, se minimizan las interrupciones del equipo y se maximiza el rendimiento de la mano de obra.
- La seguridad funcional, recomendar cambios para reducir las fallas interrupciones y e consecuencia asegura que el equipo y los servicios satisfarán los requisitos y metas de la producción.
- Desempeño del personal, ver si dispone el número adecuado de operarios competentes para su misión; ver si tienen las herramientas adecuadas para que los trabajadores cumplan con sus órdenes de trabajo.

La organización de la División de Mantenimiento es de la siguiente forma (ver gráfico N°4):

- División de Mantenimiento

Que está a cargo de un Jefe de División; lo más importante de su gestión es controlar el desarrollo de los programas de mantenimiento preventivo, y en general de la fábrica; autoriza la adquisición, instalación y/o reubicación de equipos, maquinarias e instalaciones de producción.

- Asistente de la División de Mantenimiento

Que se encarga de colabrar con el Jefe de División, controlar con todos los costos a realizar por órdenes de trabajo; suplir al Jefe de División en caso que falte éste, etc.

- Departamento de Mantenimiento Mecánico

Que tiene como responsabilidad el estricto control de los sistemas mecánicos rotativos y estacionarios; se encargan de las tareas de ensamble y desensamble, el montaje de maquinaria nueva, identificar la seguridad funcional mecánica del equipo y las dificultades del proceso, mantener registros del funcionamiento del equipo.

- Departamento de Maestranza

Está a cargo, entre otras de la construcción de elemento necesario para las diferentes maquinarias de producción, reconstrucción de diferentes elementos de maquinaria posible montaje de proyectos de ampliación, conservación de los edificios de la fábrica, apoyo a los demás departamentos.

- Departamento de Instrumentación

Está a cargo del buen funcionamiento de los sistemas de mando, control y señalización de los diferentes equipos de proceso, realiza los programas necesarios para su adquisición de los elementos de automatización.

- Departamento Eléctrico

Está a cargo entre otros muchos aspectos, del mantenimiento de los sistemas eléctricos, su transformación, conducción, control, protección, señalización, alarma, etc., como del rediseño de los sistemas eléctricos, control del suministro de energía eléctrica.

Es necesario indicar que en las 24 hrs. de funciona-

miento existen 3 turnos; el primer turno es de día; los otros dos son de tarde y de noche; para lo cual es necesario la presencia del personal técnico, por lo cual existe el siguiente sistema de turnos:

- Supervisor (electricista), que está encargado del personal de la División de Mantenimiento.
- Operario de Turno de Mantenimiento Mecánico, con ocupaciones concernientes a su departamento.
- Operario de Turno de Instrumentación, con ocupaciones concernientes a su departamento.
- Tablista de control, es un operario electricista que anota los consumos horarios de energía eléctrica y también apoya en labores concernientes a su departamento.

Este personal en lo posible, tienen que solucionar los problemas que podrían presentarse en los turnos (segundo y tercero).

El personal que compone la División de Mantenimiento, representa el 28%, ya que son 72 trabajadores del total de 254 trabajadores de la Fábrica (entre empleados y obreros). El personal componente de la División de Mantenimiento está compuesto de personas preparadas en las diferentes ramas como: el Jefe de la División es Ingeniero Mecánico. El personal más antiguo tiene 21 años de práctica, lo cual los ha llevado a ocupar los puestos más elevados dentro de los operarios y personal egresado del SENATI, que dan muy buen apoyo y personal no preparado técnicamente, que son los ayudantes.

DESCRIPCION DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE

2.1 Caracteres principales2.1.1 Composición y propiedades del aire

El aire es la materia prima usada comercialmente en plantas de proceso de baja temperatura como la fuente de oxígeno y nitrógeno, consta de 9 elementos en cantidades relativamente fijas (ver cuadro N°5). El oxígeno y nitrógeno forman la mayor parte. El vapor de agua se encuentra en cantidades que varían de acuerdo a las condiciones atmosféricas. El argón y el Dióxido de carbono se encuentran en pequeñas cantidades. Helio, hidrógeno, neón, kriptón y xenón están presentes en cantidades insignificantes. Aunque la relación de los componentes del aire es casi constantes, se pueden detectar pequeñas variaciones cuando se analiza el aire. La composición volumétrica aproximada del aire seco es:

- Nitrógeno	78%
- Oxígeno	21%
- Elementos inertes	1%

Generalmente, cerca de 0.03% de dióxido de carbono está presente en el aire seco y debe ser retirado antes de licuefacción. Tanto ambos, el dióxido de carbono como la humedad no son deseables, debido a que obstaculizan el proceso de licuefacción congelándose a temperaturas más altas que aquellas requeridas para licuar el aire. La humedad debe ser eliminada an

tes de la refrigeración del aire de proceso, y el dióxido de carbono debe ser retirado antes de la destilación.

El aire es incoloro e inodoro a temperaturas y presiones atmosféricas y debe ser enfriado a una temperatura muy baja antes de que se licue. A presión atmosférica tiene un punto de ebullición relativamente bajo; pero se licuará a temperaturas más altas cuando está sujeto a presiones altas.

2.1.2 Propiedades del Nitrógeno

El mayor elemento del aire es el nitrógeno, el cual se asemeja al Oxígeno en ciertas propiedades físicas tales como l punto de ebullición, punto de congelamiento y temperatura crítica. Esta similitud contribuye a la dificultad para separarlos. El nitrógeno a una temperatura y presión atmosférica, es un gas incoloro e inodoro, ligeramente más liviano que el aire. Tiene un punto de ebullición de 196°C a presión atmosférica, pero se condensa a temperaturas más altas cuando está sujeto a un aumento de presión. El nitrógeno líquido se diferencia del oxígeno líquido en que es incoloro y no es paramagnético. A presión atmosférica, el nitrógeno líquido es 20% más liviano que el agua.

2.1.3 Producción de Oxígeno y Nitrógeno

Hay varios métodos para producir oxígeno y nitrógeno. Por ejemplo, el oxígeno puede ser producido por la electrolisis del agua; el nitrógeno por reducciones químicas tales como la descomposición de los compuestos que tienen nitrógeno. Ambos pueden ser producidos por el fraccionamiento del aire líquido. El proceso más ampliamente usado para obtener oxígeno y nitrógeno es la licuefacción y la destilación del aire.

2.1.4 Descripción del Generador de Nitrógeno

CUADRO N°5

PROPIEDADES FISICAS DEL AIRE Y DE SUS COMPONENTES

Nombre	Fórmula	Concentración en el aire (%)	Punto normal de congelamiento °C	Punto normal de ebullición (°C)	Temperatura crítica °C
Aire				-194	-141
Oxígeno	O ₂	20,99	-218	-183	-119
Nitrógeno	N ₂	78,03	-210	-196	-147
Dióxido de					
Carbón	CO ₂ (aprox.)	0,03		- 78	+ 31
Helio	He	0,0005	-272	-269	-268
Neón	Ne	0,0018	-249	-246	-229
Argón	A	0,9323	-189	-186	-122
Kriptón	Kr	0,0001	-157	-153	- 63
Xenón	Xe	9x10 ⁻⁶	-112	-107	+ 17
Vapor de					
agua	H ₂ O	Hasta 4.5	0	+100	+374

El generador de nitrógeno es una planta de separación de aire consistente en:

- Compresor de aire
- Caja fría
- Equipo auxiliar complementado por un tanque LIN (o tanque de transferencia)
- Vaporizadores.

El generador está diseñado para autoprotgerse (Sistema automático de protección en caso de falla o error) y requiere arranque manual después de una parada no programada. La planta será atendida un día a la semana.

La capacidad de la planta está garantizada para producir nitrógeno como sigue:

- Nitrógeno gaseoso 2500 Nm³/hr a 30 Kg/cm² abs.
- Nitrógeno líquido 40 Nm³/hr a 6 Kg/cm² abs.
- Pureza 99.999%
- Impureza 10 ppm máx (por volúmen) O₂

2.1.5 Descripción del proceso del generador de nitrógeno

El proceso usado para fraccionar aire en oxígeno crudo y nitrógeno puro, como productos de la planta, consiste en usar bajo nivel de refrigeración para licuar el aire y luego usar la columna de destilación para separar el nitrógeno. Antes de que el aire se enfríe para ser licuado, el agua y el dióxido de carbono son congelados en unos intercambiadores y luego después que el aire ha sido licuado, los hidrocarburos son removidos por absorción.

Los requerimientos de refrigeración son más altos durante el enfriamiento de la planta y forman un inventario líquido. Después que la planta es enfriada, la única refrigeración requerida es la necesaria para compensar por la diferencia de la temperatura ca-

liente final en los intercambiadores, la filtración del calor en la planta y el calor de reactivación.

La refrigeración para el proceso se obtiene por la compresión del gas, luego convirtiendo el trabajo realizado para comprimir el gas en refrigeración. Esto es realizado por expansión (bajando la presión del gas). Por un método, el aire se expande a través de una turbina de expansión, en donde efectúa trabajo. Al efectuar trabajo el aire o gas, cede algo de su energía lo cual disminuye su temperatura y contenido de calor.

El segundo método de expansión es el de Expansión Joule-Thomson, en el cual la presión de un gas se baja restringiendo su flujo. Ordinariamente una válvula se usa para restringir el flujo de manera que la bajada de presión puede ser controlada. Sin embargo, este tipo de expansión ocurre también en toda la planta, debido a las pérdidas por fricción en la tubería. La expansión Joule-Thomson no disminuye el contenido de calor o la energía del gas de manera que el gas pueda ser usado para enfriar una corriente más caliente.

2.2

Diagrama de flujo (ver apéndice N°3)

El aire filtrado es comprimido por el compresor 211.02 enfriado en los intercambiadores de calor internos y externos del compresor y luego descargarlos al separador post-refrigerado 211.03 en donde la humedad condensada gotea hacia afuera. El aire comprimido pasa entonces al conmutador intercambiador 211.04. A medida que el aire pasa por el intercambiador, es enfriado casi a la temperatura de saturación y el agua y el dióxido de carbono son congelados y depositados en el intercambiador. El medio congelante en el intercam-biador es el residuo de oxígeno crudo, producto de nitrógeno y corrientes de oxígeno crudo, recalentados.

Del intercambiador el aire pasa a la columna de alta presión 211.09 parte del aire es separado y licuado por intercambio de calor con el producto nitrógeno, con el escape del expansor y con el oxígeno crudo de recalentamiento en el licuador subenfriador 211.05 y es luego combinado con la corriente de oxígeno crudo que sale de la columna de alta presión 211.09. El resto de aire que entra a la columna de alta presión 211.09 sube através de las bandejas de la columna hirviendo el líquido que contiene. El efecto del hervido es que el nitrógeno por ser más volátil, hierve saliendo del líquido y el intercambiador de calor latente condensa el oxígeno del aire que está subiendo a través de las bandejas. A medida que la ebullición continúa hacia arriba de la columna, los vapores aumentan en pureza de nitrógeno, hasta que finalmente los vapores que dejan la bandeja de encima de la columna, son vapores de nitrógeno puro.

Parte de los vapores de nitrógeno puro pasan por el rehervidor condensador 211.10 en donde se condensan hirviendo el oxígeno crudo en el sumidero de esta unidad. El resto de los vapores de nitrógeno puro son retirados de la columna 211.09 como producto gas. El producto de gases conducido por tubería por el subenfriado-licuador 211.05 donde es usado para subenfriar la corriente de oxígeno crudo y licuar la corriente de oxígeno crudo y licuar la corriente de aire de alimentación y es entonces calentada aproximadamente la temperatura ambiente en el intercambiador inverteor del calor 211.04. De los intercambiadores, el producto gas es enviado al compresor impulsor de nitrógeno, el cual eleva la presión del gas a la presión requerida en la tubería.

La mayor parte del nitrógeno condensado fluyendo del condensador recalentador 211.10 es retornado a la co-

lumna como un reflujo y parte es retirado como producto al tanque de transferencia LIN 211.11. El nitrógeno líquido que regresa a la columna de alta presión 211.09 como reflujo es usado para condensar los vapores de oxígeno que están subiendo a través de la columna y sirve para rellenar el líquido en las bandejas; cae hacia abajo a través de la columna, el nitrógeno es hervido saliendo del líquido, el oxígeno es condensado. Esto resulta en un incremento de la concentración de oxígeno en las bandejas hacia abajo de la columna.

El oxígeno crudo líquido colectado en el sumidero de la columna es subenfriado en el licuador subenfriador 211.05 y luego enviado por los absorbedores de hidrocarburos 211.12 antes de ser transferido a la columna para sumergir el calentador condensador 211.10. La columna es mantenida a una presión de operación más baja, de manera que cuando el líquido es expandido a medida que entra a la columna, su temperatura baja al punto de ebullición correspondiente. Esta baja de temperatura provee la gradiente de temperatura a través del condensador, requerida para condensar los vapores del nitrógeno.

La ebullición producida al elevarse en la columna se convierte en la corriente de oxígeno residual de la planta. Esta corriente es recirculada a través del casco del licuador-subenfriador 211.05. La mayor parte de esta corriente es recirculada a través de los pasajes de recalentamiento de intercambiadores de calor 211.04 para mantener la temperatura adecuada en el intercambiador para limpiar el CO_2 y el agua. La corriente de residuos es calentada más o menos 56°C en los pasajes de recalentamiento luego enviado por el expandidor donde es enfriado nuevamente. Después de pasar por el expandidor, la corriente de

oxígeno residual es calentada levemente en el licua-
dor-subenfriador 211.05 y es entonces dirigido de re-
 greso por los pasajes de cambio del intercambiador
 211.04, pasando a través del intercambiador, el oxí-
 geno residual recoge el CO_2 y el agua y los lleva
 fuera de la planta donde estos son desfogados a la
 atmósfera.

2.3 Codificación de equipos

Para seguir con la organización es importante codifi-
car todos los elementos de una maquinaria. Para ca-
 sos de archivos y cualquier información que requiera
 enviarse o pedirse, es necesario que cualquier ele-
mento a denominarse se indique o se anteponga a cada
 código lo siguiente:

FNA: (Fábrica de Nitrato de Amonio)

Por lo tanto, esto será un código generativo para
 cualquier elemento perteneciente a la Fábrica de Ni-
 trato de Amonio, para el caso de nuestro estudio, es
ta sigla será obviado.

2 3.1 Codificación de plantas

La codificación de plantas se hará de acuerdo al pro-
ceso del producto, por ser este, el orden más conoci-
do por el personal.

Se denominará con 3 dígitos las diferentes plantas,
 por ejemplo: 720

- El primer dígito corresponderá a la denominación
 de una área y será el mismo dígito para todas las
 plantas que intervienen con el mismo elemento del
 proceso (agua, hidrógeno, oxígeno, etc.) u otro e-
 lemento diferente que interviene en el proceso (pe-
tróleo).
- El segundo dígito, denomina a la etapa o secuencia
 dentro del proceso.

- El tercer dígito, denomina el número de plantas de la misma etapa. Este dígito también denominará las plantas que se cambian, las futuras ampliaciones, etc.

Considerando lo anterior, tenemos la siguiente codificación (ver gráficos N°1 y N°2), de la siguiente forma:

- 110: Planta de Tratamiento Primario de Agua
- 120: Planta de Tratamiento Secundario de Agua
- 130: Tanques de Almacenamiento de Petróleo
- 140: Torres de refrigeración
- 210: Planta de Fraccionamiento de Aire (planta antigua)
- 211: Planta de Fraccionamiento de Aire (planta actual)
- 220: Gasómetro para Nitrógeno
- 310: Patio de Alta Tensión y Tableros de Distribución
- 320: Grupo Electrónico.
- 330: Tableros de Distribución de Baja Tensión
- 410: Planta de Electrolisis
- 420: Planta de Embotellamiento de Oxígeno
- 510: Planta de Síntesis
- 520: Almacén de Amoníaco
- 610: Planta de Acido nítrico
- 710: Planta de Nitrato de Amonio
- 720: Planta de nitrato de Amonio Grado ANFO
- 810: Planta de Molienda y Diatomita.
- 910: Planta de Ensacado
- 920: Almacén de Productos

Con respecto a las oficinas Administrativas y a las plantas que no están dentro del sistema de proceso productivo se les está codificando anteponiendo un cero a dos dígitos entonces tenemos:

- 010: Taller de Mantenimiento y Almacenes
- 020: Oficinas Administrativas

021: Oficinas Administrativas
 030: Porterías
 050: Control de Calidad
 060: Comedor y Almacenes
 070: Váscula
 080: Viviendas

Con esta codificación es fácil determinar la orden de trabajo donde se va a ejecutar y a qué sector pertenece.

Como se ha visto en la descripción del diagrama de flujo de la planta en estudio, la planta de Fraccionamiento de Aire tiene el siguiente código:

211

2: Este dígito representa la segunda etapa dentro del proceso de producción.

1: Este dígito representa la primera planta de la etapa segunda y es la de Fraccionamiento de Aire que produce el Nitrógeno líquido.

1: Este dígito representa la primera planta en reemplazo de la originalmente construida (la original es 210).

2.3.2 Codificación de Máquinas

Después de la codificación de plantas, secuencialmente codificaremos las máquinas, para este fin es necesario considerar el número de pasos o etapas que tiene el proceso y según el diagrama de flujo (Apéndice N° 3), se determina el número de dígitos para codificar las máquinas. Para nuestro caso hemos determinado dos dígitos, que son los necesarios para la cantidad de máquinas a codificar. Así por ejemplo tenemos:

211.01

Donde 01 representa al filtro de aire; y sucesivamente estaremos determinando 02, 03, etc.

2.3.3 Codificación de elementos de máquinas

La forma de organización de la División de Mantenimiento en Departamentos (Mantenimiento Mecánico, Eléctrico, Instrumentación y Maestranza), especializarnos nos lleva a determinar en cada máquina 3 tipos de elementos que lo constituyen y son: elemento meccánico, elemento eléctrico, elemento de instrumentación y en vista de ello para cada elemento se le ha asignado un código respectivo que es;

- 10: Designa a un elemento mecánico y por lo tanto su mantenimiento está a cargo del Departamento de Mantenimiento mecánico.
- 20: Designa a un elemento eléctrico y por lo tanto su mantenimiento está a cargo del Departamento de Suministro de Energía Eléctrica.
- 30: Designa a un elemento de señalización y control y por lo tanto su mantenimiento está a cargo del Departamento de Instrumentación.

Para facilitar más la identificación de los diferentes elementos, para el caso de los motores eléctricos, que por su cantidad de existencia en las instalaciones resulta conveniente darle un código adecuado, para lo cual se tomó:

- 2M: Designa un motor eléctrico, el 2 por ser elemento eléctrico y M que indica motor.

Con todo lo ejecutado anteriormente se puede conseguir una identificación fácil y también de fácil ubicación; pero tenemos que tener en consideración los planos y manuales de los fabricantes de las diferentes máquinas, para este hecho en la codificación descrita anteriormente le tenemos que agregar el código de cada fabricante que nos dará una tarea más fácil en poder identificarlos en los planos de ensamblaje que también nos facilitará los pedidos de repuestos. Por Ejemplo:

211.01.10.01.12

211 : Indica su ubicación en la planta de Fraccionamiento de Aire.

01 : Es la primera etapa en el proceso, en este caso el filtro de Aire.

10 : Representa a un componente mecánico.

01.12: Representa el filtro de aire en el diagrama de flujo del fabricante que se encuentra en planoteca.

De todo lo mencionado anteriormente, podemos indicar que es una de las múltiples formas de codificar una planta, también nuestra codificación se puede adaptar al proceso de computación.

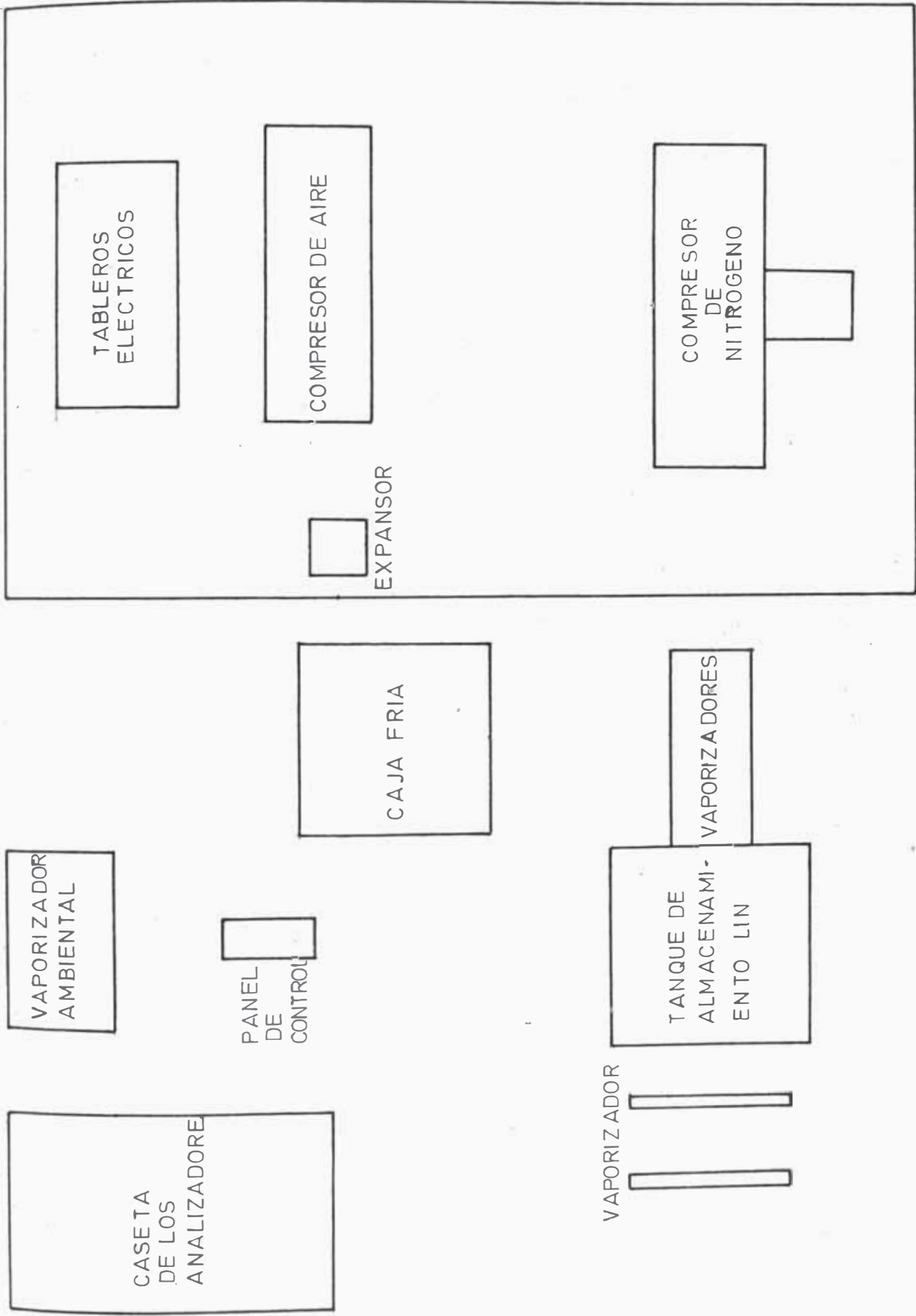
2.4 Inventario de equipos

La planta de Fraccionamiento se encuentra aproximadamente en la parte .0. de la fábrica (ve apéndice ° 1), donde podemos visualizar la ubicación de la planta. La construcción de la planta es de la siguiente forma:

Area de maquinaria protegida (con techo de Eternit). En el gráfico ° 6 se puede notar la ubicación de equipos. La construcción esta hecho con columnas de concreto armado y paredes de ladrillo, el techo tiene estructura metálica (tijerales metálicos) y está cubierto con material de Eternit.

2.4.1 Inventario de equipos mecánicos

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.01.10.01.12	Filtro de aire
211.02.10.0.10A	Compresor de aire 1ra etapa
211.02.10.0.10B	Intercambiador calor de la 1ra. etapa
211.02.10.01.10C	Compresor de aire 2da. etapa
211.02.10.01.10D	Intercambiador de calor de la 2da.



UBICACION DE EQUIPOS DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE (Esc. 1:100)

Gráfico N° 6

	etapa
211.02.10.01.10E	Compresor de aire 3ra. etapa
211.02.10.01.10F	Intercambiador de calor de la 3ra, etapa
211.02.10.01.10G	Compresor de aire 4ta. etapa
211.02.10.01.10H	Intercambiador de calor de la 4ta. etapa
211.02.10.01.10I	Silenciador
211.02.10.01.10J	Bomba de aceite
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite
211.03.10.01.14	Separador post-refrigerador
211.04.10.05.40A	Conmutador intercambiador A.
211.04.10.05.40B	Conmutador intercambiador B.
211.05.10.05.50	Licuefactor sub-enfriador
211.06.10.06.19	Sistema de válvulas tipo CHECK
211.07.10.06.20	Sistema de válvulas tipo CONMUTADOR
211.08.10.06.50	Silenciador
211.09.10.07.11	Columna de alta presión
211.10.10.07.12	Rehervidor condensador
211.11.10.07.13	Tanque de transferencia LIN
211.12.10.08.21A	Absorvedor de hidrocarburos A.
211.12.10.08.21B	Absorvedor de hidrocarburos B.
211.13.10.08.23	Calentador para controles de calor
211.14.10.16.20A	Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido
211.14.10.16.20B	Intercambiador de nitrógeno
211.15.10.17.20A	Ambiente para vaporizar el nitrógeno líquido A.
211.15.10.17.20B	Ambiente para vaporizar el nitrógeno líquido B.
211.16.10.17.80	Vaporizador ambiental
211.17.10.01.50	Silenciador
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno
211.18.10.01.20A	Tanque de Equilibrio A.
211.18.10.01.20B	Intercambiador refrigerante B.
211.18.10.01.20C	Tanque de Equilibrio C.

211.18.10.01.20D Tanque post-refrigerador
 211.18.10.01.20E Intercambiador refrigerante E.
 211.19.10.10.10 Turbina de expansión

2.4.2 Inventario de equipos eléctricos

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire
211.02.1M.01.10K	Motor de la bomba de aceite
211.02.20.TAH-5	Relé de alarma de alta temperatura del compresor de aire
211.02.20.TSH-5	Relé de contacto de alta temperatura del compresor de aire
211.02.20.LAL-7	Relé de alarma de bajo nivel de aceite del compresor de aire
211.02.20.LSL-7	Relé de contacto de bajo nivel de aceite del compresor de aire
211.02.20.VA-9	Relé de alarma de mal funcionamiento del motor del compresor de aire
211.02.20.YAH-10	Relé de alarma de alta vibración del compresor de aire
211.02.20.YSH-10	Relé de contacto de alta vibración del compresor de aire
211.02.20.TAH-12	Relé de alarma de alta temperatura del estator del motor del compresor de aire
211.02.20.TSH-12	Relé de contacto de alta temperatura del estator del motor del compresor de aire
211.02.20.PAL-14	Relé de alarma de baja presión de aceite del compresor de aire
211.02.20.PSL-14	Relé de contacto de baja presión de aceite del compresor de aire
211.02.20.PSL-16	Relé de contacto de arranque de la bomba auxiliar de aceite por baja presión del compresor de aire
211.02.20.TAH-18	Relé de alarma de alta temperatura

211.02.20.TSH-18	de aceite del compresor de aire Relé de contacto de alta temperatura de aceite del compresor de aire
211.03.20.LAH-30	Relé de alarma de nivel alto del separador post-refrigerador
211.03.20.LSH-30	Relé de contacto de nivel alto del separador post-refrigerado
211.09.20.ARAH-69	Relé de alarma de alto contenido de hidrocarbón de la columna de alta presión
211.09.20.AR-70	Registro de análisis del nitrógeno de la columna de alta presión
211.09.20.ARAL-70	Registro de análisis de fuerza baja de nitrógeno de la columna de alta presión.
211.09.20.LRC-102	Relé de control de registro de nivel de la columna de alta presión
211.11.20.LSH-104	Relé de bajo nivel del tanque de transferencia LIN
211.13.20.FISL-88	Relé de indicador de bajo fluido de ingreso de nitrógeno
211.13.20.TSH-89	Relé de temperatura alta de nitrógeno
211.13.20.TIS-90	Relé de indicador de temperatura para el ingreso de nitrógeno
211.14.20.LAL-130	Relé de alarma de nivel bajo del tanque de nitrógeno
211.14.20.LSH-130	Relé de contacto de bajo nivel del tanque de nitrógeno
211.14.20.LSL-130	Relé de contacto de alto nivel del tanque de nitrógeno
211.17.20.FA-106	Relé de alarma de flujo del nitrógeno para usar
211.17.20.PSL-111	Relé de contacto de presión baja del flujo de nitrógeno para consumo

211.02.30.PT-1	Trasmisor de presión del compresor de aire
211.02.30.FV-2	Válvula de control de aire de la admisión del compresor de aire
211.02.30.FIC-2	Indicador de control de flujo de aire de la admisión del compresor de aire
211.02.30.TS-8	Contacto de temperatura del calentador de aceite del compresor de aire
211.02.30.PI-13	Indicador de presión del aceite del compresor de aire
211.02.30.LI-17	Indicador de nivel de aceite del compresor de aire
211.02.30.PCV-19	Válvula de control de presión para el retorno de aceite del compresor de aire
211.02.30.PI-20	Indicador de presión del filtro de aceite de lubricación del compresor de aire.
211.02.30.PI-21	Indicador de presión en la descarga del intercambiador de la 4ta. etapa del compresor de aire
211.02.30.TI-22	Indicador de temperatura en la descarga del intercambiador de la 4ta. etapa del compresor de aire
211.02.30.TI-23	Antes del ingreso al separador post-refrigerado
211.02.30.TI-25	Indicador de temperatura del calentador de aceite de lubricación para el compresor de aire
211.02.30.TCV-26	Válvula de control de temperatura de aceite de lubricación del compresor de aire

211.02.30.TI-139	Indicador de temperatura del aire para la 2da. etapa del compresor de aire
211.02.30.TI-140	Indicador de temperatura del aire para la 3ra. etapa del compresor de aire
211.02.30.TI-141	Indicador de temperatura del aceite de lubricación para el compresor de aire
211.02.30.TI-143	Indicador de temperatura para el aire de la 4ta. etapa del compresor de aire
- Separador post-refrigerado N° 211.03	
<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.03.30.PSV-42	Válvula de presión de seguridad del separador post-refrigerado
Conmutador intercambiador N° 211.04	
<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.04.30.PSV-51	Válvula de presión de seguridad de oxígeno del intercambiador A.
211.04.30.AR-70-4	Registro de análisis de nitrógeno que sale del intercambiador B.
211.04.30.PCV-77	Válvula de control de presión de nitrógeno para AR-70-4
211.04.30.PI-78	Indicador de presión de nitrógeno AR -70-4
211.04.30.TI-80-3	Indicador de temperatura al ingreso del intercambiador del aire comprimido
211.04.30.TI-80-4	Indicador de temperatura de oxígeno a la salida del intercambiador B.
211.04.30.TI-80-5	Indicador de temperatura de nitrógeno a la salida del intercambiador

biador B.

- 211.04.30.TI-80-6 Indicador de temperatura a la sa
lida del intercambiador B del ai
re comprimido
- 211.04.30.TI-80-7 Indicador de temperatura de oxí-
geno a la salida del intercambiado
dor A.
- 211.04.30.TI-80-8 Indicador de temperatura de oxí-
geno al ingreso del intercambia-
dor A.
- 211.04.40.TI-80-9 Indicador de temperatura de ni-
trógeno al ingreso del intercambi
biador A.
- 211.04.30.TI-80-10 Indicador de temperatura de oxí-
geno al ingreso al intercambia-
dor A.
- 211.04.30.TI-80-15 Indicador de temperatura del in-
tercambiador B.
- Licuefactor sub-enfriador N° 211.05
- sistema de válvulas tipo check N° 211.06

Código N°

Designación

- 211.06.30.AR-69-1 Registro de análisis de oxígeno de
aire en las válvulas check
- 211.06.30.TI-80-11 Indicador de temperatura de aire
comprimido para la entrada de
las válvulas
- 211.06.30.PI-81 Indicador de presión de aire de
las válvulas
- Sistema de válvulas tipo conmutador N° 211.07

Código N°

Designación

- 211.07.30.KV-35 Válvula de tiempo de las válvulas
- 211.07.30.XV-35 Válvula selenoide de las válvulas
- 211.07.30.KV-36 Válvula de tiempo de las válvulas
- 211.07.30.XV-36 Válvula selenoide de las válvulas
- 211.07.30.KV-37 Válvula de tiempo de las válvulas

211.09.30.XV-101	Válvula selenoide de la salida de nitrógeno de la columna de <u>al</u> ta presión al tanque LIN
211.09.30.HIC-101	Control <u>manual</u> del indicador de nitrógeno a la salida de la columna de alta presión al tanque LIN
211.09.30.HY-101	Relé de baja selección de nitrógeno a la salida de la columna de alta presión al tanque LIN
211.09.30.LIS-102	Relé de indicador de nivel de la columna de alta presión
- Rehervidor condensador N° 211.10	
<u>Código</u> °	<u>Designación</u>
211.10.30.PSV-44	Válvula de seguridad de presión de oxígeno del condensador
211.10.30.PSV-48	Válvula de seguridad de presión de oxígeno para ingresar al condensador
211.10.30.PSE-61	Elemento de presión de seguridad de oxígeno a la salida del condensador
211.10.30.FO-82	Orificio de flujo para medir presión al condensador con nitrógeno
211.10.30.FO-83	Orificio de flujo para medir presión al condensador con nitrógeno
211.10.30.PI-85	Indicador de presión del condensador
211.10.30.LV-103	Válvula de nivel al ingreso al condensador
211.10.30.LRC-103	Relé de control de nivel del condensador
- Tanque de transferencia LIN N° 211.11	

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.11.30.PSV-52	Válvula de seguridad de presión del tanque LIN
211.11.30.PI-87	Indicador de presión del tanque LIN
211.11.30.LV-104A	Válvula de nivel del tanque LIN
211.11.30.LV-104B	Válvula de nivel del tanque LIN
211.11.30.XV-104	Válvula selenoide del tanque LIN
211.11.30.LIC-104	Indicador de control de nivel del tanque LIN

- Absorvedores de hidrocarburos N° 211.12

<u>Código °</u>	<u>Designación</u>
211.12.30.PSV-46	Válvula de seguridad de presión a la salida del absorbedor A
211.12.30.PSV-53	Válvula de seguridad de presión de oxígeno de los absorbedores
211.12.30.PSV-54	Válvula de seguridad de presión a la salida del absorbedor B
211.12.30.TI-80-13	Indicador de temperatura de oxígeno del absorbedor A
211.12.30.TI-80-14	Indicador de temperatura de oxígeno del absorbedor B

- Calentador para controles de calor N° 211.13

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.13.30.PSV-47	Válvula de seguridad de presión de la descarga por el calentador de nitrógeno
211.13.30.FE-88	Elemento de flujo para el nitrógeno antes del calentador.

- Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido N° 211.14

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.14.40.PSV-55	Válvula de seguridad de presión

- del tanque LIN al tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PSV-56 Válvula de seguridad de presión de la descarga del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.AR-70-3 Registro de análisis del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PCV-75 Válvula de control de presión para AR-70-3
- 211.14.30.PI-76 Indicador de presión para AR-70-3
- 211.14.30.PCV-122 Válvula de control de presión para el escape del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PSV-123 Válvula de seguridad de presión de la línea de nitrógeno antes del tanque
- 211.14.30.PSV-124 Válvula de seguridad de presión del escape del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PSE-125 Elemento de seguridad de presión del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PSV-126 Válvula de seguridad de presión del auxiliar de presión del intercambiador de nitrógeno
- 211.14.30.PSV-127 Válvula de seguridad de presión de la línea después del intercambiador de nitrógeno
- 211.14.30.PSV-128 Válvula de seguridad de presión en la línea después del tanque de nitrógeno para medición
- 211.14.30.PI-129 Indicador de presión del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.LI-130 Indicador de nivel del tanque de nitrógeno
- 211.14.30.PCV-131 Válvula de control de presión después del intercambiador de nitrógeno

- Ambientes para vaporizadores nitrógeno líquido

Nº 211.15

<u>Código Nº</u>	<u>Designación</u>
211.15.30.PSV-57	Válvula de seguridad de presión de nitrógeno después de ser vaporizado
211.15.30.PCV-99	Válvula de control de presión para el nitrógeno para consumo
211.15.30.TV-109	Válvula de temperatura para el paso de nitrógeno al vaporizador
211.15.30.XV-109	Válvula selenoide para TV-109
211.15.30.TIC-109	Indicador de control de temperatura del calentador para vapor de agua para TV-109
211.15.30.TE-109	Elemento de temperatura de nitrógeno después de los vaporizadores para TIC-109
211.15.30.PSV-144	Válvula de seguridad de presión del vapor para los vaporizadores A y B
211.15.30.PI-145	Indicador de presión del vapor para los vaporizadores A y B
211.15.30.TCV-146	Válvula de control de temperatura del vaporizador A
211.15.30.TCV-147	Válvula de control de temperatura del vaporizador B
211.15.30.TI-148	Indicador de temperatura del vaporizador A
211.15.30.TI-149	Indicador de temperatura del vaporizador B

- Vaporizadores ambientales

Nº 211.16

<u>Código Nº</u>	<u>Designación</u>
211.16.30.PSV-45	Válvula de seguridad de presión después del vaporizador para la purga

211.16.30.FI-93	Indicador de flujo después del vaporizador
211.16.30.LV-102	Válvula de nivel para la purga después del vaporizador
211.16.30.XV-102	Válvula selenoide de mando al compresor de aire de LV-102
- Silenciador	Nº 211.17
<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.17.30.FV-106A	Válvula de lujo de nitrógeno
211.17.30.XV-106	Válvula selenoide para FV-106A
211.17.30.FV-106B	Válvula de flujo de nitrógeno de purga al silenciador
211.17.30.XV-106B	Válvula selenoide para FV-106B
211.17.30.FE-106	Elemento de flujo de nitrógeno
211.17.30.FRC-106	Registro de control de flujo de FV-106A y FV-106B
211.17.30.XV-107	Válvula selenoide de mando a compresor de aire de XV-106B
- Compresor de nitrógeno	Nº 211.18
<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.18.30.PSV-63	Válvula de seguridad de presión del tanque de equilibrio A
211.18.30.PSV-64	Válvula de seguridad de presión del tanque post-refrigerado D
211.18.30.PI-112	Indicador de presión del nitrógeno para consumo
211.18.30.PI-150	Indicador de presión antes de ingresar al tanque de equilibrio
211.18.30.PI-152	Indicador de presión del tanque post-refrigerado
211.18.30.TS-153	Relé de contacto de temperatura del compresor de nitrógeno
211.18.30.TI-157	Indicador de temperatura del tanque de interrefrigeración

- 211.18.30.TI-158 Indicador de temperatura de la 1ra. etapa del compresor de ni-
trógeno
- 211.18.30.TI-159 Indicador de temperatura de la 2da. etapa del compresor de ni-
trógeno
- 211.18.30.TI-161 A la salida del tanque post-re-
frigerado E
- 211.18.30.PV-162 Válvula de presión de nitrógeno
del caudal antes del compresor
de nitrógeno
- 211.18.30.PIC-162A Indicador de control de pre-
sión de PV-162
- 211.18.30.PIC-162B Indicador de control de pre-
sión de PV-162
- 211.18.30.PY-162 Relé de presión del control de
PV-162
- 211.18.30.TI-163 Indicador de temperatura de las
empaquetaduras de baja presión
del compresor de nitrógeno
- 211.18.30.TI-164 Indicador de temperatura de las
empaquetaduras de alta presión
del compresor de nitrógeno
- 211.18.30.TI-165 Indicador de temperatura de la
1ra. etapa al tanque de interre-
frigeración de nitrógeno
- 211.18.30.PI-166 Indicador de presión del tanque
de equilibrio C
- 211.18.30.TI-167 Indicador de temperatura del tan-
que de equilibrio C de nitrógeno
- 211.18.30.PSV-168 Válvula de seguridad de presión
del compresor de nitrógeno al
tanque interrefrigerante
- 211.18.30.TI-169 Indicador de temperatura del tan-
que post-refrigerado D
- 211.18.30.TI-170 Indicador de temperatura de ni-

trógeno a consumirse

- Turbina de expansión N° 211.19

<u>Código N°</u>	<u>Designación</u>
211.19.30.PI-41	Indicador de presión del gas de sello para la turbina
211.19.30.PSV-50	Válvula de seguridad de presión del gas descongelante para después de la turbina
211.19.30.TI-80-1	Indicador de temperatura antes de ingreso a la turbina
211.19.30.TI-80-2	Indicador de temperatura después de la turbina
211.19.30.PCV-901	Válvula de control de presión para el gas de sello para la turbina
211.19.30.PDCV-902	Válvula de control de presión diferencial para el gas de sello para la turbina
211.19.30.PDI-903	Indicador de presión diferencial para el gas de sello para la turbina
211.19.30.PDSL-904	Relé de presión diferencial bajo del gas de sello para la turbina
211.19.30.FG-905	Visor de flujo del gas de sello para la turbina
211.19.30.PI-906	Indicador de presión del gas de sello para la turbina
211.19.30.PSL-907	Relé de contacto de baja presión del gas de sello de la turbina
211.19.30.YS-908	Relé de vibración de la turbina
211.19.30.PI-909A	Indicador de presión del oxígeno antes de entrar a la turbina
211.19.30.PI-909B	Indicador de presión del oxígeno antes de entrar a la turbina
211.19.30.PI-910	Indicador de presión del oxígeno

- después de la turbina
- 211.19.30.PI-911 Indicador de presión del aceite de lubricación de la turbina
- 211.19.30.PCV-912 Válvula de control de presión del aceite de lubricación de la turbina
- 211.19.30.PI-913 Indicador de presión antes del ingreso de aceite de lubricación a la turbina
- 211.19.30.PSL-914 Contacto de presión baja del aceite de lubricación antes de entrar a la turbina
- 211.19.30.TI-915 Indicador de temperatura del aceite antes de ingresar a la turbina
- 211.19.30.TCV-916 Válvula de control de temperatura del aceite de lubricación de la turbina
- 211.19.30.LI-917 Indicador de nivel de aceite de lubricación para la turbina
- 211.19.30.TS-918 Relé de temperatura del tanque de aceite de lubricación de la turbina
- 211.19.30.TI-919 Indicador de temperatura del aceite de lubricación después de la turbina
- 211.19.30.SI-920 Indicador de velocidad de la turbina de expansión
- 211.19.30.NV-921 Válvula de emergencia de nitrógeno antes de entrar a la turbina
- 211.19.30.XV-921 Válvula selenoide para NV-921.

3

DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES

Para la descripción de las operaciones de la maquinaria he dividido en dos tipos de operación:

- Operaciones principales
- Operaciones secundarias

3.1 Operaciones principales

Las operaciones principales del proceso, se describen en el diagrama de flujo, pero es conveniente analizar las diferentes etapas del proceso en su nivel de importancia, pa a tal efecto consideraremos las siguientes etapas del proceso:

- Admisión y compresión de aire
Separación de la humedad
- Enfriamiento de aire
- Licuefacción y destilación del aire
- Purificación y almacenamiento del nitrógeno.

3.1.1 Admisión y compresión de aire

El filtro de admisión de aire (211.01), es un filtro de dos etapas, tipo seco que usa ocho filtros de paneles en ambas etapas.

El compresor de aire (211.02), es una unidad centrífuga de cuatro etapas, accionada por un motor de inducción eléctrica. El aire es enfriado por un intercambiador de calor, enfriado por agua después de cada etapa de compresión; después de la cuarta etapa se refrigera con nitrógeno.

El compresor de aire tiene indicadores de presión y temperatura, para controlar el funcionamiento y también tiene dispositivos automáticos de seguridad, que harán sonar una alarma y/o pararán la máquina en caso ocurra algo que pueda causar daño si la operación continúa.

El control de flujo de descarga y la presión del compresor de aire, son medidas por elementos de flujo (FE-1) y aplicado al transmisor de presión (PT-1) y al transmisor de flujo (FT-1). Estas medidas son enviadas al relay (FY-1), lo cual da una suma total de relación del flujo total del compresor de aire. El relay (FY-1), envia una señal al controlador de flujo (FIC-2), el cual regula la válvula de mariposa de admisión (FV-2) del compresor para mantener un flujo constante.

El transmisor de flujo (FT-1) también proporciona una señal al controlador de flujo (FIC-1); si el flujo del sistema desminuye al punto de que el compresor envia a la condición de sobrepresión, FIC-1 abre la válvula de desfogue (FV-1) y la descarga del compresor es desfogada en la atmósfera, si la demanda del flujo del sistema aumenta, FIC-1 cierra FV-1 y la descarga total del compresor es aplicada a la planta de aire.

El motor del compresor también están intimamente ligados al proceso y uno de los instrumentos importaⁿtes es el vibrómetro (Y SH-10), en caso de los arranques se puentea. Como sistema de refrigeración usa agua en sus diferentes intercambiadores y también el enfriado de aceite lubricante.

3.1.2 Separación de la humedad

Después de la refrigeración de la cuarta etapa, de la compresión de aire, el aire comprimido pasa al

separador post-refrigerado (211.03), donde es eliminada la humedad y se condensa el flujo de aire en el intercambiador de la cuarta etapa, antes de que el aire sea enviado al intercambiador principal de la planta. Esta separación de la humedad debe ser purgado periódicamente.

Los controles de instrumentación es al nivel de condensados que pueda acumularse dentro del separador, el relé de contacto de nivel alto (LSH-30), funcionará, haciendo parar el compresor y haciendo sonar la alarma de nivel alto (IAH-30).

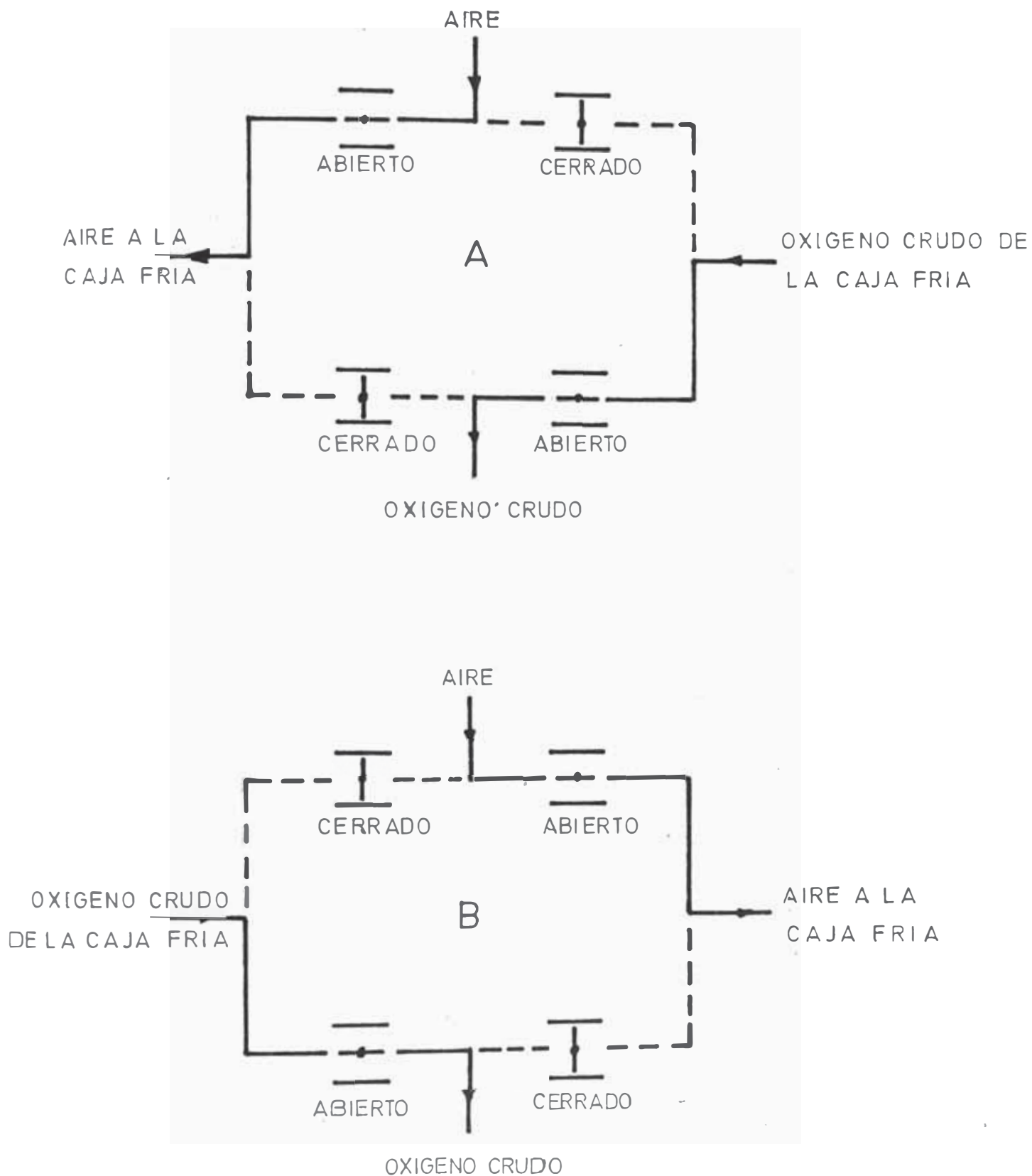
3.1.3 Enfriamiento del aire

El enfriamiento del aire prácticamente comienza en el intercambiador 211.04.

Antes de describir este proceso debo manifestar que todo se refiere cuando la planta está dentro de sus condiciones de proceso, porque previo a esto se tiene que llevar a cabo los reciclos hasta llegar a las condiciones operativas, también tenemos que reconsiderar que la refrigeración del sistema se hace mediante transferencia de trabajo en las diferentes fases.

El intercambiador de calor tipo conmutador (211.04) cumple dos funciones:

- i) Enfrían el aire de alimentación o comprimido, hasta su temperatura de saturación.
- ii) Constituye la única unidad purificadora del aire, al congelar sobre las superficies de intercambio calorífico todo el agua y todo el bióxido de carbono (CO_2) del aire, los que son descongelados y arrastrados hacia la atmósfera en el segundo semiciclo de conmutación, gracias a las gradientes de presión y temperatura entre las corrientes de aire y de oxígeno residu



FUNCIONAMIENTO DE LAS VALVULAS CONMUTADORAS I TIPO CHECK, A I B SON DOS SEMICICLOS CONSECUTIVOS

Gráfico N° 7

al.

Es importante describir las operaciones de las válvulas tipo check (211.06) y las válvulas tipo conmutador (211.07), (ver apéndice 3); las válvulas conmutadoras son cuatro de tipo mariposa accionados electroneumáticamente cada cinco minutos en operación normal. El mecanismo de acción se muestra en el gráfico N° 7, las válvulas check también en número de cuatro permiten el paso en una sola dirección y operan de manera análoga y sincronizada con las válvulas conmutadoras.

3.1.4 Licuefacción y destilación del aire

Luego de haber pasado el aire por las válvulas check, el aire pasa a la columna de alta presión (211.09). Está complementado en su operación con un condensador total que utiliza como fluido condensante el producto de colas despresurizadas y que se encuentra en un compartimiento superior adyacente a la columna de baja presión (211.09), denominado rehervidor condensador (211.10), el nitrógeno vapor es condensado gracias al hervido de las colas a una presión más baja que el de la columna, ya que la disminución ocurre en la válvula de estrangulación y en una expansión a la entrada del rehervidor, la columna está dispuesta de un sumidero para líquido. Se asume a la alimentación es a la altura del sumidero y que un exeso de aire alimentado es retirado y dirigido hacia el licuefactor sub-enfriador del domo de la columna, una parte de los vapores son retirados como producto gaseoso y la otra parte es condensado. Parte del condensado se utiliza como reflujo y parte como producto líquido. La cantidad de líquido de la columna se controla mediante el control de nivel de líquido (115.102), que actúa sobre una válvula de

desfoge de líquido a través de los vaporizadores ambientales hacia la atmósfera, en caso de que el nivel líquido exceda el límite fijado (50%) o cerrado la válvula de salida de nitrógeno líquido, si el nivel baja del límite.

El nivel del líquido sumergente del condensador rehervidor (211.10), es mantenido en un nivel constante de 85% mediante otro dispositivo de control de nivel (LRC-103), que actúa sobre la válvula de estrangulamiento (LV-103) antes de la entrada de oxígeno crudo al rehervidor.

La columna se encuentra completamente aislada de la temperatura ambiente en una caja, como aislante usa lana de vidrio. El exeso de aire que retorna de la columna y el producto de colas del líquido y ser sub-enfriado, esta mezcla parcial que pasa al licuefactor subenfriador (211.05) que tiene como los medios refrigerantes, el nitrógeno producto y las corrientes de oxígeno crudo provenientes del hervidor y de la turbina de expansión, para luego pasar alabsorvedor de hidrocarburos.

3.1.5 Purificación y almacenamiento del nitrógeno

La mezcla de nitrógeno líquido y aire al salir del licuefactor sub-enfriador, pasa a los absorvedores de hidrocarburos (211.12), son dos cilindros, cada cilindro tiene una cama de silica gel que elimina hidrocarburos del oxígeno crudo que alimenta a la columna de baja presión. El calentador de reactivación (211.13) es un calentador de tres elementos que contiene un interruptor de temperatura (TIS-90), El interruptor de indicador de flujo (FISL-88), para el calentador cuando no hay flujo, este interruptor también hace imposible prender el calentador a menos que primero se restablezca el flujo, el contacto de alta temperatura (TSH-89) se abre

al elevarse la temperatura para prevenir quemadura de los elementos de calentamiento.

Cada absorvedor de hidrocarburo está diseñado para trabajar una semana antes que se requiera su reactivación, se ha previsto la recuperación de la mayor parte del oxígeno medio líquido atrapado en el cilindro absorvedor de hidrocarburos que se está preparando para reactivación, después que el cilindro reciente ha sido conectado al sistema y las válvulas de admisión y salida en el cilindro consumido ha sido cerrado, la presión en el cilindro consumido empieza a aumentar a medida que el cilindro se calienta. Esta presión es usada para forzar el líquido retenido en el cilindro a través de la línea de salida de reactivación a la línea de by-pass del absorvedor y luego a la columna de baja presión. El producto nitrógeno es usado para el gas de reactivación y es calentado en el calentador (211.13). Del calentador, el gas de reactivación es pasado por el cilindro y desfogado a la atmósfera a través de tubo de evacuación.

Antes de que el cilindro reactivado pueda ser puesto en servicio, deberá estar lo suficientemente frío, para pasar líquido sin vaporizarlo. Para pre-enfriar el cilindro, un pequeño flujo de oxígeno crudo líquido es vaciado a través del cilindro en dirección del flujo normal, excepto el flujo que deja el cilindro que está al final de la línea de entrada de reactivación que es eliminado por el desfogue en el cilindro A o cilindro B. Durante la secuencia de pre-enfriamiento la válvula de salida de reactivación del calentador debe estar cerrado. Cuando el líquido aparecen las válvulas de desfogue A o B, el cilindro se considera lo suficientemente frío para ser puesto a servicio.

Al ser alimentado el rehervidor condensador (211.10) después que el flujo haya pasado por los absorvedores, por el proceso que ya explicamos del rehervidor condensador, luego el condensado pasa a la columna de alta presión y luego el nitrógeno líquido es pasado al tanque de transferencia LIN (211.11), el tanque se usa para acumular nitrógeno líquido de la columna de alta presión, antes de la carga transfiriéndolo intermitentemente al tanque de almacenamiento (211.14). El nitrógeno gaseoso caliente usado para presurizar el tanque de transferencia es traído de la línea de producto corriente abajo de los intercambiadores y pasado a través del serpentín presurizador, es luego descargado dentro del circuito recalentador del expandidor.

El tanque de transferencia está equipado por un control regulable, indicador de líquido (LIC-104), cuando el nivel del líquido en el tanque alcanza un nivel máximo, el indicador de líquidos (LIC-104), envía una señal a través de la válvula selenoide (XV-104) si el tanque de almacenamiento 211.14 no está lleno, para cerrar la válvula de desfogue (LV-104A) y abre la válvula de admisión (LV-104B) al serpentín del presurizador, la señal es enviada al relé de nivel alto (ISH-104), lo cual a su vez desenergiza la válvula de obturación (XV-101), en la línea de control de aire a la válvula de alimentación (HV-101), se cierra y el tanque de transferencia comienza a presurizar produciendo la transferencia de líquido al tanque de almacenamiento (211.14).

Después de que la transferencia se ha hecho y el nivel del líquido baja al nivel mínimo (LIC-104), el control cesa de enviar su señal, la válvula de desfogue se abre y la válvula de admisión al pre-

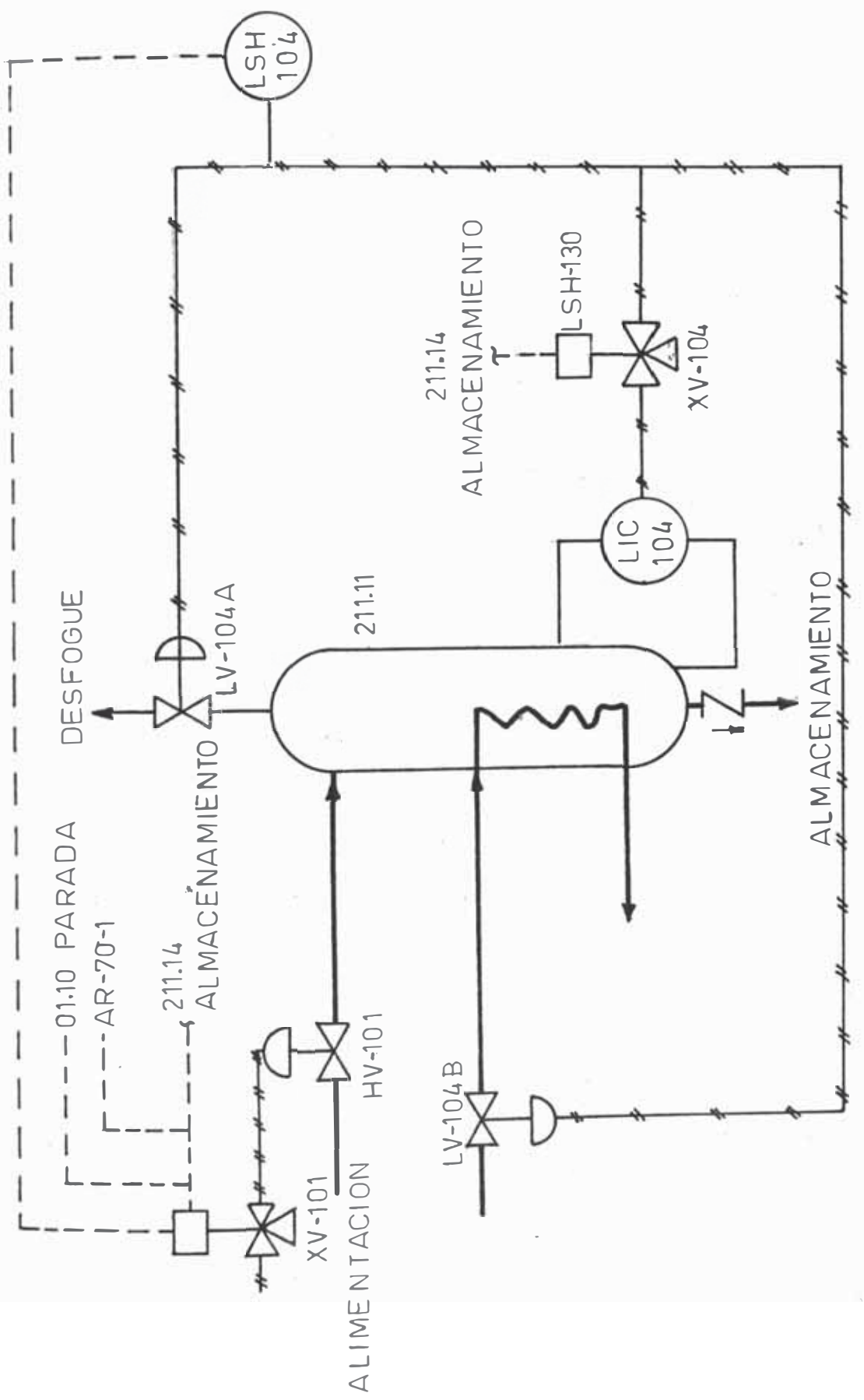
surizador se cierra. El relé de nivel alto (LSH-10), permite otra vez que la válvula de obturación de la línea de control se energice, la cual a su vez abre la válvula de alimentación (HV-101), para comenzar otra vez la acumulación del líquido.

El conmutador (LSH-130) de alto nivel de líquido del recipiente de almacenamiento (211.14) está interconectado con las válvulas selenoides del tanque de transferencia LIN (211.11) (XV-104), cuando el tanque de almacenamiento está lleno el conmutador (LSH-130) des-energizará la válvula selenoide (XV-104), lo cual bloqueará la señal (LIC-104), a la válvula de desfogue, presurizando la válvula de admisión y relé de nivel alto (LSH-104), que controla a la válvula de alimentación, además el conmutador (LSH-130) des-energizará la válvula selenoide (XV-104) lo cual bloqueará la señal (LIC-104) a la válvula de desfogue, presurizando la válvula de admisión y relé de nivel alto (LSH-104) que controla a la válvula de alimentación, además el conmutador (LSH-130), des-energizará también la válvula selenoide (XV-101), la válvula de alimentación (HV-101) prohibiendo de este modo el aniego del tanque de transferencia, ver gráfico N° 8, donde se muestra un esquema de la operación del tanque LIN de transferencia.

3.2 Operaciones secundarias

Las operaciones secundarias, podemos indicarlas como los procesos o sistemas que no intervienen en el proceso de producción de nitrógeno directamente, dentro de lo cual podemos considerar:

- Tanques de almacenamiento y vaporizadores
- Elevación de presión del nitrógeno
- Turbina de expansión



ESQUEMA TANQUE DE TRANSFERENCIA LIN

Gráfico Nº 8

- Sistema de agua de enfriamiento
- Sistema de aire para instrumentación
- Sistema de lubricación

3.2.1 Tanques de almacenamiento y vaporizadores

El tanque de almacenamiento (211.14) y los vaporizadores (211.15), se usan como respaldo a la planta, para asegurar un suministro ininterrumpido de nitrógeno gaseoso para usar, en el caso que la planta se para o que haya una excepcional demanda de gas, después que el tanque (211.14) y el vaporizador (211.15) han abierto sus válvulas y los reguladores de presión hayan sido regulados, el sistema de operación automático y es controlado por la presión en la línea de uso.

El circuito de incremento de presión, está diseñado para vaporizar líquido del tanque y retornar el vapor a la parte superior del tanque, para aumentar la presión para la transferencia del líquido al vaporizador (211.15). El circuito consiste en un serpentín vaporizador calentado por aire y un controlador de presión (PCV-131), el cual es regulado para mantener la presión en el tanque, La presión del tanque es controlado desfogando el exeso de la presión del tanque a la atmósfera mediante una válvula de control (PCV-122).

El tanque de almacenamiento (211.14) está equipado con un indicador de presión (PI-129) y un calibrador de nivel (LI-130), montando en un tablero de instrumentos al costado del tanque. El medidor de presión (PI-129), indica la presión del vapor en el tanque y el medidor de nivel está conectado a una alarma (LAL-130) para avisar cuando el nivel del líquido baja a su posición mínima.

También hay un conmutador de alto nivel (LSH-130),

enclavado con las válvulas selenoides (XV-101 y XV-104), que evita el pase del líquido al tanque de transferencia, cuando el tanque de almacenamiento (211.14) está lleno.

Los vaporizadores (211.15 A y B) usan vapor para vaporizar el nitrógeno, el vapor entra al vaporizador (211.15) a través de unas válvulas de bloqueo y la válvula de control de temperatura (TCV-146), del tanque (211.14) entra en el vaporizador a través de la válvula de temperatura (TV-109), el vapor pasa a través del cuerpo del vaporizador donde se condensa y del tanque (211.14), pasa a través del tubo. El intercambio de calor resultante vaporiza el líquido de nitrógeno a más o menos temperatura ambiente.

La válvula de control de temperatura (TCV-146), se abre para admitir, más vapor si la temperatura del vapor en el vaporizador empieza a bajar, si la temperatura del vapor se elevara, la válvula de control de temperatura (TCV-146), se cierra, evitando así que siga entrando vapor al vaporizador. Una línea de calentamiento, está en paralelo con la válvula de control de temperatura (TCV-146) y se usa para precalentar el vaporizador.

El elemento de temperatura (TE-109), controla la temperatura de salida del vaporizador,, el control de temperatura (TIC-109), obtura la válvula de temperatura (TV-109).

La válvula de control (PCV-99A), detecta la presión de la tubería y se abre para empezar a vaporizar el líquido, cuando la presión de la tubería baja unos cuantos kilogramos por debajo de la presión nominal de operación.

3.2.2 Elevación de presión del nitrógeno

El compresor (211.18), elevador de presión de nitrógeno, suministra producto de nitrógeno a requerimiento del cliente de 30 Kg/cm^2 . El compresor accionado por un motor eléctrico, es una unidad re ci pro ca nte, libre de aceite de dos etapas. Los pistones están provistos de anillos de sello hechos de material altamente resistente al calor.

El flujo de admisión es previamente equilibrado en un tanque de equilibrio, antes de ser comprimido en una primera etapa. Luego de enfriarse y nuevamente equilibrado es comprimido en una segunda etapa y enfriado en el post-enfriador. Del último tanque de equilibrio es enviado a la línea de salida. Los tanques de equilibrio amortiguan las pulsaciones de succión y descarga, así el desequilibrio por fluctuación de presiones del gas.

El compresor está previsto de mecanismo de alarma y enclavamientos que pararán la unidad, evitando da ños mecánicos, cuando ocurra depresiones y so bre pre siones, bajas presiones de aceite lubricante (usado solo para lubricar el sistema de transmisión de energía mecánica) y deficiente sistema de enfriamiento.

3.2.3 Turbina de expansión

La turbina de expansión (211.19) es una máquina compuesta por un expansor ensamblado y un compresor de aire centrífugo, están montados en los extremos opuestos del mismo eje. El lado del expansor de la máquina opera en frío y dentro de una en v o l t u r a aislada, la caja del cojinete y el lado del compresor de la máquina opera en caliente. Es tos no están aislados. El compresor comprime el aire atmosférico y lo descarga en la atmósfera. Comprimiendo el aire, el compresor realiza trabajo carga la turbina y extrae la energía (calor) del

gas que se expande a través de la turbina, válvulas de mariposa en los lados de succión y descarga del compresor, son usadas para controlar el flujo del aire a través del compresor, por lo tanto controla la velocidad del eje.

Cada lado de la maquinaria tiene sellos de laberinto, para evitar que el aceite gotee dentro de las corrientes del proceso y para no permitir que el gas entre en la caja del cojinete, se usa nitrógeno como gas sellador.

La separación de los flujos del proceso y el aceite de lubricación es mantenido por un sistema auto-regulador de gas de sello de nitrógeno (ver gráfico N° 9). Uno de los dos reguladores (PDCV-902) es auto-condicionado. Detecta la presión de la tangente de la rueda del expansor y regula la presión del gas de sello a la turbina. Un regulador de fijación manual (PGV-901), es usado para mantener la presión del gas de sello en la bomba de aceite y el arranque de la temperatura de la turbina.

La turbina es protegida contra baja presión de aceite, baja presión diferencial del gas de sello, altas vibraciones y falta de gas de sello para arranque, en caso de una señal de parada, una válvula selenoide (XV-921), se des-energiza y despliega presión de aire desde la válvula de entrada, el expansor de operación neumática (NV-921). El dispositivo de parada deberá ser fijada manualmente antes de volver a arrancar la unidad.

La turbina está equipado con un tacómetro electrónico, el cual controla la velocidad a través de un sensor magnético ubicado en lado del compresor de la caja de cojinetes.

3.2.4 Sistema de agua de enfriamiento

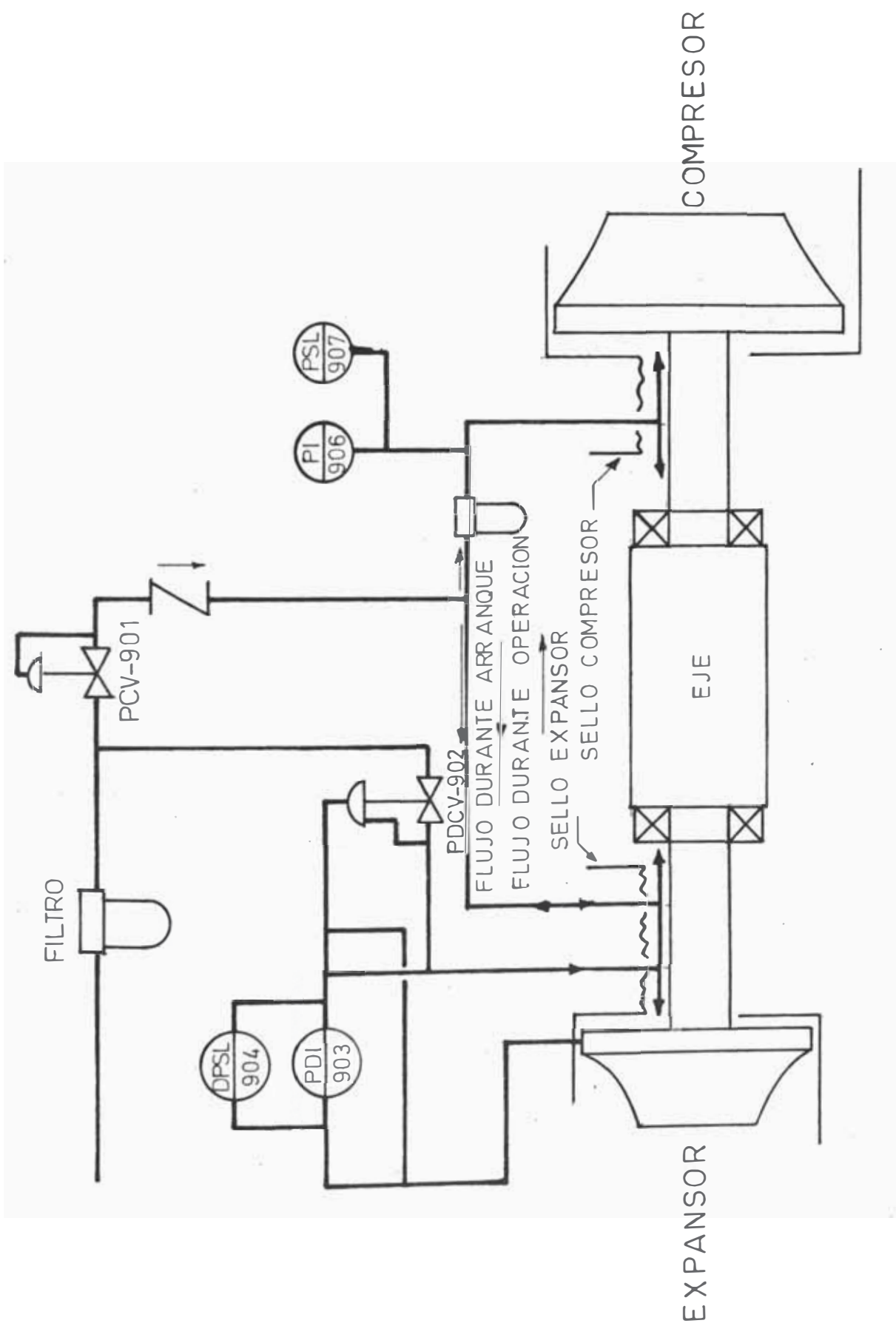


DIAGRAMA DE FLUJO DE GAS DE SELLO

Grafico Nº 9

La planta en sí no tiene un sistema para enfriamiento, el agua para enfriamiento es obtenida y devuelta al sistema de la fábrica, que es en la torre de refrigeración, el flujo es de aproximadamente 1750 litros/mm. El sistema de enfriamiento del compresor de aire (211.02) usa agua como enfriador, el agua usada es para los intercambiadores de las diferentes etapas.

Un conmutador de alta temperatura (TSH-5) ubicado después del enfriador de la tercera etapa, hará sonar una alarma si la temperatura del intercambiador aumenta, hay indicadores de presión y temperatura para controlar el sistema de enfriamiento; el sistema de enfriamiento del compresor de nitrógeno (211.18) comprende: el enfriamiento de nitrógeno y el enfriamiento de los cilindros del compresor,

El método de enfriamiento de los cilindros es agua en circulación por chaquetas de los cilindros. El flujo de agua en las chaquetas de los cilindros es ascendente, de modo que las salidas del agua están ubicadas en la parte superior de los cilindros y las operaciones de drenado se hacen por la parte inferior de los mismos, este enfriamiento remueve algo de calor total de compresión y todo el calor de fricción proveniente de los cilindros.

En la turbina de expansión (211.19), el enfriador de aceite es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo con agua que fluye en los tubos y el aceite que fluye en el casco.

3.2.5 Sistema de aire para instrumentación

El aire para instrumentación es tomado del cabezal del tanque de nitrógeno (211.14), durante la operación normal y deshielo, para el arranque usa aire de instrumentos del sistema de la fábrica.

En el compresor de aire (211.02), la instrumentación es neumática y electroneumática de dispositivos de acción manual y automática.

El aire de instrumentos es fundamental en la sincronización de las válvulas tipo check (211.06), en todo el sistema de instrumentación de control del tanque LIN (211.11) y los absorbedores de hidrocarburos (211.12), su principal sistema de control es mediante aire de instrumentos.

3.2.6 Sistema de lubricación

Básicamente la lubricación se da en los siguientes equipos:

- Compresor de aire
- Compresor elevador de presión de nitrógeno
Turbina de expansión.
- Lubricación del compresor de aire

El sistema de aceite lubricante del compresor, consiste del sumidero de aceite, la bomba de aceite principal, bomba de aceite auxiliar, filtro y enfriador de aceite, el nivel en el reservorio se mide con una varilla de inmersión (ver gráfico N° 10). Un conmutador de bajo nivel de aceite (LSL-7) hará sonar una alarma si el nivel de aceite baja, apaga la compresora si el nivel de aceite sigue bajando, además el sumidero de aceite tiene un calentador de aceite controlado termostáticamente por medio del conmutador de temperatura (TS-8).

La bomba de aceite principal (211.02.10.01.10J), es movida por el eje del motor del compresor, la bomba de aceite auxiliar (211.02.10.01.10K), es movida eléctricamente y es usada para formar presión de aceite en el sistema antes de arrancar, los indicadores de presión y temperatura están

INTERCAMBIADOR

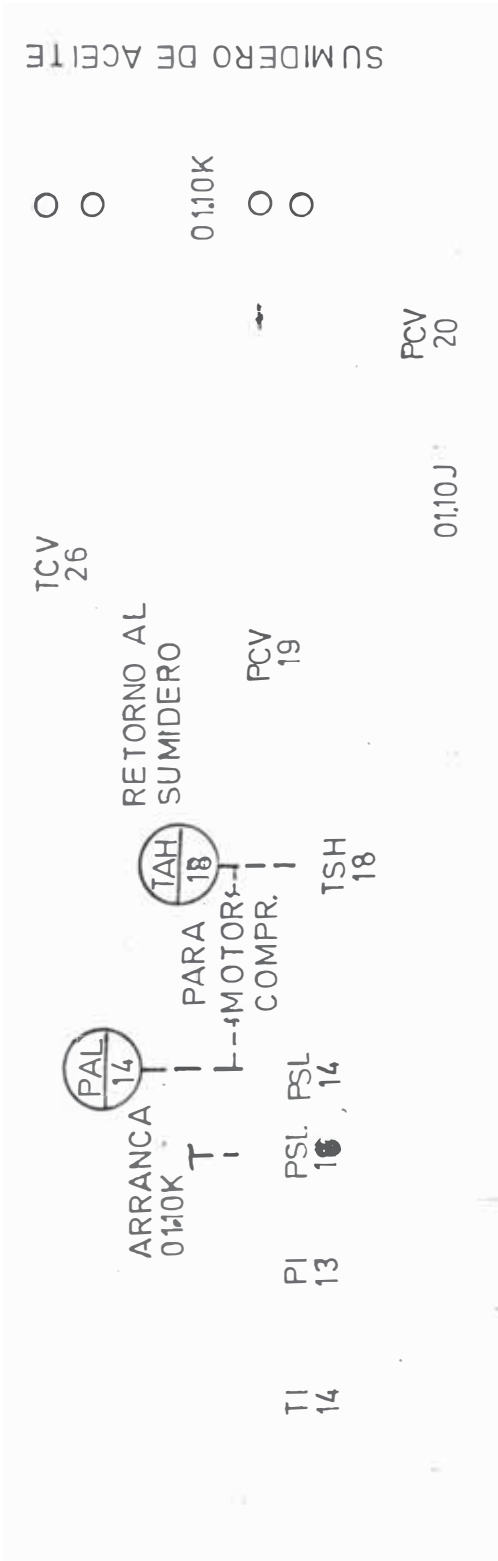
EMSAMBLAJE
DEL COMPRESOR

ENGRANAJE PARA
ESPARCIR

EL COMPRESOR

RODAMIETO PRINCIPAL

TI 25
PI 25



PI 20

ESQUEMA DE LUBRICACION DEL COMPRESOR DE AIRE

Gráfico N° 10

dispuestos para el control del sistema de aceite, hay un interruptor de aceite (PSL-16) que accionará la bomba de aceite auxiliar si la presión del sistema baja. Un interruptor para baja de presión de aceite (PSL-14), hará sonar una alarma y parará el compresor.

Una válvula mezcladora automática (TCV-26), mantiene la temperatura del aceite combinando los flujos de aceite enfriado en el enfriador de aceite, con el aceite caliente de la bomba. Un interruptor de alta temperatura (TSH-18), hará sonar una alarma al incrementarse la temperatura del aceite. Si la temperatura continua elevandose, el compresor se parará.

- Lubricación del compresor elevador de presión de nitrógeno

La forma del sistema de lubricación se puede ver en el diagrama del gráfico N° 11, el aceite es llevado del sumidero que queda dentro de la carcasa del compresor a través de un filtro tipo coladora y es llevado dentro de la bomba de tipo para aceite, esta bomba es accionada por el eje del cigüeñal del compresor, la bomba presiona el aceite hacia un intercambiador de agua caliente, de este intercambiador va a un filtro de aceite instalado en la carcasa del compresor, una vez que ha pasado por el intercambiador y el filtro de aceite siempre con la misma presión ejercida por la bomba va ha lubricar el casquillo de apoyo del cigüeñal, ubicado en el extremo de la carcasa, al cual esta conectada la bomba de aceite, luego mediante unos conductos va ha lubricar o bañar los muñones, los rodamientos, acoplamientos y la cruceta, finalmente mediante un conducto va ha lubricar el casquillo de apoyo, ubicado entre el acoplamiento y

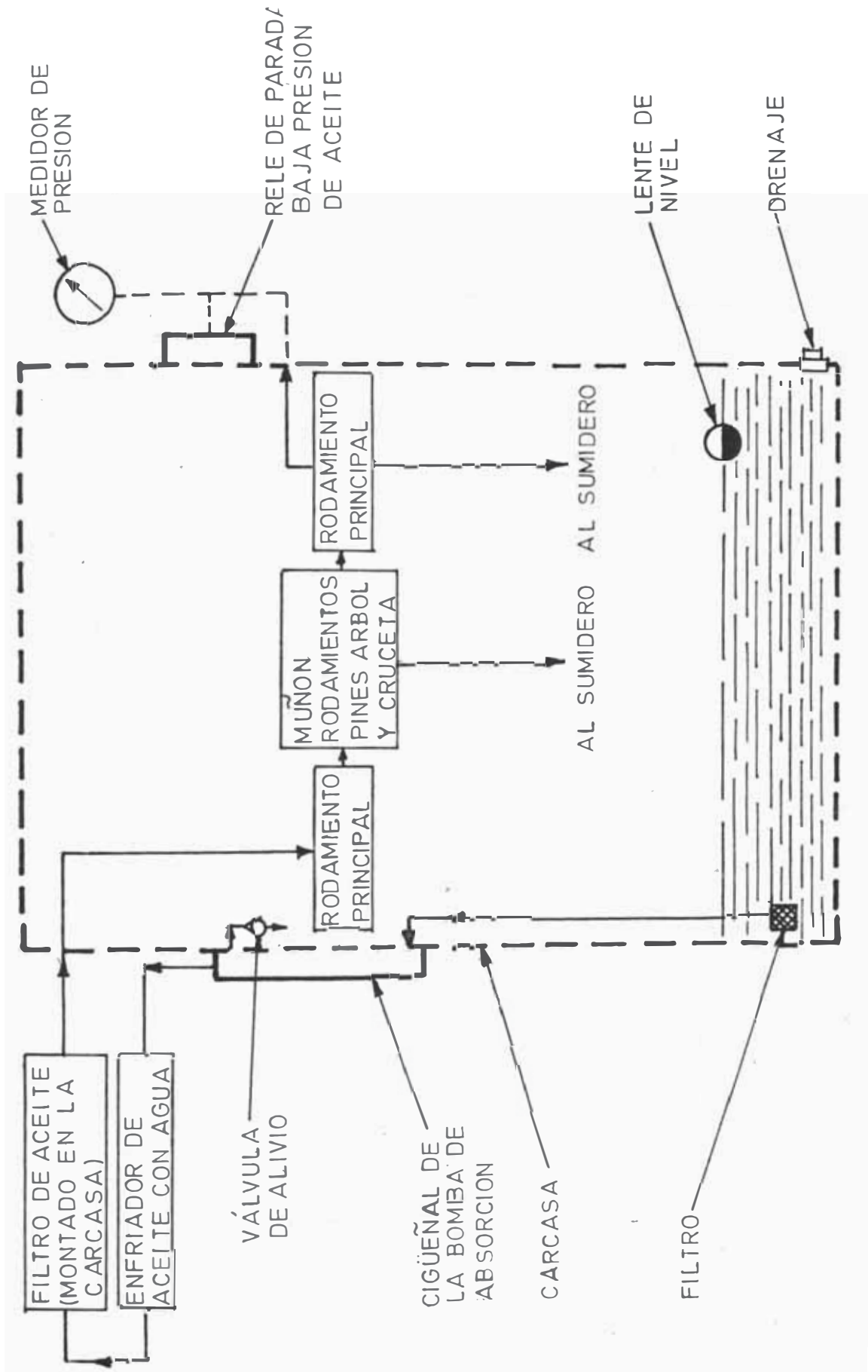


DIAGRAMA DE LUBRICACION DEL COMPRESOR DE NITROGENO

Gráfico No 11

el cigueñal que se encuentra en la carcasa, todo lo que baña cae al sumidero de aceite que es la parte inferior de la carcasa. A la llegada del aceite al casquillo de apoyo hay un conducto o una tubería que sale de la carcasa para ir a un medidor de presión de aceite del mismo conducto se deriva hacia el relé de presión baja que dará la alarma y parada del compresor. Existe un nivel donde indica la cantidad de aceite a ingresar (26 litros).

- Lubricación de la turbina de expansión

El sistema de lubricación de alimentación de la turbina, consiste de un sumidero de aceite, una bomba de aceite, una válvula de control de presión, válvula de control de temperatura (ver gráfico N° 12). Un calentador eléctrico controlado termostáticamente, se encuentra montado en el sumidero de aceite. Una válvula de alivio de aceite (PCV-912), está instalado corriente abajo del filtro de aceite lubricante. Esta válvula es usada para controlar la presión de aceite, aliviando el exceso de flujo al sumidero de aceite.

Un interruptor de baja presión de aceite (PSL-914), instalada en la línea de aceite y entra a la turbina hace que la turbina se pare si la presión cae. El sumidero de aceite tiene un calentador controlado termostáticamente (TS-918), conexiones de llenado y drenaje y una varilla de vidrio (LI-917), para constatar su nivel. Un desfogador del tanque expelle el gas retenido en el aceite. Un filtro protege la línea de succión de la bomba de aceite. Una bomba de aceite de engranajes rotativos accionada por un motor arrastra aceite del sumidero del tanque y lo descarga a los cojinetes del expansor y compresor

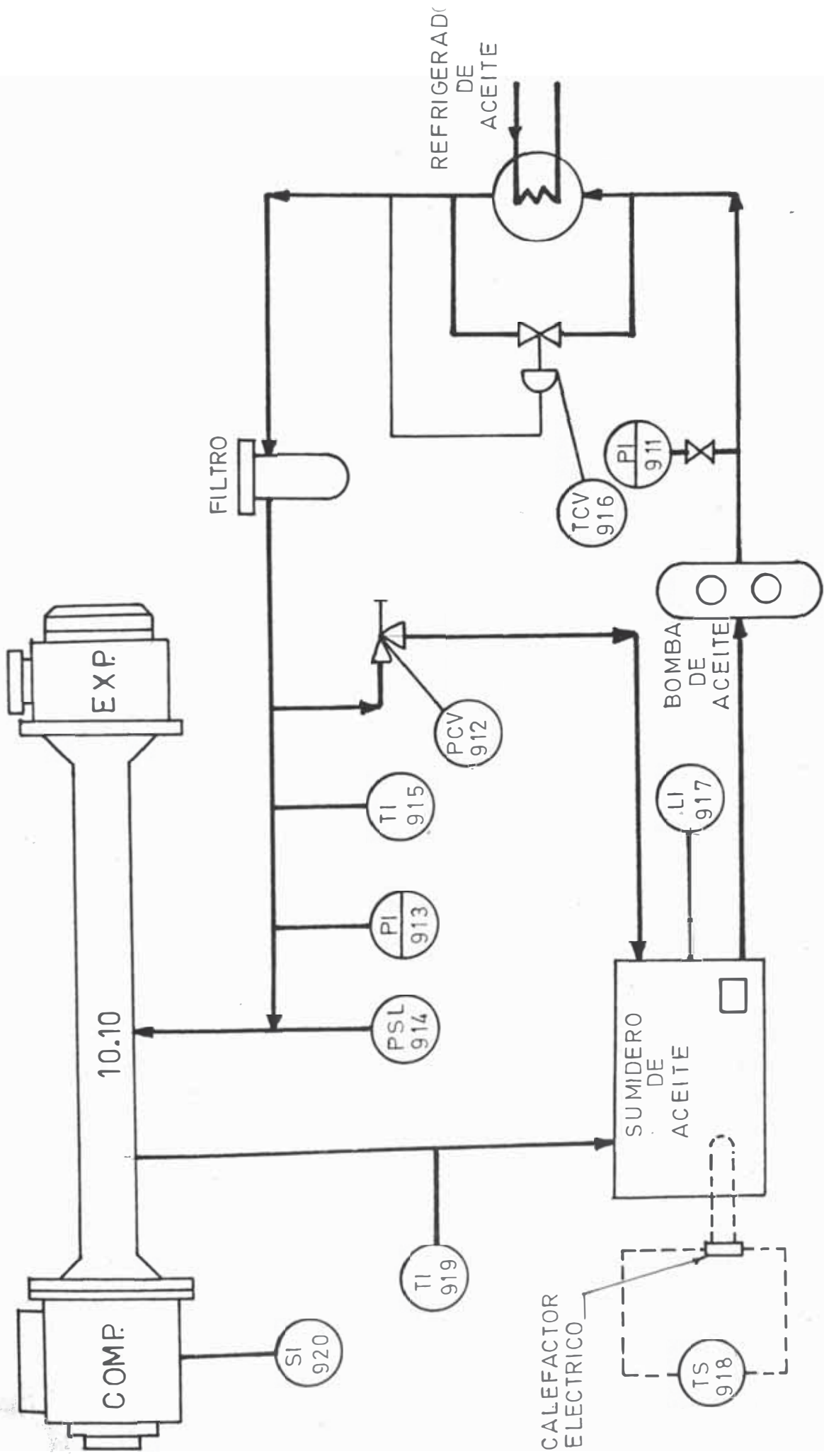


DIAGRAMA DE LUBRICACION DE LA TURBINA DE EXPANSIÓN

a través del filtro de aceite y el enfriador.

El enfriador de aceite es un intercambiador de calor del tipo casco y tubo con agua que fluye en los tubos y el aceite que fluye en el casco. Una válvula de control de temperatura (TCV-916), en una línea de by-pass, evitando el enfriador de aceite lubricante, detecta la temperatura del aceite que sale del enfriador y regula esta temperatura controlando el flujo de aceite a través del enfriador con la válvula de by-pass. La temperatura de aceite de la turbina, es controlado por el indicador de temperatura (TI-919).

4

ANALISIS CRITICO DE LAS OPERACIONES

Este capítulo es uno de los más importantes dentro del fin que consigue este trabajo, porque de aquí dependerá el éxito de los programas de mantenimiento a efectuarse (preventivo, correctivo y reemplazo). Se hizo un examen de las diferentes operaciones de la planta (capítulo 3), con el propósito de determinar los equipos que fallen, afectarían más las operaciones de la planta. En este sentido se tomó los siguientes considerandos:

- a) Si falla ciertos equipos para inmediatamente la planta
- b) Si hubiera ciertos equipos causando problemas continuos sin tomar en cuenta su efecto, en la continuación de las operaciones.

Con respecto al item b), casi no ha sido posible detectar equipos que hayan producido problemas, ya sea por montaje ó por mantenimiento, esto es según las tarjetas de mantenimiento.

Por los considerandos anteriores, las máquinas se han clasificado según su importancia como sigue:

- Máquinas principales
- Máquinas secundarias
- Máquinas eléctricas
- Instrumentos
- Tuberías i válvulas

4.1 Máquinas principales

Como hemos indicado y luego de un análisis de operaciones, podemos indicar que las máquinas que pueden tener efecto en parar la planta son: (ver apéndice N° 3)

- Compresor de aire (211.02)
- Sistema de válvulas tipo check (211.06)
- Sistema de válvulas tipo conmutador (211.07)
- Compresor de nitrógeno (211.18)
- Turbina de expansión (211.19)
- Componentes especiales

En cada caso haremos una descripción de características del equipo y la manera o sistema de mantenimiento y luego el stock mínimo que requiere.

4.1.1 Compresor de aire

El compresor de aire (211.02), es una de las máquinas fundamentales del sistema, prácticamente es el corazón de la planta.

- Datos del equipo

Compresor de aire (01.10)

- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| - Fabricante | Ingersoll - Rand |
| - Modelo | Centac 3C - 70M |
| - Tipo | Centrífugo |
| - Número de etapas | Cuatro |
| - Capacidad máxima | 8,419 Kg/hr. aire |
| - Presión de descarga | 6.95 Kg/cm ² abs. |

Etapas

1ra 2da 3ra 4ta

- | | | | | |
|--|-----|-----|-----|----|
| - Presión de entrada (Kg/cm ² abs.) | 0.7 | 1.2 | 2.1 | 4 |
| - Temperatura de entrada (°C) | 20 | 27 | 28 | 29 |
| - Pres. de descarga (Hg/cm ² abs.) | 1.3 | 2.2 | 4.1 | 7 |
| - Temperatura de descarga (°C) | 91 | 96 | 104 | 92 |

- Requerimientos de agua de refrigeración

- 1ra. etapa	4.61 Km ³ /seg.
- 2da. etapa	5.74 Km ³ /seg.
- 3ra. etapa	5.55 Km ³ /seg.
- 4ta. etapa	4.54 Km ³ /seg.

Garantía de diseño de flujo de aire 17 m³/hr.

El compresor está conectado al motor por un acoplamiento flexible.

El compresor es de múltiples etapas y de múltiples ejes de velocidad. Cada etapa de compresión consiste en un impelente montado en un eje y está encerrado con una tapa común de hierro fundido, estos impelentes están fabricados de acero.

Los enfriadores están encascados y son de tipo de tubería, la envoltura ó carcasa del compresor actúa como cáscara para estos intercambiadores, las tuberías están internamente aleteados. El compresor y el motor están montados y unidos sobre una estructura de acero soldado.

- Requerimiento de lubricación

La operación satisfactoria de máquina rotativa, es virtualmente dependiente por el sistema de lubricación, esto es necesariamente, que todos los factores contribuyen para que este presente el correcto cumplimiento del aceite y que el sistema entero sea mantenido en buen orden.

El compresor de aire (211.02), requiere el aceite con las siguientes características:

- Viscosidad a 38°C SSV	140 a 170
- Punto de inflamación	188°C mínimo
- Índice de viscosidad	85 mínimo
- Prueba de herrumbre al agua salada	Podrá pasar
- Prueba de oxidación	1,000 hrs. mínimo

- Número de Emulsión de vapor 120 máximo
- Valor de resistencia a la neutralización 0.00 máximo
- Valor total de neutralización 0.15 máximo
- Punto de fluidez -12°C

Recomiendan con esta característica aceites como:

- Texaco regal oil & 032
- Mobil Dte oil light
- Turbinol 52 (Petro Perú)
- Shell turbo oil T 32
- Gulf harmony N° 44

Capacidad del reservorio de aceite 568 dm³.

- Programa de mantenimiento

El compresor de nitrógeno (211.02), no requiere atender constantemente, pero un mínimo de Items, deberá ser chequeado periódicamente. Lo siguiente son requerimientos generales y una lista para inspección y mantenimiento preventivo.

- Cada día y cada parada de planta

- i) Chequeo y registro de la presión de aceite.
- ii) Chequeo y registro del nivel de vibración en cada etapa del compresor.
- iii) Chequeo y registro de presión de las diferentes etapas.
- iv) Chequeo y registro de temperatura de las diferentes etapas.
- v) Chequeo y registro de temperatura de agua de enfriamiento del aire, para los diferentes intercambiadores.
- vi) Chequear el nivel de aceite del reservorio.
- vii) Chequear y controlar los filtros de la lí

nea de aire, sacar alguna humedad que puede haber colectado y si fuera necesario reemplazar el filtro.

- viii) Chequear y registrar la presión del filtro de aceite ó la diferencia de presión cambiar el filtro si fuera necesario.

- 60 Días

- i) Chequear el sistema de control afuera. Para el procedimiento hecho en la sección de control en las instrucciones de este manual.
- ii) Chequear el ingreso y la válvula de calibración de by-pass.
- iii) Visualmente inspeccionar los elementos primarios del filtro de aire al ingresar ó reemplazar si fuera necesario.

- 6 Meses

- i) Visualmente inspeccionar todos los elementos del filtro de aire, al ingresar y reemplazar si fuera necesario, chequear el encaje del filtro por corrosión y chequear los sellos de las superficies.
- ii) Lubricar la parte importante del cople si fuera necesario, siguiendo las instrucciones por el fabricante del cople.
- iii) Lubricar el cople de bomba de pre-lubricación, si fuera necesario, siguiendo las instrucciones hechas en el manual de instrucciones por el fabricante del cople.
- iv) Chequear el alineamiento del cople de transmisión principal, realinear si fuera necesario.
- v) Visualmente inspeccionar la humedad detenida de aceite. Lavar el depósito y reemplazar las líneas si han sido saturados.

- Anual

- i) Inspeccionar el movimiento principal, según instrucciones hechas en el manual de instrucciones de los fabricantes.
- ii) Visualmente inspeccionar el acoplamiento, alinear y lubricar si fuera necesario.
- iii) Visualmente inspeccionar los dientes de algún engranaje dañado por excesivo o desigual uso.
- iv) Chequear los rodamientos dañados de los engranajes por aspereza.
- v) Inspeccionar y lavar los filtros del sumidero en el reservorio de aceite
- vi) Inspeccionar visualmente las tuberías del enfriador de aceite, lavar el recubrimiento y las caras de la tubería del enfriador de aceite si fuera necesario.
- vii) Calibrar el monitor de vibración.
- viii) Inspección visual a la entrada de la válvula de paso.
- ix) Inspección visual la válvula de by-pass.

Lubricación

El aceite a usar debe tener una frecuencia de inspección semanal y deberá cambiarse según análisis. El acoplamiento principal tiene una frecuencia de inspección mensual y se lubricará según indicaciones anualmente. La bomba de aceite auxiliar tiene una frecuencia mensual de inspección y se cambiará de lubricante anualmente.

- Stock mínimo de repuestos

El siguiente stock es lo que se recomienda y más detalles con respecto a su compra y almacenamiento, estaremos indicando en la programación de

mantenimiento.

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Sellos de empaquetadura, incluyendo "O-Ring"	1 juego
- Sello, retén	4 c/u
- Sello, cojinete (aceite)	4 c/u
- Sello impulsor (aire)	4 c/u
- Elemento filtro de aceite	1 c/u
- Sensores de vibración	4 c/u
- Haz tubular de enfriador de aire	1 c/u
- Rotor primera etapa	1 c/u
- Rotor segunda etapa	1 c/u
- Rotor tercera etapa	1 c/u
- Rotor cuarta etapa	1 c/u
- Chumaceras simples (piñón)	8 c/u
- Chumaceras de empuje (piñones)	4 c/u
- Engranaje principal con chumaceras simples y de empuje	1 c/u

3.1.2 Sistema de válvulas tipo check

La válvula tipo check (211.06), son un importante sistema de enfriamiento del aire, dentro del arrastre del agua y bióxido de carbono, como dijimos estas válvulas trabajan análogas y sincronizadas con las válvulas conmutadoras (211.07), que posteriormente vamos a describir, las válvulas tipo check se encuentran dentro de la caja fría.

- Características técnicas

Sistema de válvulas tipo check (06.19)

- Estas válvulas están diseñadas de tal manera que deben estar descontaminadas de hidrocarburo.
- Diámetro 200 mm.
- Longitud 125 mm.

- Tipo de válvula insertada entre dos bordes y sellado
- Marca Mission
- Presión de diseño 10.5 Kg/cm²
- Temperatura de diseño 198°C

El mantenimiento no requiere constante, solo una inspección antes de la operación y un cambio de válvula en caso de que falle para su reparación. o usa lubricante por la naturaleza de su trabajo.

- Stock mínimo de repuestos

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Válvula completa	1 c/u
- Partes de la válvula	2 juegos

4.1.3 Sistema de válvulas tipo conmutador

El sistema de válvulas tipo conmutador (2 1.07), esta es una válvula de mariposa de tiempo accionada por la doble acción de un cilindro, esto es controlado por una válvula piloto de 4 vías, en este caso es un contacto de tiempo.

- Características del sistema

Válvula mariposa	200 mmØ
- Cilindro de accionamiento	200 mm
- Diámetro del accionamiento	150 mmØ
- Volumen de accionamiento	5225 cm ³
- Presión de trabajo máxima	7 Kg/cm ²
- Temperatura de trabajo máxima	82°C
- Control de velocidad	

La velocidad de las válvulas están controlados por una válvula piloto, es un reloj contador de tiempo y están instalados en los dos exahustores de la válvula piloto.

- Torque de ajuste para abertura y cierre 220 kg-

cm.

- Características del conmutador:

Corriente	10 amp.
Potencia	185 W
Voltaje	125 ó 250 VDC

- Requerimiento de lubricación y mantenimiento

La válvula de mariposa en sí no requiere lubricación, sino limpiar y secar con aire. Estas válvulas están lubricadas de fábrica y no requieren lubricación, pero si se desensambla, requiere lubricar los siguientes elementos con un lubricante de las siguientes características:

- Viscosidad a 100°F SSV	577.5
- Punto de inflamación	238°C
- Índice de viscosidad	101 mínimo
- Punto de fluidez	-17°C

Recomiendan con estas características aceites como:

- Petrolube Universal 30
- Shell Molina Oil 30
- Shell Gardinia Oil 30
- Amoco 100 SAE 30

El mantenimiento se hará cada vez que se realice un chequeo general, de planta (en este caso anual). La lubricación esta también superditada al chequeo o mantenimiento que se llega del sistema.

- Stock mínimo de repuestos

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Válvula completa	1 c/u
- Repuestos de válvula	1 juego
- Reloj (contador de tiempo)	1 c/u
- Una caja de reparación para el operador de válvula (Bettis)	1 c/u

4.1.4 Compresor de nitrógeno

El compresor de nitrógeno (211.18), es un compresor elevador de presión de nitrógeno para el suministro, prácticamente interviene en la etapa última del sistema de proceso.

El compresor de nitrógeno es un compresor recíprocante de dos etapas.

- Datos técnicos del equipo

Compresor de nitrógeno (01.20)

- Fabricante	Ingersoll Rand
- Modelo	9 1/4 x6x9 HSE-2NL2
- Tipo	Recíprocante
- Etapas	Dos
- Capacidad	3139 Kg/hr.

Datos de etapas:

<u>Etapas</u>	1ra.	2da.
- Presión de entrada Kg/cm ² abs.	5.8	13.8
- Presión de descarga Kg/cm ² abs.	14.2	30.9
- Temperatura entrada °C	26	27
- Temperatura descarga °C	113	104

- Requerimiento de lubricantes

Use un buen grado de aceite altamente refinado, como recomendación para un considerable abastecimiento o compra. El aceite seleccionado para usar como un lubricante recomendado, deberá tener los siguientes requerimientos:

- Viscosidad 38°C	(máx.) 168.4 Cst.
- Viscosidad a 98.9°C	(mín.) 10.2 Cst.
- Punto de inflamación	(mín.) 193°C
- Punto de fluidez	5.6°C
- Valor de resistencia a la neutralización	0.00 Máximo.

- Valor total de neutralización 0.45 Máx.

Recomiendan con esta característica aceites como:

- Texaco Regal R & O68
- Shell x - 100 - 40
- Petrolube Universal SAE 40

Si la temperatura crece constantemente es usualmente una indicación que el aceite deberá ser cambiado.

La capacidad recomendada del sumidero de aceite es 26,000 cm^3 , el sumidero tiene un lente donde indica el nivel de aceite.

- Programa de mantenimiento

El compresor de nitrógeno (211.18), está diseñado y construido para largos períodos de continuo funcionamiento y están equipados con sistemas automáticos de seguridad para parar en ca os de falta de aceite, etc., lo siguiente es lo mínimo recomendado basado en 720 horas de operación continua por mes.

- Diariamente

- i) Chequear el nivel de aceite recomendado en el sumidero y agregar aceite si se requiere mantener el nivel.
- ii) Mantener una tabla frecuente de todas las temperaturas del gas, temperatura del agua y medir las presiones.
- iii) Inspeccionar las empaquetaduras del vástago del pistón por excesivo golpeteo o sobre calentamiento. Ver la cartilla de posibles causas.
- iv) Si se usan separadores en el sistema del compresor, una revisión deberá ser establecido, por medio del cual ellos son

~~dremados periódicamente~~ para prevenir que el líquido atravesase dentro de los cilindros del compresor que puede causar serios daños.

- v) Atender por algún sonido raro que la máquina esté operado. Esto debería ser investigado inmediatamente.
- vi) Chequear la operación del mango del pistón, para ver si se desliza el aceite en los anillos.
- vii) Chequear el lubricador de alimentación, la visualidad de la luna de vista y limpiar si es necesario.

- Semi-anual

- i) Chequear los anillos del pistón del compresor por gasto. La recomendación standard para reemplazar los anillo del pistón, cuando ellos tienen gastados la mitad sus originales espesores.
- ii) Una, no lubricación, mínima lubricación y otras aplicables al compresor, cuando el pistón del compresor es equipado con anillos de placa, la medida del asiento del pistón despejado para determinar el ajuste o reemplazar las placas si son requeridas.
- iii) Chequear la exactitud de presión del compresor con un medidor o un probador de peso muerto, recalibrar ó reemplazar ello si se requiere.
- iv) Sacar todo de adentro y descargar las válvulas de los cilindros y es conveniente hacer limpieza de las válvulas.
- v) Chequear la operación de cualquier automático y regular la capacidad del equipo.

- vi) Chequear la chaqueta del cilindro de agua y pasos por escala y otros depósitos, limpiar si se requiere.
- vii) Otras aplicaciones de unidades, limpiar los lentes ó visores usados en el sistema de enfriamiento de agua y separadores.

- Anual

- i) Medir y anotar el espacio de la carrera de transmisión, generalmente todos los espacios están listos en el manual a lo cual deben ser chequeados, las partes deben ser cambiados cuando existe un excesivo juego.
- ii) Las válvulas usadas en el sistema del compresor de gas deberían tener su prueba de desgaste mínimo una vez al año y mucho más ver bajo extremas condiciones usando un apropiado banco de prueba.

- Lubricación

- i) La forma de lubricar el aceite, debería ser cambiado después de cada 4000 a 8000 horas de operación, limpiar siempre el aceite en una coladera con una bomba de succión y reemplazar el filtro de aceite cuando se cambie el aceite.

- Stock mínimo de repuestos

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Filtro de aceite	6
- Empaquetadura de cubierta de válvula	48
- Empaquetadura de asiento de válvula	48
- <u>Ensamble</u> de válvula de admisión primera	4
- <u>Ensamble</u> de válvula de admisión segunda	4

- Ensamble de válvula de descarga primera	4
- Ensamble de válvula de descarga segunda	4
- Canales, resorte y guías de válvula primera (admisión)	3 Jgos.
- Canales, resorte y guías de válvula segunda (admisión)	3 Jgos.
- Canales, resortes y guías de válvula primera (salida)	3 Jgos.
- Canales resortes y guías de válvula segunda (salida)	3 Jgos.
- Anillos, pistones primera etapa	6 Pzas.
- Anillos, pistones segunda etapa	6 Pzas.
- Anillos de descarga primera etapa	6 Pzas.
- Anillos de descarga segunda etapa	6 Pzas.
- Anillos y resorte, empaquetadura vástago	6 Pzas.
- Anillos rascadores de aceite	6 Pzas.
- Empaquetadura de culata, intercambiador de calor, primera etapa	2
- Empaquetadura de culata, intercambiador de calor, segunda etapa	2
- Empaquetadura de cubierta pieza de distancia	4
- Empaquetadura de cubierta, cruceta	4

4.1.5 Turbina de expansión

La turbina de expansión (211.19), es uno de los procesos donde se efectua la transferencia de energía y junto con ello de calor.

- Datos técnicos del equipo

Turbina de expansión (10.10)

- Fabricante

Air Products & Chemicals INC.

- Modelo	Atac - 6
- Tipo	Compresor de aire de una sola etapa
- Velocidad	17,500 RPM
- Presión de entrada en el expansor	2.81 Kg/cm ² (abs.)
- Presión de descarga del expansor	1.12 Kg/cm ² (abs.)
- Temperatura de entrada del expansor	- 162°C
- Temperatura de descarga del expansor	- 184°C
- Presión diferencial del gas de sello	0.35 Kg/cm ²
- Presión de arrastre del gas de sello	0.35 Kg/cm ²

El lado del expansor consiste de una rueda de impulsión y una tobera e admisión montado en una carcasa, el conjunto de la tobera tiene paletas regulables, las cuales controlan directamente el juego de entrada y por lo tanto afectan la potencia, la velocidad y la eficiencia del expansor. En el apéndice N° 4 podemos ver las pruebas de banco hechos por el fabricante.

- Requerimientos de lubricación

Los requerimientos de aceites necesarios son los siguientes:

- Viscosidad a 38°C	140 a 170 SSU
- Punto de inflamación	188°C
- Índice de viscosidad	85 mínimo
- Valor total de neutralización	0.15 máximo
- Punto de fluidez	- 12°C

Los aceites que tienen estas características son

los siguientes:

- Texaco Regal Oil & 032
- Mobil DTE Oil Light
- Petro Perú Turbinol 52
- Shell Turbo Oil T 32
- Gulf Harmony N° 44

Capacidad de aceite 189 litros

El calentador de aceite debe ser:

- Tipo Elemento sumergido
- Fase Monofásico
- Frecuencia 60 HZ
- Voltaje 120 Voltios
- Potencia 1.5 KW.

- Programa de mantenimiento

El turbo expansor (211.19), es una unidad de ser vicio continuo y el mantenimiento más extensivo a ser realizado en el campo será, reemplazar una unidad intercambiable.

Una reparación total está basada en experiencia operacional con respecto a eroción del rotor y o tros desgastes causados por arrastre de sólidos, en las corrientes de flujo, la presencia de partes erosionadas o desgastadas serían indicadas por caída en rendimiento o vibración.

O SE REQUIERE MANTENIMIENTO PROGRAMADO

Pero sin embargo es necesario hacer unas inspecciones de rutina como sigue:

- Semanalmente

- i) Chequear la temperatura de salida del aceite del cojinete.
- ii) Chequear el mirador de vidrio del sumidero de aceite, por aceite espumante.

- En parada

- i) Descongelar el expandidor si este ha sido pa-
ralizado por más de 20 minutos, siempre man-
tener el sello del gas a presión.

- Lubricación

- i) Semanalmente agregar aceite si es necesario
y si es necesario cambiar el aceite según
análisis.

- Stock mínimo de repuestos

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Elementos de filtro de aceite	2 juegos
- Elementos de filtro de gas de sello	2 c/u
Elementos de filtro de admi- sión de aire	2 c/u
- Unidad intercambiable	1 /u
- Caja ferretería	1 c/u
- Cojinetes	1 juego
- Sellos	1 juego

4.1.6 Componentes especiales

Dentro del sistema de la planta de fraccionamien-
to de aire, hay dos elementos que son componentes
muy importantes, para el sistema de producción y
son las siguientes:

- Caja fría
- Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido

4.1.6.1 Caja fría

Es un conjunto de máquinas debidamente agrupadas
y aisladas, para evitar la temperatura de calor
con el medio ambiente. Por consiguiente es un e-
lemento importante dentro del sistema productivo
en el fraccionamiento del aire. Los componentes
de la caja fría son las siguientes máquinas:

- Sistema de válvulas check (211.06).
- Conmutador intercambiador (211.04).
- Licuefactor sub-enfriador (211.05).
- Columna de alta presión (211.09).
- Rehervidor de transferencia LIN (211.10).
- Tanque de transferencia LIN (211.11).
- Absorbedor de hidrocarburos (211.12).
- Conmutador intercambiador

El conmutador intercambiador (211.04), sirve para enfriar el aire que pasa casi a la temperatura de saturación y el agua y el dióxido de carbono son congelados y depositados en el intercambiador.

El medio congelante en el intercambiador, es el residuo de oxígeno frudo producto de nitrógeno y corriente de oxígeno crudo recalentado. Los residuos depositados son botados al exterior mediante una contracorriente de aire y mediante el cambio de sentido por el sistema de válvulas, tipo conmutador (211.07).

- Licuefactor sub-enfriador

Los restos de los vapores de nitrógeno puro son separados de la columna de alta presión (211.09) como producto gas. El producto gas es conducido por una tubería al licuefactor sub-enfriador (211.05), donde se usa para sub-enfriar la corriente de oxígeno crudo.

- Columna de alta presión y rehervidor condensador

La columna de alta presión (211.09) y el rehervidor condensador (211.10), son sistemas que están unidos solidariamente en una columna. La columna consiste en una placa base resistente a la presión, es de un tipo simple de rectifica-

ción con bandejas, el condensador rehervidor (211.10), es el complemento en la operación de fraccionamiento y se encuentra sumergido en la parte superior de la columna, es que el nitrógeno vapor es condensado gracias al hervidor de la corriente de colas a una presión más baja que en la columna, la columna está dispuesto de un sumidero para líquido.

- Tanque de transferencia LIN

Las siguientes son las características:

- Tanque de transferencia LIN (07.13)
- Fabricante AIR PRODUCT & CHEMICALS
- Número de diseño 404463 D
- Capacidad de líquido 621 litros
- Peso de operación 640 Kg.

Descripción	Tanque	<u>Serpentín de presión</u>
- Máxima presión de trabajo permisible	10.55 a 38Kg/cm ²	10.55 a 38Kg/cm ²
- Fluido	N ₂ líquido	N ₂ gaseoso
- Presión de operación	8.79 Kg/cm ²	8.79 Kg/cm ²
- Temperatura de operación	- 173°C	38°C
- Presión de diseño	10.76 Kg/cm ²	10.55 Kg/cm ²
- Temperatura de diseño	-198 a 38°C	-198 a 38°C

El tanque de transferencia LIN, es un recipiente que contiene en un serpentín interno, presumido ubicado en la tapa del fondo. El tanque se usa para acumular nitrógeno líquido de la columna de alta presión, antes de la carga transfiriéndolo intermitentemente al tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido (211.14).

- Absorvedor de hidrocarburos

Las siguientes son las características técnicas:

Absorvedor de hidrocarburos (8.21 A&B)

- Fabricante Air Products and Chemicals
HNC.
- Plano N° 401128 D
- Presión máx. de trabajo permisible 11.38 Kg/cm² a 66°C
- Temperatura de Operación -179°C
- Presión de operación 6.32 Kg/cm² abs.
- Temperatura de diseño 66°C máximo a 198 minutos
- Absorbente Silica gel
- Peso del absorbente (C/cilindro) 363 Kg.
- Especificación del absorbente APCI - 66497A
- Tiempo total de rectificación 8 horas
- Tiempo de calentamiento 3 horas (aprox.)

El cilindro absorvedor tiene un filtro de entrada y otro de salida, para ayudar a distribuir el flujo y para minimizar el absorbente arrastrado, se provee un tapón de llenado y vaciado para cambiar el absorbente cuando se requiera.

- Calor para controles de calor

Las características técnicas son los siguientes:

Calentador de absorvedor (08.23)

- Fabricante Wiegand.
- Dibujo N° 300 y 99 A
- Fluido circulante Nitrógeno gaseoso
- Elemento contador 24 Kw. 3/60/480

El calor para controles de calor (211.13), es un calor de reactivación de tres elementos que contiene un interruptor de temperatura, el interruptor de indicador de flujo.

Sistema de mantenimiento de la caja fría

El mantenimiento de la caja fría, consiste básicamente en mantener la chaqueta de aislamiento, lo más impermeable al gas.

- Semanalmente

Los ambientes de la caja fría, serán comprobados por contenido de oxígeno una vez por semana, para asegurarse una purga adecuada y que no haya filtración de oxígeno y dicha prueba debe hacerse según indicación del manual de mantenimiento.

- Tanque de transferencia LIN

Semanalmente se aconseja:

Chequear el nivel del líquido en el tanque de almacenamiento y chequear purezas.

- Absorvedor de hidrocarburos

Los cilindros absorbentes de hidrocarburos, deben ser cambiados al menos cada semana o cuando la prueba revele concentraciones anormales de hidrocarburos en el oxígeno líquido.

4.1.6.2 Stock mínimo de repuestos

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Elemento calefactor y calentador para descongelamiento	1 c/u
- Elemento calefactor y calentador de reactivación	1 c/u

4.1.6.3 Tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido

El tanque de almacenamiento de nitrógeno líquido (211.14), tiene las siguientes características:

Tanque de almacenamiento LIN (16.20)

- Fabricante Air Products and Chemicals INC.
- Modelo CLC - 93E
- Tipo Cilindrico - Doble pared
- Capacidad líquido neto 34179 litros
- Equivalente gas (neto) 22196 Nm³/hr. a 21°C y 1 Kg/cm²
- Temperatura de diseño 66°C a -196°C
- Presión de trabajo en el interior del tanque (máximo) 19 Kg/cm² a 66°C
- Presión de operación (máx) 16 Kg/cm² -196°C
- Presión espacio de succión (máx) 10 microus.
- Peso:
 - Lleno (en la llave de prueba) 42,048 Kg.
 - Vacío 14,379 Kg.

Estos tanques están diseñados especialmente para líquidos criogénicos.

4.2 Máquinas secundarias

Las máquinas secundarias, son máquinas que no van a causar problemas, salvo casos muy excepcionales y también se pueden tomar medidas muy rápidamente para su corrección.

Las siguientes máquinas son consideradas como máquinas secundarias : (ver apéndice N° 3)

- Filtro de aire (211.01)
- Separador post-refrigerado (211.03)

- Silenciador de escape (211.08)
- Ambientes para vaporizar el nitrógeno líquido (211.15)
- Vaporizadores ambientales (211.16)
- Silenciador (211.17)

4.2.1 Filtro de aire

El filtro de aire (211.01), es el primer elemento de contacto con el aire y también es el inicio del proceso de producción.

- Datos del equipo

Filtro de entrada de aire (01.12)

- Fabricante Universal Silencar FSH-20-8
- Modelo FSH - 20 - 8
- Tipo 2 etapas seco
- Capacidad 180 m³/min.
- Primera etapa:
 - Paneles de reemplazo Parte N° DD2-40
(8 elementos) (limpiable)
 - Presión máx. de caída antes de limpieza 51 mm (columna de agua)
 - Filtración 10 micrones
- Etapa final:
 - Paneles reemplazables Parte N° P-11
(8 elementos) (desechables)
 - Presión máx. de caída antes de la limpieza 51 mm (columna de agua)
 - Filtración 2 micrones

Los elementos del panel de la primera etapa, son limpiables y pueden ser vueltos a usar, después de ser limpiados y después del cual el panel debe ser reemplazado. Los elementos del panel de la etapa final, son del tipo desechable (no lavable) y debe ser reemplazado cuando la caída de

presión alcance 51 mm. (H₂O).

En el sistema de mantenimiento se exige que:

- Semanalmente

Chequear el filtro de admisión de aire por obs
trucción.

- Stock mínimo

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Paneles reemplazables N° P-11	8 c/u
- Paneles reemplazables N° DD2-40	8 c/u

4.2.2 Separador Post-Refrigerado

El separador post-refrigerado (211.03), interviene de la siguiente manera, dentro del proceso. El ai
re es enfriado por el intercambiador de calor en-
friado por agua y el separador post-refrigerado e-
limina la humedad que se condensó del fl jo de ai-
re en los intercambiadores, antes de que el aire
sea enviado al intercambiador principal de la plan
ta.

- Características técnicas

Separador post-refrigerado (01.14)

- Fabricante right - Austin
- Tipo Separador de arrastre
- Presión de diseño 10.5 Kg/cm² a 46°C
- Número de diseño 9707-02

El sistema requiere realizar lo siguiente:

- Semanalmente

Limpiar el colador en el separador del post-re
frigerado.

4.2.3 Silenciador de escape

El silenciador de escape (06.50), es el escape por donde salen los residuos de CO₂ y agua recogidos

por el oxígeno residual que sale del expandidor y recoge como definimos al CO₂ y agua que está en el intercambiador (05.40).

- Características técnicas

Silenciador de descarga (06.50)

- Fabricante Quitflo Corp.
- Modelo VS-12
- Especificación APCI N° 202796A

El sistema de mantenimiento que requiere es:

- Anualmente

Requiere de limpieza y pintado de la superficie interna y externa.

4.2.4 Ambientes para vaporizar el nitrógeno líquido

Los ambientes para vaporizar el nitrógeno líquido (211.15), son lugares donde se vaporiza el nitrógeno, los ambientes usan vapor para vaporizar el nitrógeno.

- Datos técnicos

Vaporizadores LIN (17.20 A y B)

- Fabricante Air Products and Quemi-
cal INC
- Plano N° 85687D
- Tipo Vapor
- Número de vaporiza-
dores Dos (2)
- Capacidad 1584 Nm³/hr.

El sistema de mantenimiento se recomienda siempre se ejecute en períodos de parada donde haya tiempo para realizar la limpieza, normalmente los vaporizadores están sucios.

4.2.5 Silenciador

El silenciador (211.17), es parte del sistema de

instrumentos, que tiene el control el acceso de nitrógeno de una de las líneas al compresor elevador de presión (211.18), como podemos ver el el apéndice N° 3, este silenciador funciona cuando cierra la válvula FV-106A, que tiene comando desde la columna de alta presión.

- Características técnicas

Silenciador de descarga (01.50)

- Fabricante Quitflo Cora
- Modelo VS-6
- Especificación APCI N° 202794B

El sistema de mantenimiento que requiere es:

- Anualmente

Requiere de limpieza o pintado de la superficie interna y externa.

4.3 Maquinarias eléctricas

Como había mencionado el suministro a la fábrica es de 138 KV y en un transformador de potencia lo transforma a 6.6 KV de esta transformación es que se utiliza para la planta de fraccionamiento de aire.

Entendiendo los diferentes usos de los elementos eléctricos, podemos indicar dos tipos de máquinas:

- Máquinas eléctricas de potencia
- Máquinas eléctricas de control

4.3.1 Máquinas eléctricas de potencia

Consideramos a todas las máquinas que generan movimientos y muy específicamente a todo el sistema de los motores eléctricos que accionan los diferentes sistemas de producción. Los siguientes son los motores que intervienen en el proceso de la producción:

- Motor del compresor de aire
- Motor de la bomba de aceite del compresor del aire
- Motor del compresor de nitrógeno
- Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión

4.3.1.1 Motor del compresor de aire

Es motor del compresor de aire (211.02.1M.01.11), tiene las siguientes características técnicas:

Motor del compresor de aire (01.11)

- Fabricante Reliance Eléctric Company
- Tipo Inducción-jaula de ardilla
- Modelo E 6800
- Potencia 933 KW
- Velocidad 1791 RPM
- Voltaje 6,600
- Polaridad Trifásica
- Frecuencia 60 Hz
- Elevación de temperatura del estator 80°C
- Elevación de temperatura del rotor 80°C
- Resistencia de la armadura del estator por fase 0.673 a 25°C
- Reactancia de la armadura 10.71
- Factor de potencia (Cos) 0.954
- Bastidor 68115
- Factor de servicio 1.0
- Requerimiento de lubricantes

El sistema de lubricación deberá ser chequeado

en preparación par rotor el eje durante la operación de alineamiento. Los elementos de los redamintcs son engrasados durante el ensamble, no necesita normalmente adición de grasa al tiempo de instalación.

Las grasas de lubricación deberan ser seleccionadas con las siguientes características:

- Viscosidad en SUS a 38°C

Rango a temperatura	Velocidad	
Ambiente	600 RPM ó menos 600 RPM	
- 18°C a 49°C	300 SUS	150 SUS
- 29°C a 10°C	150 SUS	90 SUS

- Índice de viscosidad 90 mínimo
- Punto de fluidez Mínimo debajo de la temperatura de arranque.

Los siguientes son los aceites que tienen esta característica:

- Texaco Regal R8 068
 - Shell X-100-40
 - Petrolube Universal SAE40
 - Chevron Sri N°2 (Standard Oil)
- Programa de Mantenimiento

El mantenimiento del motor realmente es fácil. Los siguiente es lo que se recomienda en el programa de mantenimiento.

- Cada 3 meses
 - i) Escuchar por algún ruido anormal y chequear la causa inmediatamente.
 - ii) Chequear por excesiva vibración
 - iii) Chequear y ver los filtros de aire, luego de usados los pasajes del aire no de-

be ser bloqueados ó trabados.

- iv) Chequear la elevación de temperatura de los rodamientos.
- v) Chequear el voltage y la variación de frecuencia.
- vi) Ver que todas las conexiones eléctricas estén bien.
- vii) Chequear por puntos ruidosos ó interconexiones puestas, especialmente en puntos dando los contactos esten en forma de motor.

- Cada 6 meses

- i) Cada 3 meses chequear la lubricación apropiada.
- ii) Cada 6 meses sacar el aceite ó grasa de los rodamientos y sus compartimientos según está indicado.

- Interruptor de arranque

El interruptor de arranque del motor del compresor de aire (211.02.2M.01.11), tiene las siguientes características:

- | | |
|-----------------------------|---|
| - Marca | Westinghouse |
| - Tipo | Ampgarol 72L2 |
| - Voltaje | 6,600 - 7,200 |
| - Frecuencia | 60 Hz |
| - Amperaje | 180 |
| - Capacidad de interrupción | 570,000KVA a 6,600 V
625,000 KVA a 7,200 V |
| - Eficiencia de potencia | 100% F.P - 2,500 HP
80% F.P - 2,000 HP |

- Mantenimiento y reparación

El contactor tipo Z2L2 puede ser fácilmente exa

minado por una simple limpieza de las cajas de arco adelantando la posición de la posición de operación.

La frecuencia de mantenimiento se hara cuando el equipo pare y lo siguiente son recomendación de mantenimiento:

- i) Debe ser sopleteado ó aspirado quitándole el polvo de encima.
- ii) Chequear los contactos si ha habido recalentamiento ó no.
- iii) Chequear la línea a tierra del interruptor.

- Stock Mínimo

El siguiente es el Stock mínimo requerido para su funcionamiento normal.

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Resistor 36 OHM, 400 Watt	1
- Fusibles primarios 1 amp. 8,300 volt.	2
- Fusibles secundarios 20 amp. 250 volt.	2
- <u>Panel de control</u>	
Fusible 3 amp, 250 volt.	2

4.3.1.2 Motor de la bomba de aceite del compresor de aire

El uso del motor de la bomba de aceite del compresor de aire (211.02.2M.01.10K), es una bomba que trabaja eventualmente esto es en el arranque previo al compresor de aire, por que la bomba principal (211.02.10.01.10J), se encuentra accionado por el eje principal del compresor aire. Las características principales del motor de la bomba de aceite son:

- Fabricante Baldor
- Potencia 1.5 HP (1.12 Kw)

- Velocidad 3,600 RPM
- Polaridad 3 fases
- Frecuencia 60 HZ
- Voltaje 230 - 460 V

Con respecto a la lubricación se puede tener un control de acuerdo al mantenimiento del compresor de aire y a las necesidades de la misma bomba.

El uso del lubricante es para los rodamientos y puede usarse las siguientes grasas:

- Texaco Regal ARB-Z
- Shell Albania R-3
- Mobil Mobilux EP-2
- Esso Lades M2

El sistema de mantenimiento que se sugiere es el siguiente:

- Anualmente realizar una limpieza del motor.
- Mensualmente lubricar los cojinetes, del motor.
- Con respecto a los sistemas eléctricos, realizar anualmente una limpieza de los contactos.

4.3.1.3 Motor del compresor de nitrógeno

El motor del compresor de nitrógeno (211.18.2M.01.20) tiene las siguientes características:

- Fabricante General Electric
- Modelo 5TS83094441
- Potencia 300 HP (225 KW)
- Revoluciones 514 R.P.M.
- Factor de Potencia 1.0
- Tensión 460 Voltios
- Fase 3
- Frecuencia 60 Hz
- Carga 295 Amperios
- Tensión de excitación 125 Voltios
- Carga de excitación 27.4 Amperios
- Requerimiento de lubricantes

Para un ambiente de temperatura normal, usar un buen aceite de turbina. Los aceites de lubricación deberán ser seleccionados con las siguientes características:

- Viscosidad en Cst a 40°C	68
- Viscosidad en Cst a 100°C	8.8
- Índice de Viscosidad	98
- Viscosidad en SSU a 100°F	300
- Viscosidad en SSU a 210°F	53
- Punto de inflamación °C	229
- Punto de fluidez °C	-9

Los siguientes aceites tienen las características indicadas por el fabricante:

- Texaco Regal R O 68
- Shell Turbo T Oil 68
- Energol Turbina THB 68 (ISO)
- Mobil Oil Turbina. DTE Oil Medium
- Esso Turbina TERESSO
- PetroPerú Turbinol 52

- Programa de mantenimiento

En adición a las observaciones diarias de las condiciones en que se encuentra y la operación del motor, ello es recomendado que una inspección general de rutina puede establecer un chequeo periódico en la siguiente forma:

- Cada 3 meses
 - i) Revisar que los pernos estén correctamente en su posición adecuada para asegurar la carcasa, los rodamientos y también esté bien asegurado al cimiento.
 - ii) Revisar el espiral del deflector de aire y revisar si está en el lugar correcto el deflector de aire.

- iii) Es necesario estar constatando el voltaje y la vibración de la máquina.
- iv) Chequear los puntos ruidosos.
- v) Chequear la temperatura de los rodamientos y cojinetes.

- Cada 6 meses

- i) Inspeccionar los terminales del motor, el devanado y las cuchillas del ventilador.
- ii) Chequear las conexiones eléctricas, por tensión y corrosión.

- Anualmente

- i) Normalmente el motor debe estar limpio de polvo ó pequeñas partículas, para lo cual puede limpiarse con una baja presión de aire y sacar el polvo hacia afuera.
- ii) Succionar ó aspirar para limpiar el polvo de hierro, carbón, cobre y arena.
- iii) Hacer la inspección de los rodamientos y de acuerdo a las tolerancias se cambiará.

- Lubricación

Se recomienda un chequeo del nivel de aceite de los rodamientos semanalmente, y de acuerdo a los análisis se deberá cambiar.

- Stock mínimo de partes

El siguiente Stock, es el que se recomienda para un caso de mantenimiento para garantizar el buen funcionamiento:

<u>Descripción</u>	Cantidad
- Rodamientos delanteros	1
- Rodamientos posteriores	1

- Anillos ó sellos de aceites 4
- Escobillas del colector 4
- Resorte para sujetar las escobillas 2

- Interruptor de arranque

El interruptor de arranque del motor del compresor de nitrógeno (211.18.2M.01.20), posee las siguientes características:

- Marca Westinghouse
- Capacidad de tensión 200 V
230 V
460 V
575 V
- Frecuencia 60 HZ
- Potencia 150 HP
200 HP
400 HP
- Capacidad de interrupción 150 HP - 200 V
200 HP - 230 V
400 HP - 460 / 575 V

- Mantenimiento i reparación

El contactor es de fácil observación y puede ser examinado para una simple limpieza. La frecuencia de mantenimiento se hará cuando el equipo pare y las recomendaciones de mantenimiento son las siguientes:

- i) Debe ser aspirado o soplado para quitar el polvo de encima.
- ii) Es muy importante el chequeo de los contactos y ver si ha habido recalentamiento ó no.
- iii) Chequear la línea a tierra del interruptor.

- Stock mínimo

Como indicamos el Stock mínimo es importante para garantizar el buen funcionamiento:

<u>Descripción</u>	Cantidad
- Conductores (SHUNT)	2
- Capa de arco	1
- Contactos móviles	3
- Contactos estacionarios	3

4.3.1.4 Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión

El motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión (211.19.2M.10.10A), es el que da la alimentación forzada de aceite para la lubricación, sus características del motor eléctrico son:

- Fabricante	Brown Sharpe Co.
- Potencia	$\frac{1}{2}$ HP (0.37 KW)
- Velocidad	900 RPM
- Tensión	220 / 440 Volt.
- Fase	3
- Ciclaje	60 Hz

Con respecto al sistema de lubricación se realizará un chequeo cada 3 meses y en cada parada de la turbina de expansión. El uso de lubricantes para los rodamientos del motor puede ser cualquiera de los siguientes:

- Texaco Regal A F B-2
- Shell Albania R-3
- Mobil Mobilux EP-2
- Esso Lades M2

El sistema de mantenimiento que se sugiere es el siguiente:

- Hacer una limpieza total anualmente del motor.
- Junto con la limpieza realizar la lubricación

de los rodamientos.

- Los sistemas eléctricos deben ser limpiados en sus contactos.

- Stock mínimo

El stock mínimo que se recomienda es el siguiente:

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
- Rodamientos	2

4.3.2 Máquinas eléctricas de control

En este grupo se considera a todos los elementos que eléctricamente intervienen en el control y seguridad de la planta y tenemos los siguientes tipos:

- Elementos eléctricos tipo relé
- Elementos eléctricos de registro

4.3.2.1 Elementos eléctricos tipo relé

Los relés son conmutadores que conectan ó cambian el sentido de la corriente. Dentro de estos tipos de relé tenemos:

- Relé de alarma
- Relé de contacto
- Relé de control
- Relé indicador
- Relé de alarma

Estos relés de alarma, todos son de sistema mecánico. El sistema de trabajo son de prevención en caso de que algo no esté dentro de su rango de trabajo prevee y llama la atención, en nuestra planta en estudio tenemos los siguientes relés de alarma:

- Relé de alarma de alta temperatura
- Relé de alarma de nivel bajo

- Relé de alarma de nivel alto
- Relé de alarma de presión baja
- Relé de alarma de presión alta
- Relé de alarma de vibración alta
- Relé de alarma de flujo
- Relé de alarma de mal funcionamiento del motor eléctrico.
- Relé de alarma de alto contenido de hidrocarburos.
- Relé de alarma de múltiples funciones.

- Relé de contacto

Estos relés de contacto, están accionados por sistema mecánico. La forma de trabajo, entra en funcionamiento en la segunda parte de una parada de máquina. Una vez haya sonado la alarma, esto es cuando ha trabajado el relé de alarma, y no se ha tomado la acción preventiva ó correctiva, el relé de contacto entra en funcionamiento, haciendo que pare la máquina ó accione válvulas para by-pass.

Los siguientes son los relés de contacto que tenemos:

- Relé contacto de alta temperatura
 - Relé de contacto de nivel bajo
 - Relé de contacto de nivel alto
 - Relé de contacto de presión baja
 - Relé de contacto de presión alta
 - Relé de contacto de vibración alta
 - Relé de contacto de arranque
- Relé de control
- Los relés de control miden los flujos de líquidos, como la caída de presión y tiene un mando directo al compresor, en caso de que el nivel no esté normal. En nuestro caso tenemos lo siguiente:

- Relé de control de registro de nivel.
- Relé de indicador

Los relé de indicación son elementos que tienen energizados circuitos de simple ó doble alarma; cuando el medidor diferencial de presión excede los límites predeterminados. Estos límites pueden ser máximo, mínimo ó ambos. En el caso de control. De calor también tendrán límites de máxima ó mínima temperatura de los gases.

- Relé indicador de bajo fluido
- Relé indicador de temperatura

4.3.2.2 Elementos eléctricos de registro

Estos analizadores estan diseñados para medir ó controlar y registrar continuamente cantidades del elemento a analizar.

El analizador es específicamente para nitrógeno; de los registradores que tenemos en planta son los siguientes:

- Registros de análisis de nitrógeno
- Registros de análisis de pureza.

4.3.2.3 Mantenimiento de los elementos eléctricos de control

Con respecto al mantenimiento de los elementos eléctricos de control podriamos detallar sobre los desmontajes y calibraciones, pero indicare lo siguiente:

- i) Los registradores deben ser observados diariamente.
- ii) Las alarmas deben ser observados mensualmente.
- iii) Se recomienda anualmente realizar una calibración y limpieza de los elementos eléctricos de control. Todos los elementos eléctri

cos de control tienen en sus catálogos, las técnicas de desmontaje y montaje como también las técnicas de calibración y limpieza.

Con respecto al Stock mínimo de repuestos se recomienda adquirir un elemento de cada tipo de reles pero de registradores es muy costoso y se tiene un stock de partes.

4.4 Instrumentos

En el sistema de control y medición de la planta se emplea una instrumentación accionada eléctrica y/o neumáticamente y accionadas directamente por los fluidos o sus propiedades.

El "aire" de instrumentación es tomado de la corriente de nitrógeno producto gaseoso, durante operación normal y deshielo; mientras que para efectos de arranque se dispone aire de la planta. Estos instrumentos están instalados ya sea en el lugar de medición y/o panel.

Los instrumentos neumáticos, eléctricos y electro-neumáticos, son utilizados como mecanismos de control. Estos envían señales sensibles a los dispositivos, accionadores y estos a su vez accionan válvulas de control, válvulas eléctricas, válvulas de alivio u otros instrumentos de medida ó registro. Estos instrumentos pueden ser computadores analógicos de reloj ó simplemente de acción electroneumática.

Dentro de todo instrumento descrito en nuestra planta, tenemos:

- Válvulas
- Indicadores
- Reles
- Elementos para medición
- Registros

Transmisores

- Contactos
- Controles manuales
- Visor de flujo

4.4.1 Válvulas

La mayor cantidad de instrumento son del tipo válvulas, estos instrumentos dentro de sus funciones principales son los que controlan los sistemas de flujos. Dentro de las válvulas en nuestra planta tenemos los siguientes tipos:

- Válvulas de control
- Válvulas de presión
- Válvulas selenoides
- Válvulas de nivel
- Válvulas de temperatura
- Válvulas de flujo
- Válvulas de tiempo
- Válvulas de emergencia
- Válvulas de alimentación
- Válvulas de control

Las válvulas de control ubicadas en nuestra planta son:

- Válvulas de contro de flujos
- Válvulas de control de aire
- Válvulas de control de presión
- Válvulas de control de temperatura
- Válvulas de control de presión diferencial
- Válvulas de presión

En nuestra planta tenemos dos tipos de válvulas que son:

- Válvulas de presión de seguridad
- Válvulas de presión
- Válvula selenoide

En nuestra planta tenemos dos tipos de válvulas selenoides: un tipo funciona con un contactor de tiempo el cual sincroniza un conjunto de válvulas que deben abrir y cerrarse (Sistema de válvulas tipo conmutador) y el otro tipo es la válvula selenoide accionado por señales de control en el sistema de proceso.

- Válvulas de nivel

En la columna de alta presión, estas válvulas son de diafragma, también tenemos que indicar que estas válvulas han sido diseñados especialmente para servicio criogénico.

- Válvulas de temperatura

Las válvulas de temperatura son válvulas de diafragma y criogénicas estas válvulas actúan con los controles térmicos, de tal manera que pueden dar una señal a una válvula selenoide y actúa la válvula que normalmente es de una sola vía.

- Válvulas de flujo

Existen dos tipos de válvulas que son, válvulas de dos vías normalmente abiertos; lo cual indica que su funcionamiento común es de estar abierto; el otro tipo es la válvula de dos vías normalmente cerrado. Estas válvulas son de diafragma.

- Válvulas de tiempo

El sistema que tenemos en nuestra planta es un conjunto sincronizado de cuatro válvulas compuesta de un rele de tiempo. que de acuerdo a su programación en vía señales a las válvulas selenoide que accionan válvulas de mariposa en una forma sincronizada de crear dos vías, este sistema se usa en el sistema de válvulas tipo conmutador

(211.07).

- Válvulas de emergencia

Esta válvula trabaja mediante una válvula se-
le-
noide que da la señal para abrir la válvula de
emergencia. Esta válvula es de diafragma y su
acción es automática.

4.4.2 Indicadores

Los indicadores son instrumentos que se usan para
medir y controlar un proceso. Los indicadores son
~~instruemntos~~ que energizan una ó dos alarmas cuan-
do la medida exede determinados límites, estos lí-
mites pueden ser entre máximo o mínimo o ambos.

En nuestra planta tenemos los siguientes indicado-
res:

- Indicador de control
- Indicador de presión
- Indicador de flujo
- Indicador de nivel
- Indicador de temperatura
- Indicador de velocidad
- Indicador de control

En nuestra planta tenemos los siguientes indica-
dores de control:

- Indicadores de control de flujo
- Indicadores de control de nivel
- Indicadores de control de presión
- Indicadores de control de temperatura
- Indicadores de presión

En nuestra planta tenemos dos tipos de indicado-
res de presión que son:

- Indicadores de presión
- Indicador de presión diferencial.

- Indicadores de flujo

En nuestro caso son instrumentos del tipo rotámetro, como sabemos el rotámetro es un peso que se opone al movimiento del flujo, está contenido en un tubo cónico, la medida de caudal en estos rotámetros son directos.

- Indicador de nivel

Son visores donde directamente se puede ver el nivel de aceite ó algun otro elemento.

- Indicador de temperatura

En nuestra planta tenemos indicadores de temperatura de dos tipos que son: Indicador de temperatura bimetalico, el otro tipo de indicador de temperatura es del tipo de termo-resistencia este indicador determina las temperaturas que no son de fácil acceso, esto principalmente en los lugares ó piezas que estan totalmente aislados, su funcionamiento está basado en que los conductores eléctricos experimentan una variación de su resistencia con la temperatura que puede medirse con un puente Wheatstone.

- Indicadores de velocidad

El instrumento que usamos es el tacómetro y solo se usa en la turbina de expansión (211.19), su capacidad es de 10,000 R.P.M., es un tacómetro electrónico de tal manera que ante un problema de funcionamiento (su velocidad de 1,750 R.P.M.) va a dar una señal de alarma.

4.4.3 Relés

Los relés son instrumentos que actuan como conmutadores para energizar ó parar cualquier otra máquina, en nuestra planta tenemos los siguientes tipos de relés:

- Relé de contacto
- Relé de flujo
- Relé indicador de nivel
- Relé de control de nivel
- Relé de presión diferencial
- Relé de vibración de la turbina
- Relé de baja selección de nitrógeno
- Relé de contacto

En nuestra planta tenemos los siguientes relés:

- Relé de contacto de temperatura
- Relé de contacto de baja presión
- Relé de flujo

Mediante este instrumento se controla la circulación de aire antes del ingreso al compresor, para luego activar a los transmisores de presión y flujo.

- Relé indicador de nivel

Este instrumento trabaja en base a la diferencia de presiones, esta diferencia de presiones es causado por la variación de nivel del líquido en el almacenamiento de proceso. Estas mediciones son usados para indicar el nivel del líquido ó para el control de la altura.

- Relé de control de nivel

Tiene como finalidad mantener el nivel de nitrógeno mediante la conexión de otras válvulas que cierran y abren bajo la señal del relé de control de nivel.

- Relé de presión diferencial

Trabaja como elemento de seguridad y mantiene la presión en el turbo expansor (211.19), entre el gas de sello y el aceite de la turbina.

- Relé de vibración de la turbina

Es un protector de maquinaria de rotación de un daño que pudiera sufrir por el mal funcionamiento mecánico. El funcionamiento de este instrumento es en base a un relé que funciona y tiene un mando directo para la máquina y abrir las respectivas válvulas.

- Relé de baja selección de nitrógeno

Este relé selector de baja, acciona inmediatamente con la válvula de entrada y salida al tanque de transferencia LIN (211.11).

4.4.4 Elementos de medición

Los elementos de medición son instrumentos o partes fundamentales de un instrumento, dentro de estos tenemos los siguientes:

- Elemento para medir flujo
- Elemento de válvula de seguridad
- Elemento de temperatura

- Elemento para medir flujo

Son orificios que sirven para realizar una medida de presión y en este sentido se puede determinar la continuidad de flujo, en nuestra planta tenemos dos tipos de orificios los cuales son:

- Orificio para medir flujo
- Orificio para estrangular
- Elemento de válvula de seguridad

En su construcción son discos para el desfogeo de presión, una vez rotos estos discos es necesario el cambio completo.

- Elemento de temperatura

Es bimetalico y de instalación local, son muy im

portantes estos elementos ya que tienen conexiones con otros instrumentos y una acción de estos elementos dará ó pondrá en funcionamiento los otros instrumentos.

4.4.5 Registros

Los registros son instrumentos que determinan una señal gráfica en un determinado papel que indicará el comportamiento del proceso durante las 24 horas, en nuestro caso tenemos dos tipos de registros que son:

- Registro de análisis
- Registro de control
- Registro de análisis

Los registros de análisis son instrumentos que grafican los análisis continuos de los elementos, en este caso existen dos tipos de registradores de análisis:

- Registro de análisis de oxígeno
- Registro de análisis de nitrógeno

Ambos registradores determinan la pureza de ambos elementos (oxígeno y nitrógeno).

- Registro de control

Este registro de control trabaja con orificio y el control es mediante la diferencia de presiones. La primera función del registro de control que tenemos en planta es la de registro de control de flujo y dentro de su trabajo principal es mantener el proceso en un nivel fijado.

4.4.6 Transmisores

Los transmisores son instrumentos que tienen como función principal la de transmitir señales en un rango determinado para hacer funcionar otros instrumentos de control.

Estos transmisores son aplicables en fluidos en niveles y en otras aplicaciones que requieran su uso. En nuestra planta tenemos dos tipos de transmisores:

- Transmisor de flujo
- Transmisor de presión
- Transmisor de flujo

Es un instrumento que mide la diferencia de presiones y transmite esto como una señal de salida proporcional neumática.

- Transmisor de presión

Es un instrumento que mide presión y transmite presión en proporción.

4.4.7 Contactos

Los contactos son instrumentos que realizan la función de un conmutador en conectar y desconectar de terminados elementos como también permitir el funcionamiento o parar una máquina. En nuestra planta tenemos los siguientes contactos:

- Contacto de temperatura
- Contacto de presión baja
- Contacto de temperatura

Es un instrumento que controla la alta y baja temperatura del aceite evitando de esta manera que la máquina se pare por problemas de lubricación.

- Contacto de presión baja

El contacto de presión baja es un instrumento que controla la presión baja del aceite.

4.4.8 Controles manuales de indicadores

El control manual de indicadores es un instrumento

que de acuerdo a los requerimientos se puede manejar manualmente el indicador, osea es un regulador manual.

4.4.9 Visor de flujo

El visor de flujo es un instrumento transparente donde se puede divisar la corriente de nitrógeno que hace el sello de gas a la turbina de expansión, es muy importante este visor, por que también sirve para separar el aceite (por densidad) que puede mezclarse con el gas de sello para lo cual posee un dispositivo de purga.

4.4.10 Sistema de identificación de instrumentos

Es muy importante indicar, el sistema de identificación de los instrumentos, ya que se ha estandarizado casi a nivel internacional. En el cuadro N° 13, se muestra un esquema en el cual se describen terminos que tienen una letra como representación. Esto está hecho en base al idioma Inglés, pero es una norma que usa a nivel mundial. Así por ejemplo tenemos :

P S V - 54

Según el cuadro N° 13, se identifica como:

- La primera letra P, representa la medida que se hace; en nuestro caso representa presión, también puede estar acompañado de otra letra donde especifica ó indica a donde este orientado lo que modificará en cierta forma de otro significado, en nuestro caso S que reprenta seguridad (Safety).
- La segunda letra representa ya sea la función que realiza el instrumento ó una función de calidad ó que produce una función en nuestro caso es V que representa a una válvula (Valve), también esta letra puede ir acompañado de otra letra donde especificará, la función del instrumento prácticamente.

CUADRO N° 13

Primera Letra	<u>Segunda Letra</u>	Letras Sucesivas
A	ANALYSIS (Análisis)	ALARM (Alarma)
B		
C	CONDUCTIVITY (Conductividad)	CONTROL (Control)
D	DENSITY (Densidad)	DIFFERENTIAL (Diferencial)
E	VOLTAGE (Voltage)	ELEMENT (Elemento)
F	FLOW (Flujo)	RATIO (Proporción)
H	HAND (Manual)	HIGH (Alto)
I	ELECTRICAL (Eléctrico)	INDICATE (Indicador)
J	POWER (Potencia)	
K	TIME (Tiempo)	
L	LEVEL (Nivel)	LIGHT (Luz)
M	HUMIDITY (Humedad)	LOW (Bajo)
N	EMERGENCY (Emergencia)	MIDDLE (Medio)
O		
P	PRESSURE (Presión)	ORIFICE (Orificio)
Q	QUANTITY (Cantidad)	POINT (Punto)
R	RADIOACTIVITY (Radioactividad)	INTEGRATE (Integrado)
S	SPEED (Velocidad)	RECOR (Registro)
		SAFETY (Seguridad)
		SWITCH (contacto)

(Continúa Cuadro No 13 - Parte II)

T	TEMPERATURE (Temperatura)	TRANSMIT (Transmisión)
U	MULTIVARIABLE (Multivariable)	MULTIFUNCTION (Función Múltiple)
V	VISCOSITY (Viscosidad)	VALVE (Válvula)
W	WEICHT (Peso)	WELL (Bien)
X	SOLENOID (Selenoide)	
Y	VIBRATION (Vibración)	RELAY (Relé)
Z	POSITION (Posición)	DRIVE (Mover)

ticamente modifica el sentido genérico que tiene el instrumento.

Teniendo este cuadro N° 13, como referencia se puede poner en los planos las especificaciones del instrumento de tal manera que se pueda ubicar muy fácilmente.

4.4.11 Sistema de mantenimiento de instrumentos

Con respecto al sistema de mantenimiento de los instrumentos, su programa se encuentra ligado a la parada anual de la planta, cabe mencionar que los dispositivos ó instrumentos con más riesgo de fallar, se encuentran en stock, en los almacenes.

Con respecto a la forma de mantenimiento, esto se encuentra totalmente explícito en los manuales respectivos de cada instrumento. Existe un taller laboratorio donde se realizan los ajustes correspondientes a cada instrumento en sus diferentes formas.

4.5 Tuberías y accesorios

4.5.1 Tuberías

En nuestra planta en estudio, el sistema de tuberías es uno de los elementos más importantes dentro del sistema de proceso, el diseño de tuberías está adecuado a las maquinarias, de tal manera que su ubicación física no es un impedimento o no dificulta el mantenimiento adecuado. Para un conocimiento adecuado es necesario analizar los siguientes puntos respecto a nuestra planta:

- Fluídos
- Materiales de las tuberías
- Especificación de tuberías
- Fluídos

Los fluídos que se utilizan en el transporte por

las tuberías son los siguientes:

- Aire
 - Aire de purga
- Agua de refrigeración
- Aire de instrumentos
- Efluentes
- Influentes
- Condensados
- Aceite de lubricación
- Nitrógeno
- Oxígeno
- Expulsión de desperdicios

Estos son los únicos fluidos que recorren por nuestra planta. También cabe destacar los colores que son ó le corresponde a cada uno de los fluidos, esto es para identificar más fácilmente las diferentes tuberías.

Es muy importante que los fluidos tengan una sigla de identificación, ya que esto nos ayudará a ser prácticos dentro de las denominaciones. Por este hecho en el cuadro N° 14, mostramos a los fluidos con su sigla ó símbolo y también el color que determinan cada fluido.

- Materiales de las tuberías

Las tuberías que tenemos en funcionamiento en nuestra planta son de los siguientes materiales:

- Aleación de aluminio
- Acero al carbono
- Tubo de cobre
- Suministro de aire de instrumentos
- Acero inoxidable

En la tubería de la aleación de aluminio se tranporta el aire comprimido y los elementos a bajas temperaturas casi siempre esta tubería esta ais-

CUADRO N° 14

COLORES Y SIMBOLOS DE ELEMENTOS SOBRE LAS TUBERIAS

Fluido	Símbolo	Color
Aire	A	Azul
Agua de refrigeración	CW	Verde
Aire de Instrumentos	IA	Azul con franja violeta
Condensados	K	Verde con franja amarilla
Aceite de lubricación	L	Marrón
Nitrógeno	N	Amarillo con franja verde
Oxígeno	O	Amarillo con franja azul

lada para evitar el intercambio de calor, en este material también se circula el aire ya licuado para antes del fraccionamiento; también después del fraccionamiento, también por esta tubería circula nitrógeno líquido.

Las tuberías de acero al carbono es de usos múltiples, en nuestro caso se utiliza para transportar el aire, vapor y el transporte de nitrógeno gaseoso, los sistemas de lubricación donde se transporta aceite.

Las tuberías de cobre, se usa casi en su totalidad en los sistemas de refrigeración y en algunas para el transporte de aire licuado y nitrógeno líquido, donde la presión no es considerable.

Las tuberías de aire de instrumento, que tiene como material acero, son las líneas que transportan el aire para el sistema de instrumentación.

Las tuberías de acero inoxidable se tienen en uso muy limitado, muy particularmente en algunos tramos de oxígeno crudo y muy especialmente en la turbinas de expansión (211.19).

Para ser más práctico el reconocimiento de las diferentes tuberías, a cada tubería se le ha asignado un símbolo adecuado, según el cuadro N° 15, cada tubería tiene un símbolo.

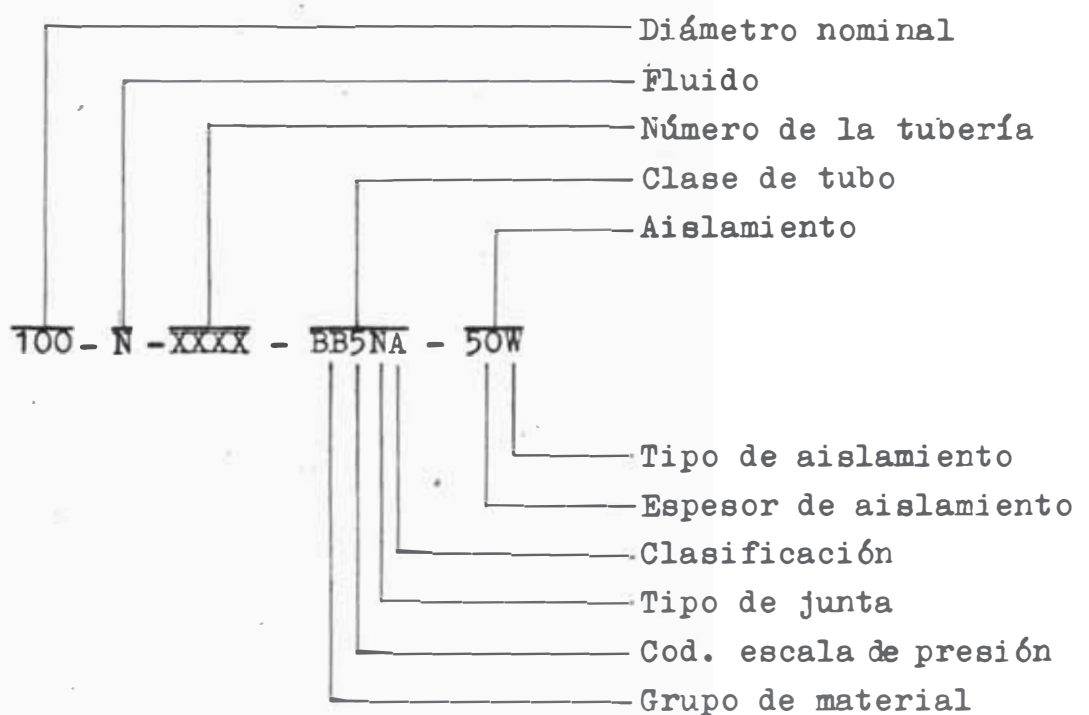
CUADRO N° 15

MATERIALES DE TUBERIAS

<u>Símbolo</u>	Denominación
AA	Aluminium Alloy (Aleación de aluminio)
CS	Carbon Steel (Acero al carbono)
CT	Copper Tube (Tubería de cobre)
IAS	Instrument Supply (Suministro de aire de instrumento)
SS	Stainless Steel (Acero Inoxidable)

- Especificación de tuberías

Todo el sistema de tuberías tienen una especificación para una identificación rápida con todos los detalles, esto en lo posible se ha enmarcado dentro de un sistema de especificación internacional. A continuación tenemos el tipo de especificación.



En el cuadro N° 16 tenemos la denominación de los aislantes a usar con su respectivo símbolo.

CUADRO N° 16

TIPO DE AISLAMIENTO	
<u>Símbolo</u>	<u>Denominación</u>
W, (V, T, U)	Aislamiento Calorífico
K, (G, H, I)	Aislamiento Frigorífico
B, (F, O)	Protección contra contactos
E, (Q)	Calefacción Eléctrico
D, Z	Calefacción de trazado a vapor
M	Calefacción de la camiseta

S	Calefacción interior
N, (X,Y)	Aislamiento Acuático
A	Protección contra Rayos
L	Aislamiento Anti-Condensados
C	Aislamiento Frigorífico con tubos frigorizantes
D (Z)	Acompañamiento de Vapor

4.5.2 Válvulas

Las válvulas que aquí indicamos se refieren a las válvulas que son controladas manualmente dentro de todo el sistema de proceso. Dentro de todas las válvulas tenemos los siguientes tipos:

- Válvulas tipo mariposa
- Válvulas tipo globo
- Válvulas tipo check
- Válvulas tipo de bola
- Válvulas tipo compuerta
- Válvulas tipo múltiple

Las válvulas tipo mariposa, es un tipo de válvula que tiene un disco que se mueve excentricamente y tiene sellos de plástico y metal. El siguiente es la cantidad de válvulas que tenemos:

VALVULAS TIPO MARIPOSA

Cantidad	Medida (DN)	Presión (Kg/cm ²)	Temp. (°C)
3	100 (mm)	10.5	-198
2	150 (mm)	10.5	-198
2	200 (mm)	10.5	-198

Las válvulas tipo globo llamadas también válvulas esféricas, están diseñadas, principalmente a la regulación de flujo. En nuestra planta tenemos las siguientes válvulas de globo:

VALVULAS TIPO GLOBO

Cantidad	Medida(DN)	Presión(Kg/cm ²)	Temperatura(°C)
31	6 (mm)	10.5	-198
2			38
1	12 (mm)	0.4	38
3		1.0	38
7		3.5	149
8		5.0	21
3			38
23		10.5	-198
28			38
9		35.0	38
3			121
2	20 (mm)	0.4	38
1		5.0	21
7			38
2		10.5	-198
2			38
2	25 (mm)	1.0	149
6		10.5	-198
2			38
2	40 (mm)	3.5	149
5		10.5	-198
5	50 (mm)	5.0	38
8		10.5	-198
1	75 (mm)	10.5	-198
			38

Las válvulas tipo check ó válvulas de retención se utiliza en tuberías verticales u horizontales para flujo ascendente. En nuestra planta las siguientes son las válvulas que tenemos:

VALVULAS TIPO CHECK

Cantidad	Medida(DN)	Presión(Kg/cm ²)	Temperatura(°C)
2	12 (mm)	Aceite	

1		10.5	-198
1			38
2	20 (mm)	10.5	-198
1	25 (mm)	Gas de sello	
3		10.5	-198
3			38
1	40 (mm)	10.5	-198
2			38
2	50 (mm)	10.5	38
1	100 (mm)	35.0	38
3	150 (mm)	10.5	38

Las válvulas tipo de bola es otro tipo con muchas variaciones, el cuerpo puede ser fácilmente maquinado de una barra hexagonal. En nuestra planta tenemos las siguientes válvulas tipo de bola:

VALVULAS TIPO DE BOLA

<u>Cantidad</u>	<u>Medida(DN)</u>	<u>Presión(Kg/cm²)</u>	<u>Temperatura(°C)</u>
16	12 (mm)	10.5	38
			93
2	20 (mm)	1.0	38

Las válvulas tipo compuerta se utilizan preferentemente para cerrar ó abrir por completo un paso ó conducto de fluido. En nuestra planta tenemos la siguiente cantidad de válvulas de compuerta:

VALVULAS TIPO COMPUERTA

<u>Cantidad</u>	<u>Medida(DN)</u>	<u>Presión(Kg/cm²)</u>	<u>Temperatura(°C)</u>
1	12 (mm)	0.4	38
1		1.0	38
1		5.0	21
9		10.5	38
1	20 (mm)	0.4	38
1		10.5	38
3	25 (mm)	10.5	38

2	40 (mm)	3.5	148
1	50 (mm)	10.5	-198
1			38
1	75 (mm)	10.5	-198
1		5.0	21
1			38
2	100 (mm)	10.5	38
1		35.0	38
2	150 (mm)	10.5	38

La válvula tipo múltiple es una válvula que tiene dos entradas y dos salidas esta válvula sirve para regular el caudal ya que siempre va antes que un instrumento de medición de diferencia de presiones. En nuestra planta tenemos las siguientes válvulas:

VALVULAS TIPO MULTIPLE

<u>Cantidad</u>	<u>Medida(DN)</u>	<u>Presión(Kg/cm²)</u>	<u>Temperatura(°C)</u>
3	6 (mm)	10.5	4
3			38

- Lubricación y sistema de mantenimiento

El sistema de lubricación se dá en ensambles de válvulas que son suministrados en los cuales se provee graseras de copa, para lubricar los hilos externos del vástago, una vez en cada semana de operación; gire las graseras de copa una vuelta completa para suministrar luoricación al vástago. Se recomienda usar los siguientes lubricantes:

- Lubri Plate 130-AA
- Mobilux E P - 7

Con respecto al sistema de mantenimiento de válvulas ya sean válvulas de operación, válvulas de descongelamiento, válvulas de prueba y válvulas de cierre; se recomienda tener siempre ajustando la empaquetadura ya sea reemplazando esta acti-

vidad se realizará continuamente teniendo en cuenta la presión. Podemos determinar que un mantenimiento se hará anualmente.

- Stock mínimo de válvulas

Para la determinación de este stock, se ha usado el criterio de la posibilidad de tomar como mínimo un 10% de la cantidad de válvulas de cada tipo.

Cant	Denominación	Dia N	Pres(Kg/cm ²)	Temp(°C)
1	Válvula de globo	6(mm)	10.5	-198
1	Válvula de globo	12(mm)	10.5	-198
1	Válvula de globo	12(mm)	10.5	38
1	Válvula de globo	12(mm)	35.0	38
1	Válvula de globo	50(mm)	10.5	-198
1	Válvula tipo bola	12(mm)	10.5	38
1	Válvula de compuerta	12(mm)	10.5	38

4.5.3 Bridas

Es muy importante hablar de las uniones de tuberías y accesorios y muy especialmente de la planta de fraccionamiento de aire, ya que en la mayor parte de sus conexiones ó uniones están soldados; esto se realiza en razón de la seguridad que debe tener el sistema ya que el fluido en la mayoría de los casos es frigorífico. Por las uniones en las válvulas tenemos las siguientes uniones:

- Brida para atornillar
- Soldados a presión
- Soldados con plata a las tuberías
- Atornillados a las tuberías

Las juntas se denominan de acuerdo a las normas DIN adecuandola todo el sistema.

5

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

El cometido de mantener la nueva y compleja maquinaria funcionando con plena capacidad y eficiencia, está, desde luego, a cargo del personal de mantenimiento.

En su forma más moderna el mantenimiento consiste en tratar de mantener la máquina, como nueva. Esto significa reemplazar piezas y lubricantes previamente a la ocurrencia de las fallas y componentes que aún pueden funcionar aceptablemente por algún tiempo.

El programa de mantenimiento de cualquier fábrica, donde su producción se centra en funcionamiento de maquinarias, es muy importante una organización adecuada dentro del seguimiento a seguir; dentro de ello se podrá poner su ejecución los programas de mantenimiento fundamentales que son:

- Programa preventivo
- Programa correctivo
- Programa de reemplazo
- Programa de lubricación

Estos programas lo desarrollaremos en base al análisis operacional de nuestra planta, ya que esto determinará el buen o mal funcionamiento de la planta por consiguiente, la garantía de producción.

5.1 Organización del mantenimiento

La organización óptima del mantenimiento se alcan-

za al obtener un control estricto y pormenorizado de todas las acciones de las actividades de mantenimiento dentro de esto figura principalmente el papeleo como parte fundamental de la organización. A continuación estaremos describiendo estos papeles como una ayuda importante.

5.1.1 Manual de registro de equipos

La primera tarea para organizar un mantenimiento es el registro de los equipos en este registro debe asentarse toda la información concerniente al equipo, donde esta incluido en detalle la fabricación de cada equipo, con sus respectivas características y condiciones de trabajo como calibración para el trabajo. Dicho registro está realizado en un manual que es el elemento principal para nuestras reparaciones. El registro ha sido ubicado con nuestro sistema de codificación.

5.1.2 Orden de trabajo

Un elemento fundamental es la orden de trabajo, dentro de la planificación y programación la orden de trabajo desempeña el factor necesario para la responsabilidad de la planificación. En nuestra planta se ha diseñado dos modelos de orden de trabajo que son:

- Orden de trabajo de los Departamentos de Mantenimiento Mecánico, Instrumentación y Eléctrico.
- Orden de trabajo del Departamento de Maestranza.

Estas ordenes de trabajo se han realizado en base a la actividad que tienen los diferentes departamentos y se han detallado en forma amplia las actividades que puedan resolver. El diseño de estas ordenes se han hecho de acuerdo a las necesidades de planta.

- Orden de trabajo para Departamentos de Manteni-

miento Mecánico, Instrumentación y Eléctrico.

En la figura N° 17, podemos ver la orden de trabajo. Cada parte o pieza de los equipos de planta están identificados con su respectivo código. Las ordenes de trabajo que estamos especificando hechas por secciones, algunos impresos y algunos blancos. Ellos llegan a la operación de planta con secciones pre-impresas con la siguiente información específica:

- Orden de trabajo, contiene la descripción completa de la tarea de mantenimiento que se va a realizar.
- Vencido desde, si la orden ha sido vencida el dato en el cual la tarea originalmente ha sido programado, es recordado en esta sección.
- Fecha, contiene el mes en el cual la orden es programado para ser ejecutado.
- Frecuencia, contiene la frecuencia de la orden en meses.
- Número de orden, contiene el número de la tarjeta.
- Tipo, contiene un indicador "NOR" representando una tarea normal (una tarea que puede ser ejecutado mientras la planta esté en funcionamiento), un indicador "PAR" representando una orden que se efectuará en parada y un indicador "URG" que representa una orden que debe ser realizado en el acto ya que puede involucrar una parada de producción.
- Planta, este cuadro contiene una fácil localización de la planta que está representada por su código.
- Equipo N°, en este cuadro se presenta el número ó código de la máquina que se va ha reparar.
- Tarea N°, esta sección da la lista de números de secuencias los cuales se identifica con el

número hallado en el registro histórico.

Las siguientes secciones están para ser llenados en base a cada cumplimiento de las ordenes de trabajo se realizará el personal de planta.

- Fecha, en este cuadro va la fecha que la orden fue terminada de hacer.
- Tiempo usado, es el tiempo que se ha determinado para la tarea.
- Acción tomada, en este recuadro contienen descripciones que se van a tomar como un resultado de la inspección. El personal de mantenimiento marcará con X el cuadro correspondiente para las acciones descritas se ha codificado del 51 al 76 con tres espacios libres para poder especificar otras acciones.
- Anotado en record, en el cuadro N° 68 de acciones pre-impresas, está determinado para descripciones de mantenimiento que se hagan en las tarjetas de registro directamente.
- Razón para diferir, en los cuadros codificados del 81 al 90, contienen impresos descripciones de razones porque una orden es diferida. Si la tarea es diferida, el personal de mantenimiento marcará con X en el cuadro apropiado indicando la razón.
- Material usado/observaciones, cualquier comentario pertinente ó concerniente que fue hallado se ha estado ejecutando, las tareas de mantenimiento debe ser puesto en este recuadro. El uso de esta sección es fomentar como información acumulada, provechosa para una futura referencia.
- Ejecutado por, esto está previsto para la firma del personal de mantenimiento que realiza la orden.
- Jefe de departamento, jefe de división; está previsto para la firma del personal de mantenimien-

ORDEN DE TRABAJO

ENCIDO DESDE FECHA FRECUENCIA N° ORDEN

TIPO PLANTA EQUIPO N° TAREAN°

FECHA TIEMPO USADO
 DIA MES AÑO HORAS MINUTOS

ACCION TOMADA RAZON PARA DIFERIR MATERIAL USADO/OBSERV.

51 Ajustado	60 Lim. za	69 Reistrado	NO DEMANDA DEL	
52 Alineado	61 Lubricado	70 Rehabilita o	81 CORRESPOND	86 CONSUMIDOR
53 Calibrado	62 Llenado	71 Reparado	82 NO DISPONIBLE	87 DEMANDA DE
54 Cambiado	63 M. ametreado	72 Secado	83 PARADO	88 POSPUESTA
55 Che ueo	64 Pintado	73 Tensado	84 NO PROBADO	89 REPROGRAM.
56 Desmontaje	65 Probado	74	85 FUERA DE	90 TRABAJO NO
57 Evaluado	66 Recargado	75	USO	JUSTIFICADO
58 Ins ección	67 Reemplazado	76		
59 Lava o fuera	68 ANOTADO EN R CORD			

EJECUTADO POR JEFE DE DEPARTAMENTO JEFE DE DIVISION

to.

- Orden de trabajo para el Departamento de Maestranza.

El departamento de Maestranza, por su naturaleza de actividad, requiere una orden de trabajo diferente de las otras ya que radica en reconstrucción y construcción de partes y/o elementos de maquinarias. Al igual que la orden anterior tenemos partes pre-impresas donde se tiene que llenar después de cada orden de trabajo efectuado; a continuación tenemos la figura N° 18 de donde podemos describir:

- Orden de trabajo.
- Número de orden
- Fecha; es el día, mes y año en que la orden es programada para ser ejecutada.
- Tipo; al igual que la orden de trabajo anteriormente descrita, este recuadro puede contener un indicador "NOR" representando una tarea normal. (Una tarea que puede ser ejecutado mientras la planta esté en funcionamiento), un indicador "PAR", representando una tarea que se ejecutará cuando la planta está parada, y un indicador "URG" que representa una orden que debe ser realizado en el acto por necesidad de producción.
- Planta.
- Equipo N°.
- Tubería N°; en este recuadro se representa el número ó código de la tubería que se va a reparar, (es importante esto ya que por los años de trabajo y la cantidad de tuberías, requiere interés.).
- Fecha; en este cuadro va representado el día, mes y el año en que la orden fue terminada de

ejecutar.

- Mano de obra; en este cuadro está contenido por los operarios que intervienen en la ejecución de la orden de trabajo. Se ha puesto en un número de 6 personas después de una observación continua que se ha realizado en la ejecución de las diferentes ordenes. Este recuadro será llenado por el Jefe del Departamento de Maestranza.
- Ocupación; este cuadro será llenado paralelamente con el cuadro de mano de obra donde está indicado la ocupación de cada operario que interviene en la ejecución de la orden de trabajo, por ser de importancia en la buena ejecución de la orden.
- Tiempo usado; después de realizado la tarea se ajustará el tiempo utilizado por cada uno de los operarios que han realizado la tarea de reparación.
- Materiales; en este recuadro se colocará todos los materiales a usar en la orden de trabajo está especificado en cuanto a la cantidad a usar de un determinado material, también es necesario, incluir los costos de material por la cantidad a usarse.
- Jefe de Departamento y Jefe de División; son los espacios determinados para la utilización y el visto bueno para la orden de trabajo.

5.1.3 Notas de Pedido

La nota de pedido de salida de almacén es un modelo para las necesidades de sacar materiales o realizar un pedido, en nuestro caso tenemos que realizar pedidos al almacén y pedidos de compra.

5.1.3.1 Pedido interno

La nota de pedido interno u orden de salida de al-

ORDEN DE TRABAJO

ORDEN N°

FECHA

PLANTA

TIPO

EQUIPO N°

TUBERIA N°

FECHA

DIA

MES

AÑO

MANO DE OBRA

OCUPACION

TIEMPO USADO

HORAS

MINUT.

MATERIALES

NT. UNIDAD

DESCRIPCION

COSTO

JEFE DE DEPARTAMEN.

JEFE DE DIVISION

macenes es un modelo para retiros de piezas suministrados y materiales. En la figura N° 19 tenemos la nota de pedido que usamos en la planta de la cual tenemos los impresos siguientes:

- Número del pedido; tiene el número de pedido que se realiza, se iniciará con una serie de 0001.
- Planta.
- Orden de trabajo; en este espacio se colocará el número de la orden de trabajo, para lo cual se requiere los materiales.
- Fecha.
- Destino; se especificará en forma escueta en donde ó que máquina se usará el material a sacar, esto es en forma referencial.
- Cantidad.
- Unidad; es la unidad de medida del material que se saca, puede ser litros, metros, piezas, etc.
- Descripción; se describirá el material a sacar ya sea en repuestos poniendo su código ó clave de cada material para que el almacenero pueda especificar al realizar el pedido.
- Jefe de departamento; es la persona que dará el permiso para sacar material i/o repuestos.
- Jefe de División; es el que autoriza una salida de material i/o repuestos.
- V° B° Gerencia; cuando el monto equivalente sobre pasa el valor de 10 millones de soles (10,000 intis), necesariamente tendrá que tener el visto bueno del Gerente Operativo respectivo.
- Observaciones; en este espacio se colocará algún detalle que se requiere poner para especificar conceptos ó indicar instrucciones.

5.1.3.2 Pedidos de compra

El pedido de compra puede originarla cualquier jefatura ó alguna otra persona responsable X autorizada

para pedir los artículos que necesita. En caso de la División de mantenimiento, tenemos una manera concreta de realizar los pedidos de compra, esto en virtud a un chequeo en almacenes donde indica la no existencia de los elementos necesarios para el debido mantenimiento y ejecución de las ordenes de trabajo. En nuestro trabajo tenemos dos tipos de pedidos de compra:

- Nacional
- Internacional
- Pedidos de compra nacional

Los pedidos de compra nacionales normalmente, se efectúa para materiales que se pueden adquirir en el mercado nacional. En nuestro pedido de compra tenemos los siguientes impresos para ser llenados, según la figura N° 20.

- Número; es el número de secuencia de todas las notas de pedido.
- Planta N°.
- Fecha; es el día, mes y año en que se realiza dicho pedido de compra.
- Fecha en que se necesita; es el día, mes y año que se requiere el pedido que se está realizando para la ejecución de la orden de trabajo.
- Cantidad.
- Unidad.
- Descripción; en este espacio se colocará la descripción ó características de material, pieza y herramienta, etc., que se está pidiendo.
- Jefe de Departamento; es el que realiza el pedido de los materiales, piezas, etc.
- Jefe de División; es el que dá el visto bueno para la adquisición del pedido de compra.
- Pedido de compra internacional

El pedido de compra internacional, está hecho pa

ra una adquisición en el extranjero, básicamente para la adquisición de repuestos de las diferentes máquinas. Este formato es muy importante ya que mediante ello estaremos garantizando la existencia de repuestos en almacén. También podemos indicar al respecto que este formato facilita a la División de Logística a realizar una programación de adquisiciones. En la figura N° 21 podemos ver los siguientes impresos en los respectivos recuadros:

- Número.
- Página; en este recuadro estará indicando el número de la página comenzando de 1, esto en razón de que la lista de repuestos de una determinada máquina puede ocupar toda la página y poder pasar ó hacer página nueva.
- Fecha.
- Planta.
- Máquina N°.
- Descripción; en este recuadro irá la descripción en forma literal de la máquina para lo cual se está pidiendo repuestos esto es para mejorar la inmediata ubicación.
- Fabricante; aquí irá el nombre de los fabricantes o el fabricante de la máquina, el cual deberá suministrar los repuestos que se están pidiendo, en lo posible el fabricante garantiza el suministro de repuestos esto según el contrato.
- Item; es un término bastante usado dentro de estos sistemas de adquisiciones. En este recuadro indicará el número secuencial en el pedido de compra.
- Cantidad.
- Designación; en este espacio irá la designación que tiene cada parte de la máquina donde de

NUMERO

PED DO DE COMPRA

PAG.

FECHA

PLANTA

MAQUINA N°

DESCRIPCION

FABRICANTE

TEM CANT.

DESCRIPCION

EFE DE DEPARTAMENTO

JEFE DE DIVISION

Grafico N°21

acuerdo a planos tamoién irá la posición o la ubicación. Aquí se puede detallar el material y otras características de los repuestos a pedir.

- Jefe de Departamento y Jefe de División; en estos recuadros irá la firma de los responsables de los pedidos a realizar.

Es importante mencionar que este formato solo se usa para la División de Mantenimiento ya que solo está diseñado para aspectos de repuestos.

5.1.4 Tarjetas de registro histórico

Las tarjetas de registro histórico prevee un lugar por record de comentarios en ejecución de mantenimiento en un tempo. otro que cuando fue programado. Las tarjetas de registro histórico puede ser consultados por la última fecha de ejecución. Las tarjetas de registro histórico prevee al jefe de planta con un método uniforme y permanente de mantenimiento un record histórico de ejecución de mantenimiento por cada orden de trabajo. Las tarjetas de registro histórico en el cual decide ya sea frecuencias y los costos pueden ser reducidos. Las tarjetas de registro histórico en el cual decide ya sea frecuencias y los costos pueden ser reducidos. Las tarjetas de registro histórico prevee una referencia en la estimación de mano de obra requerida para calcular su presupuesto de mantenimiento. Las tarjetas de registros históricos sirve como fuente de información para analizar máquinas paradas imprevistamente y mostrar maneras de mantenimiento. Las tarjetas pueden ser juntas para recordar al jefe de planta, los items requeridos de atención prioritaria. En las tarjetas deben anotarse los problemas crónicos planteados y las soluciones ó acciones correctivas correspon-

dientes.

En la figura N° 22 se ha diseñado una tarjeta de acuerdo a las necesidades de registro histórico de nuestras máquinas, en los impresos realizados tenemos lo siguiente:

- Equipo.
- Frecuencia; aquí indica la frecuencia ó cada que tiempo se debe revisar ó mantener, esto es muy importante ya que cuando se revisa se pueda detectar y programar el mantenimiento respectivo.
- N° tarjeta.
- Fabricante; en este recuadro irá el nombre del fabricante de la máquina.
- Planta.
- Equipo.
- Tarea; a cada tarjeta del registro histórico de cada máquina se le ha asignado un número como tarea, esto para poder resumir los costos por cada orden de trabajo, también principalmente para organizar el mantenimiento preventivo.
- Reparación; en este recuadro irá todas las acciones que se han tomado en relación a una máquina.
- Fecha; aquí se indica el día, mes, año en que se ha terminado la orden de trabajo, por tanto será un indicador para hacer una programación futura.
- Tiempo usado.

Debemos indicar que esta tarjeta de registro histórico, es prácticamente el resumen de las ordenes de trabajo ejecutados.

5.1.5 Tarjeta de lubricación

Una correcta lubricación de las máquinas asegura su funcionamiento prolonga la vida útil de las piezas expuestas a fricción y reduce el consumo de energía. Para obtener lo anterior hay que trazar

REGISTRO HISTORICO

EQUIPO		FRECUENC. N° TARJET.	
FABRICANTE		PLANTA EQUIPO N° TAREA	
REPARACION			
	FECHA		TIEM.USADO
	DIA	MES AÑO	HORAS MIN.
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			

Gráfico N° 22

un plan de lubricación para lo cual se ha diseñado una tarjeta de lubricación por cada máquina. En la figura N° 23 la tarjeta de lubricación tiene los siguientes impresos:

- Máquina.
- N° tarjeta; es el número secuencial de las tarjetas de lubricación
- Planta.
- Equipo N°.
- Lubricante; en este recuadro irá ubicado las características más importantes del aceite ó grasa que se usa para lubricar.
- Frecuencia; aquí indicará los espacios de tiempo en que se debe lubricar la máquina esto es muy importante para realizar la programación respectiva.
- Puntos de lubricación; en este espacio se encontrará detallado los puntos donde se va a lubricar también p ede ser un depósito en caso de los aceites.
- Capacidad; en este recuadro se encontrará indicado la cantidad de uso de cada máquina ya sea de aceite ó grasa, mediante este recuadro se puede programar las necesidades de lubricación que se requieren.
- Fecha; en este recuadro se escribirá el día, mes y año que se realiza el cambio ó relleno de aceite.
- Marca; en este recuadro estará indicado la marca del lubricante que se está usando.
- Cambio; es un recuadro donde se colocará una marca X, cuando se realice un cambio de lubricante cuando le llegue el tiempo para tal efecto.
- Relleno. se colocará una marca X, cuando solo se agregue ya sea por consumo o escape en algún lugar del lubricante.

TARJETA DE LUBRICACION

MAQUINA

Nº TARJETA

LUBRICANTE

PLANTA

EQUIPO Nº

FRECUENCIA

PUNTOS DE LUBRICACION

CAPACIDAD

FECHA

MARCA

CAMBIO RELLE. OBSERVACION

FEC. DE CA.

FIRMA

es Año

Dia es Año

- Observaciones; siempre existen imprevistos cuando se llevan los cambios ó agregados de aceite, este recuadro está hecho para realizar o descubrir estos imprevistos que en muchos casos son importantes para cambio de una marca.
- Fecha de cambio; de acuerdo a la frecuencia de cambio ó de observación se puede determinar la futura fecha de inspección ó cambio de lubricante.
- Firma; en este recuadro irá la firma del operario que realiza la inspección ó cambio del lubricante.

5.1.6 Cronogramas de trabajo

En la planificación es frecuente el uso de diferentes métodos, en nuestro caso estamos usando el método de las gráficas de GANTT, por lo cual hemos diseñado dos tipos de otros gráficos que también son llamados cronogramas de trabajo:

- Cronogramas de trabajo para la parada anual.
- Cronogramas de trabajo para paradas de emergencia.

El análisis de estos cronogramas lo estamos detallando en el párrafo 5.4.

- Cronogramas de trabajo anual

Estos cronogramas se han elaborado para las paradas anuales donde están incluidos todos los trabajos a realizarse durante el tiempo de parada anual. Dentro de los cuales está impreso lo siguiente en la figura N° 24:

- Departamento; en este espacio se escribirá el nombre del Departamento que corresponde el cronograma ya que existirá uno por cada Departamento.

dicado el año el cual corresponde a la parada anual para el mantenimiento de reemplazo.

- N° de Tarea; es esta columna irá escrita la tarea con que está identificada cada tarjeta de registro y está coincidente con las máquinas a realizar mantenimiento.
- Planta.
- Descripción; en esta columna estará descrito la actividad básica a realizar, indicando la máquina a inspeccionar ó reparar.
- Orden de trabajo; en esta columna irá inscrito el número de la orden de trabajo para la ejecución de la tarea correspondiente.
- Tiempo de duración; en este espacio irá la indicación del tiempo de trabajo donde cada recuadro representa un día laborable de 8 horas. Normalmente las paradas anuales están programadas para 30 días laborables razón por la cual este espacio está dividido en 30 espacios. En la parte superior está en blanco para ser llenado por el día correspondiente en el desarrollo de las actividades.
- Personal; en esta columna estará indicado los diferentes grupos de trabajo para las diferentes tareas indicando al jefe de grupo ó al responsable.
- Inicio de actividades; en este espacio irá indicado la fecha del inicio de actividades.
- Fecha; en este recuadro irá indicado la fecha el que se ha presentado el cronograma de o, esto siempre es presentado con un tiempo a la parada anual para realizar el

S.

acio irá la
a anual.

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO:

TIEMPO DE PARADA:

MAQUINA

PLANTA MAQUINA Nº Nº ORD. TRAB. Nº TAREA

DESCRIPCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	PERSONAL
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----------

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

de la ejecución de estos trabajos.

El cronograma de trabajo anual se realizará en formato grande para que sea visible el avance del trabajo. El cronograma de trabajo de emergencia se realizará en formato A4, ya que se requiere ser manipulado y consultado constantemente.

5.1.7 Resumen anual de paradas

Anualmente se realiza un resumen de las paradas que se han efectuado para lo cual se ha diseñado un formato, ya que mediante este formato se podrá evaluar eficiencia de la División de Mantenimiento. En la figura N° 26 en sus impresos indica lo siguiente:

- Fecha; en esta columna se escribirá el día, el mes y el año en que sucede la parada hasta el día mes y año que se arranca nuevamente la máquina, planta ó la fábrica.
- Planta.
- Máquina.
- Razón; en esta columna se indicará la razón que ocasiona la parada de la máquina ó planta.
- Area responsable; en esta columna se designará al area que está directamente involucrado en relación de las paradas por máquina.
- Insidencia en la producción; en esta columna se colocará la palabra SI y NO, con respecto a que puede existir merma ó no en la producción.
- Tiempo.

Este formato se hará circular como forma referencial ante los diferentes Jefes de Departamentos y a la Gerencia Técnica.

5.1.8 Administración de personal

En la fábrica la administración de personal lo realiza

RESUMEN ANUAL DE PARADAS

FECHA

DESDE HASTA PLANTA MAQUINA

Día Mes Año Día Mes Año

RAZON

AREA

RESPONSABLE

INSID. TIEM

EN

LA

PROD. HRS. MIN.

liza la Gerencia de RR.II., pero el seguimiento lo realiza cada jefe de División, sobretiempos, vacaciones, etc, lo autoriza el jefe de División.

Para estos efectos se han diseñado boletas diferentes como son:

- Boletas de sobretiempos
- Boletas de permiso
- Resumen de mano de obra de cada persona y de la División de Mantenimiento en su totalidad.

5.1.8.1 Boleta de Sobretiempo

Las boletas de sobretiempos son documentos que se giran después de haber realizado trabajos fuera del horario normal en nuestro caso tenemos la figura N° 27 donde en sus impresos indica lo siguiente:

- Boleta de sobretiempo N°; en este espacio irá indicado el número correlativo de las boletas.
- Nombre del trabajador.
- Departamento; este espacio está para indicar el nombre del departamento al que pertenece el trabajador.
- Cargo; en este recuadro irá el cargo que ocupa el trabajador.
- Turno; en este espacio estará indicado el turno en el cual se ha desarrollado el respectivo sobretiempo, ya que normalmente se desarrollan 3 turnos de labor, cada turno de 8 horas, en mantenimiento se trabaja normalmente el primer turno.
- Pago económico; estas boletas normalmente están hechas para efectuar la autorización y visaciones respectivas, lo cual la palabra pago económico está enmarcado como único pago al sobretiempo al girar esta boleta.
- Fecha de sobretiempo; en este espacio irá indica-

BOLETA DE SOBRETIEMPLO

NOMBRE DEL TRABAJADOR		Nº DE BOL.	
DEPARTAMENTO		TURNO	PAGO ECONOMICO
CARGO		FECHA DE GIRO	
HRS. DE SOB.		DIA	MES AÑO
HRS.	MIN.	DIA	MES AÑO
MOTIVO:			

Jefe de Departamento

Gerente Técnico

Jefe de División

Jefe de Personal

do el día, mes y año, fecha en el cual se ha realizado el sobretiempo.

- Horas de sobretiempo.
- Fecha de giro; en este recuadro irá indicado el día, mes y año, en el cual se está girando la boleta de sobretiempo.
- Motivo; en este espacio estará detallado la razón por el cual se ha realizado el sobretiempo respectivo, este motivo indicará la suficiente razón para autorizar el sobretiempo:
 - Jefe de Departamento
 - Jefe de División
 - Gerente Técnico
 - Jefe de Personal

Estos espacios están destinados a las rúbricas de los responsables del pago económico del sobretiempo.

5.1.8.2 Boleta de permiso

La boleta de permiso es un elemento en el cual se autoriza la salida del personal fuera de los límites de la fábrica. Es así que se ha diseñado una boleta de permiso, en la figura N° 28 se representa la boleta que en sus impresos indica lo siguiente:

- Nombre del trabajador.
- Número; este recuadro indicará la secuencia de las boletas de permiso.
- División; en este recuadro irá indicado la división a donde pertenece el trabajador que solicita.
- Departamento.
- Cargo.
- Clase de permiso; en este recuadro están indicados los permisos. Los permisos están tipificados de 6 maneras, cada permiso tiene un recuadro

BOLETA DE PERMISO

NOMBRE DEL TRABAJADOR		NUMERO	
DIVISION		CARGO	
DEPARTAMENTO			
CLASE DE PERMISO			
Tramite en el IPSS	Sindical	Misión de servicio	
Salud	Particular	Otros	
FECHA DE SALIDA		FECHA DE REGRESO	
Dia	Mes	Ano	Hora
Minuto	Dia	Mes	Ano
Minuto	Minuto	Hora	Minuto
OBSERVACION:			

Autorizado

Vº Bº

a su lado izquierdo y al que corresponde se le colocará un signo, determinando el tipo de permiso.

- Fecha de salida; aquí se colocará la fecha del momento en que sale. Determinando el día, mes i año, hora y minuto correspondiente.
- Fecha de regreso; en este recuadro se colocará el día, mes, año, hora y minuto, en que el trabajador retorna al centro de labor.
- Observaciones; en este espacio se colocará algún aspecto que quiera enfatizar ó indicar que esté relacionado con la boleta de permiso.
- Autorizado.
- V° B°; estos espacios están para la rúbrica de los responsables que son los 2 más inmediatos jefes.

5.1.8.3 Resumen de mano de obra

El resumen de mano de obra es muy importante por cuanto es un documento que sirve para contabilizar y justificar los costos fijos de mano de obra. En nuestra División existe dos tipos de mano de obra:

- Mano de obra personal
- ~~Mano de obra de la División~~
- Mano de obra personal

La mano de obra personal se realiza diario para acumular durante un mes. En la figura N° 29 en sus impresos indica lo siguiente:

- Nombre; en este espacio se colocará el nombre del operario de quien se realiza la mano de obra.
- Número; en este espacio se indica el número del trabajador. Cada trabajador de la fábrica está identificado con un número.
- Mes; en este espacio estará indicado el mes co

CONTROL DE MANO DE OBRA

NOMBRE:

MES:

CARGO:

DEPTO:

Nº:

DIAS DEL MES

OTAL

PLANTAS

01 02 3 4 05 06 07 8 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

110 Tratamiento de agua

211 Fraccionamiento de r

310 Alta Tensión

410 Electrólisis

510 Síntesis

610 Acido Nítrico

710 Nitrato de Amonio

810 Molienda

910 Ensacado

010 Talleres

020 Oficinas administrativas

050 Control de Calidad

060 Comedor y
almacenes

rrespondiente, al que se está haciendo el resu
men de la mano de obra de cada trabajador.

- Departamento; en este recuadro se colocará el Departamento al cual pertenece el trabajador.
- Cargo,
- Planta.
- Día del mes; en este lugar se colocará los días del mes y se ubicará la labor en una planta y el tiempo de duración del trabajo, luego se to
talizará las horas por plantas.
- Mano de obra mensual de la División

En este formato se resumirá las horas totales mensuales que se han usado en una determinada planta así se pueden sacar los costos aproximados del area de mantenimiento respecto a las otras plantas. El formato lo indicamos en la figura N° 30 dentro de sus impresos podemos indicar lo siguiente:

- Mes.
- Año; en este espacio indicará el año en que se está realizando estos informes de acuerdo a las areas.
- Plantas.
- Departamento de Mantenimiento; en esta columna estará indicado el nombre de los cuatro departamentos de mantenimiento. Mediante la mano de obra personal en sus totales trabajados se llega a sumar de los trabajadores y según al area en que trabajan se ubicará la suma total de horas utilizadas en cada planta.

5.2 Programa de Mantenimiento Preventivo

Para la puesta en marcha de un programa de mantenimiento preventivo, es indispensable comprender la importancia del mismo dentro de una política de

INFORME MENSUAL DE MANO DE OBRA

MES:														
ANO:														
_____ Jefe de División														
PLANTAS	110	211	310	410	510	610	710	810	910	010	020	050	060	TOTAL
MANTENIMIENTO MECA.														
MAESTRANZA														
ELECTRICO														
INSTRUMENTACION														

Tratamiento de agua

Fraccionamiento de aire

Alta Tension

Electrolisis

Sintesis

Acido Nitrico

Nitrate de Amonio

Molienda

Ensayado

Talleres

Oficinas administrativas

Control de Calidad

Comedor y Almacenes

mantenimiento preventivo.

Los problemas relativos al mantenimiento de máquinas y equipos y sobre todo dentro de mantenimiento preventivo involucran básicamente inventario de mejor eficiencia y mayor productividad; estos conceptos se apoyan en una buena organización y políticas adecuadas y bajo cuales se llevaran a cabo las tareas de la División de Mantenimiento.

Se puede ver claramente que para tomar decisiones y/o encontrar soluciones a los problemas que plantea en mantenimiento, es necesario contar con historia, que nos permita evaluar las características de nuestra política de mantenimiento.

Podemos notar entonces que un sistema de un programa de mantenimiento preventivo es importante desde el punto de vista que genera información histórica y puede evaluar estos datos dando para nuestros que ayudan a tomar decisiones sobre información confiable y rápida.

El sistema de mantenimiento preventivo orientado a las necesidades de la fábrica constituye todo un aporte a mejorar y optimizar los medios informativos de la División de Mantenimiento de la fábrica.

5.2.1 Objetivos

El sistema como auxiliar de la División de Mantenimiento satisface todas las necesidades de información que requiere este.

- I) Genera información histórica
 - a) Horas standard para cada tarea
 - b) Costo hora hombre standard
 - c) Horas hombre utilizada para el Mantenimiento Preventivo.
 - d) Costos utilizados por repuestos del Mantenimiento Preventivo.

- e) Costos de materiales utilizados por mantenimiento.
- f) Gastos generales.
- II) Obtener cuadros de frecuencia de mantenimiento preventivo.
- III) Obtener registros históricos de maquinaria y equipo.
- IV) Obtener información de todas las descripciones de actividades a realizar por el mantenimiento Preventivo, clasificado por la ubicación de la maquinaria y equipo por mes y por semana en las frecuencias de atención correspondiente a cada máquina.
- V) Información técnica de atención que se prestó a cada máquina.
- VI) Cuadro de totales de hora de máquina parada por mantenimiento preventivo.
- VII) Evaluación de costos totales por mantenimiento preventivo.

5.2.2 Generalidades

El inicio del sistema de mantenimiento preventivo es la captura o reccección de toda la información contenida en los registros que están permanentes que se relacionan con las características de la maquinaria, instalación, etc.

Para el tratamiento de esta información se han considerado varias alternativas de trabajo:

- I) Conocer la información de máquinas ó equipos al mínimo detalle.
- II) Conocer la información más importante.
- III) Las recomendaciones de los fabricantes.
- IV) Una visita al sitio de la planta y analizar el equipo instalado como se ha realizado es necesario para preparar una descripción del mantenimiento preventivo.

V) Esta descripción del mantenimiento preventivo incluye la determinación de frecuencia de inspección y determinación de frecuencia de tareas existentes.

5.2.3 El sistema del programa de mantenimiento

Teniendo en cuenta los párrafos anteriores de objetivos y generalidades podemos desarrollar el programa de mantenimiento. El siguiente programa de mantenimiento pensamos que es de acuerdo a las necesidades de la empresa; este sistema se ha estado diseñando durante cuatro años que estoy a cargo de la División de Mantenimiento.

Es muy importante aclarar que mediante un conocimiento pleno de las máquinas y sus componentes y el funcionamiento han hecho de que se realicen los respectivos proyectos para el mantenimiento. En razón de todo lo dicho se ha realizado inicialmente el diagrama de flujo con respecto a una posible computarización del programa de mantenimiento.

5.2 3.1 Diagrama de flujo del sistema de mantenimiento preventivo

Siendo uno de los sistemas de diagramas de flujo de mas uso y prácticos; se ha realizado para el programa de mantenimiento preventivo con diagrama dentro del movimiento de nuestra información que se realiza. Así la figura N° 31 es un diagrama que puede ser modificado por requerimientos de necesidad y prácticos.

- Descripción del diagrama de flujo

El diagrama de flujo tiene determinado las siguientes etapas:

Análisis crítico de las operaciones

En el capítulo cuatro en su integridad hemos ana

lizado las operaciones en su forma más crítica logrando información importante para el programa de mantenimiento.

Manual de máquinas

Anteriormente se ha indicado que existe un manual donde todas las máquinas están registradas con todos sus parámetros de montaje y operación. Donde fácilmente se puede hallar cualquier máquina.

Archivos de trabajo y operaciones

Se ha tenido que revisar los archivos e informes de trabajo que se han realizado, también existe los informes de operación desde la puesta en marcha de la planta, de estos archivos se ha logrado sacar información muy importante para nuestro propósito.

Fijar frecuencia

En esta etapa se ha fijado la frecuencia de mantenimiento de cada máquina con el análisis crítico de operaciones, archivos de trabajo y operaciones y el manual de máquinas como ordenador se han sacado estadísticamente la frecuencia que cada máquina debe tener para su respectivo mantenimiento programado.

Ordenes de trabajo

En la figura N° 17 ha determinado el modelo de Orden de Trabajo, que estamos usando y ya se ha descrito sus impresos en detalle. Teniendo el conocimiento de la frecuencia determinada por máquinas comenzamos a desarrollar las ordenes de trabajo. Estas ordenes de trabajo deben salir el último día hábil de la semana de trabajo para poder el lunes en cada Departamento realizar la ejecución o la programación semanal de acuerdo

a su disponibilidad. Al elaborarse esta orden de trabajo, tienen el visto bueno del jefe de División de Mantenimiento y autorización del jefe del Departamento al momento de realizar la entrega a la persona responsable. Esta orden de trabajo se programa en 3 copias de tal manera una se queda con el operario, otra para el archivo del jefe de Departamento y otra va a jefatura de la División de mantenimiento, su formato es de A5, totalmente manuable. Es también importante indicar que las ordenes de trabajo se sacan de acuerdo al tipo de trabajo.

Chequeo

Una vez transmitidas las ordenes de trabajo a cada jefe de Departamento estos disponen la orden a sus trabajadores reciben las ordenes de trabajo y realizan un chequeo según los datos que están impresos en la orden de trabajo.

Factibilidad de trabajo

Una vez que los obreros ó los técnicos reciben la orden de trabajo y previa ubicación del trabajo a ejecutarse tiene que ver la factibilidad de que se pueda realizar el trabajo. En las ordenes de trabajo existe unos recuadros donde dan las posibles razones para que el trabajador pueda diferir entonces, existen la factibilidad de ejecutar la orden y la no factibilidad de ejecutar la orden. Ante la no factibilidad de trabajo se tiene que posponer la fecha, previamente el personal de mantenimiento pondrá una X en el recuadro correspondiente, indicando la razón para diferir. Solo las tareas de planta ó máquina parada pueden ser pospuestos.

Posponer fecha

Cuando una orden de trabajo no es factible de ejecutar esta orden tiene que retornar a la jefatura de la División que previo análisis se reprograma o sea esta orden debe de tener otra fecha donde debe ejecutarse la orden de trabajo.

Información de mantenimiento

Cuando existe la factibilidad de trabajo se debe llenar los recuadros de la orden de trabajo donde indica acción tomada se marcará con X los recuadros correspondientes, de esta información realizada existen dos acciones a tomar una de ellas es análisis i diagnóstico y otra posible es sustitución de componentes.

Analisis y Diagnostico

Después de ejecutar las ordenes de trabajo siempre es necesario el análisis de las acciones, este análisis es muy importante ya que los resultados que obtengamos podremos hacer futuras programaciones ya que en muchos casos en cada reparación ó acción de mantenimiento preventivo se puede determinar el tipo ó grado de dificultad que ha presentado la máquina frente al desarrollo de la tarea. Consecuentemente al análisis se puede hacer un diagnóstico de la máquina que se ha reparado y esto es importante porque determinará las acciones tuturas de prevención y el estado en que se encuentra la máquina es necesario este diagnóstico para poder llevar a cabo las inversiones futuras.

Optimización de los límites de frecuencia

Teniendo elementos de juicio después de haberse hecho el análisis y diagnóstico se puede dar el caso de que sea necesario cambiar el ritmo ó la frecuencia del programa de mantenimiento. Por

ejemplo una aceleración de desgastes nos permite, acortar el tiempo ó frecuencia para el mantenimiento preventivo.

Sustitución de componentes

Otra acción a tomar después de la información de mantenimiento, puede ser el de sustitución de componentes. En muchas máquinas cuando llega a un desgaste acentuado se da el caso de reconstruir ó sustituir los elementos de la máquina, la parte más costosa es la de sustituir estos elementos.

Ver repuestos

Una vez que se haya determinado la sustitución de partes se realiza el pedido necesario a almacenes casi siempre no se ha tenido problemas en encontrar el repuesto necesario ya que se ha cuidado de mantener el stock mínimo; siempre existe las dos posibilidades de haber y no haber repuestos lo cual determinará a tomar otras acciones.

Pedido de repuestos

En caso de no haber repuestos para cumplir una orden de trabajo inmediatamente se formula la adquisición de repuestos y se formulan en original y dos copias; una copia queda en la jefatura de División otra copia con el jefe del Departamento respectivo y el original va a almacenes. Cuando se hace el pedido de repuestos la orden de trabajo se archiva indicando en observaciones la no existencia de repuestos y luego se pone fecha para este mantenimiento. Todo esto se hará cuando la planta ó la máquina este parada.

Tarjeta de reporte

Cuando existe el repuesto necesario para el can-

bio en la máquina se ha realizado un cambio sin demora y se ha cumplido con ejecutar la tarea programada de mantenimiento preventivo. Este cambio irá anotado en la orden de trabajo en el recuadro de observaciones para tener referencia ya que es importante dentro de la evaluación de la orden de trabajo.

Tarjeta de registro histórico

La información que está contenida en las ordenes de trabajo después del análisis y diagnóstico se transfiere a las tarjetas de registro histórico. Estas tarjetas hacen ventajoso un resumen histórico para referencia. La tarjeta de registro histórico es compatible con la descripción de la orden de trabajo. Las tarjetas de registros son elementos que mediante su información histórica aparece la mano de obra que puede ser utilizado para una futura orden de trabajo y por consiguiente se puede determinar su presupuesto.

Recordar la fecha en ordenes de trabajo

Una vez de que se ha llenado toda la información importante a las tarjetas de registro histórico se reformulan las próximas fechas de las ordenes de trabajo mediante la frecuencia que se tiene en el mantenimiento de cada máquina y una vez programado su mantenimiento se realiza la orden de trabajo y su ejecución como ya se ha descrito. También tenemos que tener en cuenta que el éxito de este sistema siempre dependerá de la continuidad e importancia con que se haga el seguimiento.

5.2.4 El mantenimiento preventivo mecánico

La descripción que se realizó anteriormente se aplica en los tres departamentos de mantenimiento

por consiguiente ya no se va a describir el procedimiento del programa. Actualmente el departamento de mantenimiento Mecánico tiene 22 personas, un jefe y un supervisor, 13 técnicos y 7 ayudantes, todos ellos están obligados a la ejecución de las ordenes de trabajo.

5.2.4.1 Frecuencias de mantenimiento mecánico

Con respecto a la frecuencia para el programa de mantenimiento se ha tenido que revisar archivos y manuales para determinar un tiempo prudencial en la frecuencia, en el capítulo de análisis crítico de las operaciones se ha considerado estos aspectos y de cada máquina se ha puesto su frecuencia de mantenimiento preventivo, en el cuadro N° 32 tenemos la programación de mantenimiento preventivo: (ver cuadro N° 32).

Teniendo en cuenta el cuadro podemos llegar a construir el programa de mantenimiento:

- Diario y parada de planta:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno

- Semanal y parada de planta:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.01.10.01.12	Filtro de aire
211.19.10.10.10	Turbina de expansión

- Mensual:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire

- Cada 6 meses:

<u>Código</u>	<u>Maquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire

CUADRO N° 32

FRECUENCIAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECANICO

Código	Máquina	Frecuencia	Observación
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Semanal	Chequeo
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Diario y parada de planta	
		1 mes	Según manual
		6 meses	Según manual
		1 año	Según manual
211.02.10.01.10I	Silenciador	1 año	Planta parada
211.02.10.01.10J	Bomba de aceite	1 año	Según manual
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite	1 año	Según manual
211.06.10.06.19	Sistema de válvulas tipo chek	1 año	Según manual
211.07.10.06.20	Sistema de válv. tipo conmutador	1 año	Según manual
211.08.10.06.50	Silenciador	1 año	Planta parada
211.15.10.17.20A	Ambiente para vaporizar el		
211.15.10.17.20B	nitrógeno líquido	1 año	Planta parada
211.17.10.01.50	Silenciador	1 año	Planta parada
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Diario y parada de planta	
		6 meses	Chequeo
		1 año	Según manual
			Según manual

(Continúa Cuadro N° 32 - Parte II)

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>	<u>Frecuencia</u>	<u>Observación</u>
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Semanal y parada de planta 1 año	Según manual Según manual

- 1 año:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire
211.02.10.01.10I	Silenciador
211.02.10.01.10J	Bomba de aceite
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite
211.06.10.06.19	Sistema de válvulas tipo chek
211.07.10.06.20	Sistema de válvulas tipo con- mutador.
211.08.10.06.50	Silenciador
211.15.10.17.20A	Ambientes para vaporizar el
211.15.10.17.20B	nitrógeno líquido
211.17.10.01.50	Silenciador
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno
211.19.10.10.10	Turbina de expansión

En el programa de mantenimiento diario y de parada de planta, el operador tiene formatos adecuados para llenar. En estos formatos se escriben las condiciones de operación de planta. Cuando se tiene que realizar las paradas estos datos son chequeados por el jefe de la División de Operaciones y el jefe de la División de Mantenimiento.

El programa semanal, mensual, 6 meses (semianual) requiere programación de ordenes de trabajo. El programa preventivo anual, se realiza en el programa preventivo anual, se realiza en el programa de reemplazo anual.

5.2.4.2 Manual de mantenimiento preventivo mecánico

El manual de mantenimiento preventivo esta preparado por el jefe de la División de Mantenimiento. Este programa está realizado en base a la experiencia y a los datos de los manuales y se ha clasificado por el tiempo de frecuencia, en el cuadro N° 33 se ha realizado el manual correspondiente al

CUADRO N° 33

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECANICO

Código	Máquina	Tipo	Fecha		Año
			Día	Mes	
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	03	06	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	04	06	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	10	06	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	11	06	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	17	06	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	18	06	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	25	06	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	26	06	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	02	07	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	02	07	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	03	07	85
211.01.10.01.10	Filtro de aire	Nor	09	07	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	10	07	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	16	07	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	17	07	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	23	07	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	24	07	85

(Continúa Cuadro N° 33 - Parte II)

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	30	07	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	31	07	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	02	08	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	06	08	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	07	08	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	13	08	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	14	08	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	20	08	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	21	08	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	27	08	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	28	08	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	02	09	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	03	09	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	04	09	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	10	09	85
211.10.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	11	09	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	17	09	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	18	09	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	24	09	85

(Continúa Cuadro N° 33 - Parte III)

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	25	09	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	02	10	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	03	10	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	04	10	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	10	10	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	11	10	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	17	10	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	18	10	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	24	10	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	25	10	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	31	10	85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Nor	03	11	85
211.09.10.01.10	Turbina de expansión	Nor	04	11	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	05	11	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	08	11	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	11	11	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	15	11	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	18	11	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	22	11	85

(Continúa Cuadro N° 33 - Parte IV)

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	25	11	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	29	11	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	02	11	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	04	12	85

año 1985. Esto está en perfecta concordancia con la política de la jefatura y lineamientos concernientes al mantenimiento mecánico necesario para la operación eficiente.

Se inicio en el mes de junio por que hubo una parada en los meses de Abril y Mayo y se comenzó a arrancar la fábrica el 27-05-85. Esta programación se realizó por seis meses, por la razón de que pueda ser necesario una reprogramación por razones de las ordenes de trabajo como también puede haber la posibilidad de alguna parada por razones de la Central Hidroeléctrica ya que sin este medio de energía no puede funcionar la fábrica.

Viendo todas estas posibilidades fue necesario programar por el tiempo de seis meses. Teniendo en consideración de que no existen los problemas que hemos mencionado anteriormente procedemos a programar los futuros cinco meses. Indicamos los cinco meses faltantes por que tenemos en consideración un mes de parada para la ejecución del programa de mantenimiento de reemplazo.

Esta segunda programación también es susceptible a los problemas que hemos mencionado. En el siguiente cuadro N° 34 estaremos programando la siguiente parte del manual de mantenimiento preventivo mecánico.

5.2.5 El mantenimiento preventivo eléctrico

El diagrama de flujo descrito en el punto 5.2.3.1 con respecto al sistema de mantenimiento preventivo es la mecánica de aplicación para este mantenimiento eléctrico. El Departamento Eléctrico, tiene para su responsabilidad a 17 personas, dentro de los cuales existe un jefe, un asistente y 4 supervisores de turno con 4 tableristas, estos supervi-

CUADRO N° 34

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MECANICO

Código	Máquina	Tipo	Fecha		Año
			Día	Mes	
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	06	12	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	09	12	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	13	12	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	16	12	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	20	12	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	23	12	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	27	12	85
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	30	12	85
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	03	01	86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	06	01	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	07	01	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	10	01	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	14	01	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	17	01	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	21	01	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	24	01	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	28	01	86

(Continúa Cuadro N° 34 - Parte II)

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	01	02	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	05	02	86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	06	02	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	08	02	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	12	02	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	15	02	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	19	02	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	22	02	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	26	02	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	01	03	86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	08	03	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	11	03	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	12	03	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	18	03	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	19	03	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	25	03	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	26	03	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	01	04	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	02	04	86

(Continúa Cuadro N° 34 - Parte III)

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Nor	08	04	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	09	04	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	10	04	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	61	04	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	17	04	86
211.01.10.01.12	Filtro de aire	Nor	23	04	86
211.01.10.01.12	Turbina de expansión	Nor	24	04	86
211.09.10.10.10	Filtro de aire	Nor	30	04	86
211.09.10.10.10	Turbina de expansión	Nor	02	05	86

sores y tableristas estan encargados del suministro de energía eléctrica, por lo cual no realizan tareas de mantenimiento preventivo, por lo tanto tenemos 7 personas a disposición para la ejecución de las ordenes de trabajo. La capacidad de estos operarios son suficientes.

5.2.5.1 Frecuencias de mantenimiento eléctrico

En el capítulo 4.3 se ha realizado, un análisis de las operaciones en máquinas eléctricas en base a este análisis y bajo una revisión de archivos y los manuales respectivos, se ha determinado una frecuencia apropiada para el mantenimiento de cada máquina dentro del sistema preventivo. En el cuadro N° 35 se encuentran las frecuencias para el mantenimiento preventivo eléctrico. (Ver cuadro N° 35)

Teniendo las frecuencias de mantenimiento de cada máquina en el cuadro, podemos construir ó diseñar nuestro programa de mantenimiento, de lo cual tenemos lo siguiente:

- Diario y parada de planta:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.10K	Motor de la Bomba de aceite del compresor de aire
211.19.2M.10.10A	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión registradores.

- 1 mes:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
	Alarmas

- 3 meses:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire

CUADRO N° 35

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRICO

Código	Máquina	Frecuencia	Observaciones
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	3 meses	Chequeo Según manual
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite	6 meses	Chequeo según manual
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Cada parada de planta anualmente	Chequeo según manual
211.19.2M.13.10A	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión	3 meses	Chequeo según manual
	Máquinas eléctricas de control	6 meses	Chequeo según manual
	Registadores	1 año	Chequeo según manual
	Alarmas	Cada parada de planta anualmente	Chequeo según manual
		Diario	Chequeo
		1 mes	Chequeo
		1 año	Calibración

211.18.2M.01.20 Motor del compresor de nitrógeno

- 6 meses:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire
211.18.2M.01.11	Motor del compresor de nitrógeno

1 año:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del compresor de aire.
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno
211.19.2M.10.10A	Motor de la Bomba de aceite de la turbina de expansión. Máquinas eléctricas de control

Como indicamos en el programa diario y de parada de planta, los operarios de planta tienen unas hojas con formatos para llevar diariamente este control, estas hojas son chequeadas por el jefe de la División de Mantenimiento, por consiguiente, para estos chequeos no se giran ordenes de trabajo.

El programa de mantenimiento mensual se requiere que se gire la orden de trabajo por la importancia de los elementos que requieren dicho mantenimiento. El programa de mantenimiento mensual se requiere que se gire la orden de trabajo por la importancia de los elementos que requieren dicho mantenimiento.

El programa de mantenimiento trimestral y semianual, requieren que se giren ordenes de trabajo, estos serán diferentes a los otros que tuviesen

una frecuencia menor.

El programa de mantenimiento anual, se realiza con el programa de mantenimiento de reemplazo.

5.2.5.2 Manual de mantenimiento preventivo eléctrico

El manual de mantenimiento preventivo eléctrico está preparado de acuerdo a las descripciones y a la programación que se realizó anteriormente. Esta programación lo realiza el jefe de la División de Mantenimiento listando tareas específicas de mantenimiento para cada equipo ó máquina eléctrica, la programación que se ha realizado anteriormente es la base de este manual de mantenimiento preventivo conociendo las frecuencias para que puedan ser inspeccionados se ha realizado, un manual para un año (1985-1986). Este manual es compatible con la filosofía operacional de las ordenes de trabajo. En el cuadro N° 36 tenemos el manual.

Como indicamos esta programación comienza a partir del 27-05-85, que es el día que arrancó la fábrica después del mantenimiento anual. Este manual de mantenimiento preventivo eléctrico, puede ser modificado de acuerdo a los problemas que se ha indicado. Por ser corto el programa de mantenimiento, es que se ha realizado para los 11 meses de funcionamiento, ya que para el mes de mayo de 1986, se ha programado el mes de mantenimiento de reemplazo (parada anual).

5.2.6 El mantenimiento preventivo de instrumentación

En el departamento de instrumentación existen 13 servidores que realizan ó se responsabilizan del mantenimiento de instrumentos, existen un jefe y un asistente y 4 personas en los turnos, por lo tanto son 7 los técnicos encargados del trabajo de mantenimiento en el primer turno, estos técni-

CUADRO N° 36

MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO ELECTRICO

Código	Máquina	Tipo	Fecha		
			Día	Mes	Año
(Todas)	Alarmas	Nor	01	07	85
(Todas)	Alarmas	Nor	30	07	85
(Todas)	Alarmas	Nor	29	08	85
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Nor	27	08	85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Nor	31	08	85
(Todas)	Alarmas	Nor	27	09	85
(Todas)	Alarmas	Nor	28	10	85
(Todas)	Alarmas	Nor	27	11	85
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Nor	28	11	85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Nor	29	11	85
(Todas)	Alarmas	Nor	27	12	85
(Todas)	Alarmas	Nor	27	01	86
(Todas)	Alarmas	Nor	27	02	86
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Nor	28	02	86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Nor	01	03	86
(Todas)	Alarmas	Nor	01	04	86
(Todas)	Alarmas	Nor	02	05	86

cos son suficientes, como para poder asumir la reparación.

Con respecto al mantenimiento preventivo podemos indicar que se encuentra muy limitado ó prácticamente no existe, la razón fundamental que no existe maquinaria en Stand-By y su funcionamiento es las 24 horas del día. Por esta razón el mantenimiento se realiza en los programas de mantenimiento de reemplazo (mantenimiento anual) y al programa de mantenimiento correctivo; pero existe el chequeo diario de la mayoría de los instrumentos, esto se realiza mediante la información que se realiza de las operaciones del sistema de proceso en la planta; analizando las condiciones del proceso se puede determinar el buen ó mal funcionamiento de los instrumentos, teniendo que ser chequeados diario por el jefe de la División de Mantenimiento, los informes de las condiciones de proceso.

5.2.7 La maestranza en el programa de mantenimiento preventivo

El departamento de Maestranza, está conformado por 16 personas, un jefe, un supervisor y 14 operarios ó técnico en los diferentes oficios. La función del departamento de maestranza en el mantenimiento preventivo es de apoyo a los tres departamentos antes mencionados, en labores de reconstrucción ó construcción de partes. Por consiguiente su función principal es en el mantenimiento correctivo y el mantenimiento de reemplazo (anual).

5.3 Programa de mantenimiento de reemplazo

Uno de los programas importantes dentro de la División de Mantenimiento es el programa de Mantenimiento de Reemplazo, en este programa se paraliza la producción; pero esta paralización es programada a diferencia de una paralización por falla.

Se le denomina mantenimiento de reemplazo porque siendo necesario ó teniendo una frecuencia de falla se puede evitar una paralización mayor de tiempo. El éxito de este programa de mantenimiento estará basado en la organización del respectivo programa y en la existencia de un Stock de repuestos.

5.3.1 Organización del programa de mantenimiento de reemplazo

Con el objeto de un programa exitoso del trabajo de mantenimiento de reemplazo está incluido un planeamiento previo con las máximas ventajas, para lo cual son requeridas diferentes clases de información que son básicas. El resultado final de esta actividad es el desarrollo de una lista ó rol formal de trabajo que deberá ser hecho, teniendo en consideración el tiempo requerido para el desarrollo del programa, el número de hombres disponibles. Esta planificación debe tener procedimiento de mejoramiento en los resultados finales.

5.3.1.1 Programación para el mantenimiento

Esto es uno de los puntos más importantes para el desarrollo del programa. Nosotros anteriormente realizamos el programa de reemplazo, de acuerdo al mantenimiento de la Central Hidroeléctrica, ya que nuestro funcionamiento está basado en el suministro de 24 MW a 138 KV, potencia que no podemos reemplazar por energía termoeléctrica por ser sus costos elevados. Teniendo estos aspectos se considera lo siguiente:

- i) El tiempo requerido (como indicaremos después) es el de 30 días hábiles ó laborables. La posibilidad de ser más de 30 días tendría un efecto sobre el programa de producción de la fábrica; pero para nuestro fin sería asegurar

las actividades del desarrollo del programa de mantenimiento de reemplazo. La posibilidad de que sea menos de 30 días se puede reducir a un mínimo de 20 días programando una labor de 12 horas diarias; pero esta posibilidad no se ha dado anteriormente pero sería favorable para la producción y no tanto para el desarrollo del programa de mantenimiento de reemplazo.

- ii) El programa de mantenimiento de reemplazo debe tener la frecuencia del año. Este programa también se usa para aprovechar que cierta cantidad del personal de operaciones salga de vacaciones y se quede solo el personal más impresindible para la limpieza de las máquinas y limpieza de tanques, chutes, líneas, etc., tenemos que tener en cuenta esta programación; porque se realiza en base a las recomendaciones de los fabricantes. Por la frecuencia de un año a este programa se le llama programación de mantenimiento anual.
- iii) El mes que se escoge durante el transcurso del año ha sido modificado recientemente. Anteriormente se realizaba en el mes de Marzo y/o Abril por las siguientes razones:
- La Central Hidroeléctrica tiene dos turbinas Francis de producción de 20 MW cada una y suministra energía a la fábrica (24 MW) y a la ciudad y durante el año no se le hace mantenimiento.
 - En el mes de marzo y abril caen las lluvias mas intensamente y el rio se carga traendo consigo el limo (cuarzo), que no puede ser detenido en los desarenadores y este limo acelera más el deterioro de los alabes, la

intensidad de energía no es estable lo cual produce muchas paradas y como consecuencia la fábrica también para. Por este hecho era importante hacer un mantenimiento de la Central y nosotros también realizamos una parada.

- Hoy en día se ha ampliado la central con tres turbinas Pelton (26 MW c/u), lo cual es muy fácil tener en Stand-by cualquier turbina. Por este hecho nosotros en esta oportunidad escogemos la fecha más ideal. Para la jefatura de la División de Mantenimiento la fecha ideal es el mes de mayo. Por que en este mes las lluvias cesan y en el mes de marzo existe un horario de verano en el sector de empleados y se pierde mucha mano de obra. Por consiguiente a partir de este año se realizará el mantenimiento anual en el mes de mayo. Es importante indicar por que se le denomina programa de mantenimiento de reemplazo; se le denomina así porque en esta parada se realizan los chequeos respectivos de cada máquina y donde se nota los desgastes que superan los márgenes de confiabilidad, se cambian ya que una parada en plena producción traería pérdidas de producción, como hemos analizado anteriormente. Nuestras máquinas trabajan las 24 horas del día y no están en Stand-By por el alto costo de estas.

5.3.1.2 Manc de Obra

La mano de obra es uno de los elementos fundamentales para llevar a cabo la ejecución del programa de mantenimiento anual, tenemos que considerar que para el programa de mantenimiento anual ó de reem-

plazo, se contrata personal eventual y también el personal de operaciones en una mínima cantidad, dan el apoyo a la División de Mantenimiento en sus diversos departamentos.

Otro aspecto que se debe mencionar es el sistema de trabajo que varía en este programa de mantenimiento anual con respecto al trabajo de rutina, en este caso se realizan equipos de trabajo encargados cada uno de trabajos específicos, en cada caso existe el jefe de grupo, responsable del trabajo que se designa para dicho grupo. Podemos indicar que en la forma siguiente se conforma los diferentes departamentos respecto a su mano de obra disponible.

- Departamento de mantenimiento mecánico:

La composición del personal del departamento de mantenimiento mecánico es de 22 personas; pero para el desarrollo del programa de mantenimiento anual se ha considerado la necesidad de contar con 57 personas, conformadas de la siguiente forma:

- 1 Jefe de Departamento
- 1 Supervisor y/o asistente
- 15 Jefes de grupos (primeros mecánicos)
- 15 Segundos mecánicos
- 25 Ayudantes

- Departamento de Maestranza:

La composición normal de este Departamento es de 16 personas; pero por razones del programa de mantenimiento anual; es necesario incrementar el personal en cantidad de 30 personas que está distribuido de la siguiente forma:

- 1 Jefe de departamento
- 1 Asistente

- 2 Soldadores especialistas
- 4 Mecánicos de Banco
- 4 Maquinistas de herramientas
- 3 Carpinteros
- 2 Operarios de obras civiles
- 4 Soldadores de segunda
- 9 Ayudantes

Para el caso específico de la planta de fraccionamiento de aire, se requerirá del de maestranza según la programación a realizarse ya que el Departamento de Maestranza es de apoyo según las especialidades.

- Departamento Eléctrico:

El Departamento Eléctrico dentro de su composición normal es de 17 trabajadores; pero por razones del Mantenimiento anual, se requiere la cantidad de 27 trabajadores, distribuidos en los diferentes grupos de trabajo. Lo siguiente es la forma de distribución:

- 1 Jefe de departamento
- 1 Asistente de departamento
- 8 Jefes de grupo
- 8 Segundos electricistas
- 9 Ayudantes

Los diferentes grupos están repartidos en las diferentes plantas encargados de sus respectivas maquinarias de reajustes.

- Departamento de Instrumentación:

El departamento de instrumentación en su composición normal esta constituido por 13 trabajadores para el desarrollo del programa de mantenimiento anual se requiere el concurso de más trabajadores, para integrar los diferentes grupos de trabajo, es así que se conforma de 17 trabajadores

para desarrollar las actividades del mantenimiento anual y está conformado de la siguiente forma:

- 1 Jefe de Departamento
- 1 Asistente y/o supervisor
- 5 Jefes de grupo
- 5 Segundos instrumentistas
- 5 Ayudantes.

5.3 1.3 Sistema de Herramientas

Dentro del sistema de organización y para el éxito del programa de mantenimiento de reemplazo ó anual uno de los elementos fundamentales es la existencia de herramientas y en buen estado.

En la fábrica el sistema de herramientas está centralizado en un almacén de herramientas que está a cargo de un empleado. Lo siguiente es una relación de las herramientas en existencia:

- Alicates (Presión, aislados, mecánico y pinzas)
- Brocas (Hasta de 400 mm)
- Cautin
- Desarmadores
- Expandidor
- Extractor
- Llaves (Corona, boca, daño, etc)
- Martillos (Bola, carpintero, etc)
- Machos
- Niveles
- Palas
- Tijeras de hojalata
- Serruchos
- Palancas
- Gatas (Hasta de 5 Tn)
- Tecles (Hasta de 5 Tn)
- Limas

- Sierras
- Instrumentos de medición
- i otras herramientas que no detallamos.

El personal obrero saca las herramientas mediante un vale y se le devuelve cuando regresa las herramientas. Hay herramientas que son de uso exclusivo en los diferentes departamentos y están bajo la responsabilidad de los respectivos jefes de cada departamento, por ejemplo el Osciloscopio está a cargo del jefe del departamento de instrumentación, etc.

5.3.2 Stocks Mínimos

Los stocks mínimos, son el gran apoyo para cualquier programa de mantenimiento, más si se trata del programa de mantenimiento de reemplazo.

En la fábrica, el control de los stocks mínimos, está a cargo del jefe del departamento de almacenes y está asesorado por jefe de la división de mantenimiento. Para la existencia de éstos stocks mínimos es necesario tener un catálogo de piezas, tener conocimiento de los stocks mínimos de cada máquina y los materiales necesarios para el desarrollo de los programas de mantenimiento.

- Catálogo de piezas

Con el objeto de permitir a la División de Mantenimiento determinar rápidamente si una pieza requerida está a la mano, todas las piezas para cada parte de equipo en las plantas estan enlistados por número de planta y códigos de equipo.

Tal lista también es muy útil cuando se planea el programa de mantenimiento de reemplazo con el objeto de determinar si una pieza requerida estará disponible; si no está disponible se puede tomar las medidas para asegurar esa pieza tan

pronto como sea posible. El mantenimiento de reemplazo, no deberían ser iniciadas excepto en una emergencia, hasta que la pieza esté en almacén. Incluida con la lista están los dibujos de las piezas para cada equipo, haciendose de este modo simple la obtención de la información correcta para ordenar la pieza deseada.

El catálogo permitirá a la persona que requiera una pieza específica identificar correctamente la pieza en cuanto a nombre y localización en almacén.

Cuando se recibe una orden de pedido con una lista de piezas diferentes, Logística debería hacer una nueva página i proceder a incorporarla i poder ser colocada en todos los catálogos.

- Stocks mínimos

La lista adjunta es hecha de aquellas piezas que pueden romperse o desgastarse en los próximos años de tal modo que requerirían repuestos. No puede ser prevista cada posibilidad a menos que se hubiera previsto tener en stock una máquina completa, en adición es posible que no todo el equipo necesario haya sido incluido en estas listas. No se sabe cuanto de estas piezas están a la mano, por consiguiente después que el presente stock es identificado el número a la mano debe ser enlistado en la columna de existencias (existe).

En cualquier caso se debería dar consideración a la obtención de las piezas de repuestos que faltan, usando una fecha de entrega prudencial.

Nº 211: Planta de fraccionamiento de aire.

Código: 211.02.10.01.10 Compresor de aire

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo Existe</u>	
- Sellos de empaquetadura incluyendo "O-Zing"	1 jgo.	1 jgo.
- Sello cojinete (aceite)	4	4
- Sello retén	4	4
- Sello impulsor (aire)	4	4
- Elemento filtro de aceite	1	1
- Sensores de vibración	4	2
- Haz tubular de enfriador de aire	1	1
- Rotor primera etapa	1	0
- Rotor segunda etapa	1	1
- Rotor tercera etapa	1	1
- Rotor cuarta etapa	1	0
- Chumaceras simples (piñon)	8	4
- Chumaceras de empuje (piñones)		4
- Engranaje principal con chumaceras simples i de empuje	1	0

Código: 211.06.10.06.19 Sistema de válvulas tipo check

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo Existe</u>	
- Válvula completa	1	0
- Partes de la válvula	2 jgs.	1 jg.

Código: 211.07.10.06.20 Sistema de válvulas tipo conmutador.

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo Existe</u>	
- Válvula completa	1	1
- Repuesto de válvula	1 jg.	1
- Reloj (contador de tiempo)	1	0
- Una caja de reparación para el operador de válvula (BETTIS)	1	0

Código: 211.18.10.01.20 Compresor de nitrógeno

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo Existe</u>	
- Filtro de aceite	6	2
- Empaquetadura de cubierta de válvula	48	48
- Empaquetadura de asiento de válvula	48	48
- Ensamble de válvula de admisión primera	4	2
- Ensamble de válvula de admisión segunda	4	2
- Ensamble de válvula de descarga primera	4	2
- Ensamble de válvula de descarga segunda	4	2
- Canales resorte y guías de válvula primera (admisión)	3 jgs.	2 jgs.
- Canales resorte y guías de válvula segunda (admisión)	3 jgs.	2 jgs.
- Canales resorte y guías de válvula primera (salida)	3 jgs.	2 jgs.
- Canales resorte y guías de válvula segunda (salida)	3 jgs.	2 jgs.
- Anillos pistones 1ra etapa	6	3
- Anillos pistones 2da etapa	6	3
- Anillos de desgaste 1ra eta.	6	3
- Anillos de desgaste 2da eta.	6	3
- Anillos y resortes empaquetadura vas ^{ta} go	6 jgs.	3 jgs.
- Anillos rascadores de aceite	6 jgs.	3 jgs.
- Empaquetadura de culata intercambiador de calor 1ra etapa	2	1
- Empaquetadura de culata, intercambiador de calor 2da etapa	2	1

Empaquetadura de cubierta pieza de distancia	4	4
- Empaquetadura de cubierta cruceta	4	4
Código: 211.19.10.10.10	Turbina de expansión	
<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Elementos de filtro de aceite	2 jgs.	1 jg
- Elementos de filtro de gas de sello	2	2
- Elementos de filtro de admisión de aire	2	2
- Unidad intercambiable	1	0
- Caja Ferreteria	1	0
- Cojinetes	1 jg.	1 jg.
- Sellos	jg	1 jg.
Código: 211.12.10.08.21	Absorbedor de hidrocarburos	
Código: 211.13.10.08.23	Calor para control de calor.	
<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Elemento calefactor y calentador para descongelamiento	1	0
- Elemento calefactor y calentador de reactivación	1	0
Código: 211.01.10.01.12	Filtro de aire	
<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Paneles reemplazables N°P-11	8	8
- Paneles reemplazables N°DD2-40	8	8
Código: 211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	
<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Resistor 36 OHM, 400 Watt	1	1

- Fusibles primarios LAMP, 8,300 voltios		2
- Panel de control	1	2
- Fusible 3 amp., 250 Volt.	1	0

Código: 211.18.2M.01.20 Motor del compresor
de nitrógeno

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Rodamientos delanteros	1	1
- Rodamientos Posteriores	1	1
- Anillos ó sellos de aceite	4	4
- Escobillas del colector	4	4
- Resorte para sujetar las escobillas	2	2
- Conductores (SHUNT)	3	3
- Caja de arco	1	0
Contactos Móviles	3	3
- Contactos estacionarios	3	0

Código: 211.19.2M.10.10A Motor de la bomba de
aceite turbina expan-
sión.

<u>Descripción</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Existe</u>
- Rodamientos	2	2

Con respecto a los elementos de control eléctricos y a los instrumentos, por considerar su costo elevado en mantener un stock mínimo de cada unidad y teniendo en cuenta que la frecuencia que se puede tener en la de un elemento, por desgaste o fractura es mínimo y en nuestro caso no se dio estos problemas, por estas causas no es recomendable tener un stock mínimo; pero se recomienda un estricto mantenimiento de reemplazo ó anual dentro de su limpieza y su calibración.

- Válvulas

<u>Descripción</u>	mínimo existe	
- Válvula de globo 6 mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, -198°C	1	1
- Válvula de globo 12 mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, -198°C	1	1
- Válvulas de globo 12 mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, 38°C	1	1
- Válvula de globo 12 mm Ø, 35 Kg/cm ² de pres, 38°C	1	1
- Válvula de globo 50 mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, -198 °C	1	1
- Válvula tipo bola 12 mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, 38°C	1	1
- Válvula de compuerta 12mm Ø, 10.5 Kg/cm ² de pres, 38°C	1	1

El stock de materiales estrictamente se mantiene, ya que en casos de emergencia será importante tener otros materiales en existencia.

No nos referimos a los repuestos si no a los elementos de limpieza i elemento de reconstrucción. Es necesario tener en stock de materiales de tuberías que son:

- Aleación de aluminio
- Acero al carbono
- Cobre
- Acero inoxidable

También se tiene las soldaduras como para estos materiales que son:

Nombre	<u>Mínimo Existe</u>	
- Cellocord 1260 (Fierro)	5 Kg.	5 Kg.
- Overcord 1260F (Fierro)	5 "	5 "
Supercito 7018 (Acero)	5 "	3 "
Ferrocito 27-7024 (Acero)	5 "	2 "
- Citobronce (Bronce)	3 "	2 "

- Fontargen AF - 700 (Cobre)	2 Yg.	2 Kg.
- Alcord SI - 4 (Aluminio)	3 "	3 "
- Entelectrode 2919 (Aluminio)	3 "	3 "
- A-W+cb (Inox)	5 "	4 "
- A-W (Inox)	4 "	3 "
- C-W (Inox)	4 "	2 "
- A-W-E-L-C (Inox)	4 "	2 "
- Citofonte (Inox)	4 "	2 "
- Fontargen E-106 (Inox)	4 "	0

Existen muchas soldaduras más, pero indicamos los de más uso. Las lanas de vidrio tanto de relleno como las frigoríficas i de calor existen una cantidad necesaria (100 Kg, 150 Kg, etc).

5.3.3 Programa de mantenimiento de reemplazo mecánico

El programa de mantenimiento de reemplazo mecánico o mantenimiento anual mecánico, se realiza en base al sistema programado anual, como consecuencia del mantenimiento preventivo. El capítulo 5.2.4.1 se ha establecido las actividades que deberá tomarse en cuenta en las siguientes máquinas:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire
211.02.10.01.10I	Silenciador
211.02.10.01.10J	Bomba de aceite
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite
211.06.10.06.19	Sistema de válvulas tipo check
211.07.10.06.20	Sistema de válvulas tipo conmutador
211.08.10.06.50	Silenciador
211.15.10.17.20A	Ambientes para vaporizar
211.15.10.17.20B	nitrógeno líquido
211.17.10.01.50	Silenciador
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno
211.19.10.10.10	Turbina de expansión

En el caso de las máquinas más importantes, hemos realizado un detalle de las diferentes actividades con respecto a la máquina logrando un esquema de PERT, i cronogramas respectivos de trabajo.

5.3.3.1 Determinación de tiempos

En muchos casos, en los proyectos no nos pueden decir la fecha exacta de la determinación de un trabajo, pero si nos pueden decir el tiempo más probable en que el trabajo se puede determinar según experiencias anteriores i su juicio sobre la carga actual de los recursos disponibles. Sin embargo siempre hay imprevistos que pueden adelantar o retrasar la fecha de terminación. Hemos determinado 3 tiempos para considerar el tiempo más probable:

- i) El tiempo más probable (p)
- ii) El tiempo pesimista (a)
- iii) El tiempo optimista (b)

- El tiempo más probable (p), es el tiempo normal en que la actividad puede llevarse a cabo i cuyo resultado se obtiene frecuentemente repetido la actividad muchas veces bajo las mismas circunstancias
- El tiempo pesimista (a), es el tiempo máximo en que la actividad puede tener lugar y cuyo resultado ocurre solamente en el caso de mala suerte, por ejemplo, avería de las máquinas, corte de energía eléctrica, etc.
- El tiempo optimista (b), es el tiempo mínimo que se requiere para la terminación de la actividad si todos los factores de trabajo marchan con buena situación.

Una vez obtenida las tres estimaciones se calcula la estimación media del tiempo de duración \bar{t}

$$\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$$

(mediante la distribución beta)

Teniendo en consideración la fórmula i la cantidad de trabajadores que son:

- 1 Jefe de grupo
- 1 Segundo mecánico
- 4 Ayudantes

Así en el cuadro N° 37 tenemos la descripción de las diferentes actividades con los respectivos tiempos (más probaole, más pesimista, más optimista.), de igual modo se ha tomado el tiempo general por cada máquina sin detallar las actividades que se realizan en la máquina; en los PERT y en los cronogramas estamos detallando las diferentes actividades con sus respectivos tiempos que toman su desarrollo.

5.3.3.2 Gráficos del PERT

Siendo muy importante la planificación, control e información i siendo uno de los problemas más importantes la coordinación de las actividades para este hecho recurrimos a las técnicas de PERT y mediante los gráficos se representan todas las actividades que intervienen en el proyecto y las relacionan coordinandolas de acuerdo a las exigencias. En nuestro caso nosotros desarrollaremos los respectivos PERT de las máquinas principales por requerir su justificación dentro de la programación y son:

- Compresor de aire
- Compresor de nitrógeno
- Turbina de expansión

Inicialmente haremos la red de flechas luego cal-

CUADRO N° 37

TIEMPOS POR MANTENIMIENTO DE REEMPLAZO MECANICO

Máquinas	Número Trabj.	Tiempos por mantenimiento (Días)		
		Optimista	normal	Pesimista
- Compresor de aire	6	7	7	10
- Silenciador	3	2	2	3
- Bomba de aceite del compresor de aire	2	1	2	4
- Bomba auxiliar de aceite del compresor de aire	2	2	3	4
- Sistema de válvulas tipo check	6	3	3	4
- Sistema de válvulas tipo conmutador	6	3	3	4
- Silenciador	2	2	2	3
- Ambientes para vaporizar nitrógeno líquido	2	3	3	4
- Silenciador	2	2	2	3
- Compresor de nitrógeno	6	6	7	9
- Turbina de expansión	6	3	4	5

cularemos la duración para hallar el camino crítico en el cuadro N° 38, 39, 40.

El camino crítico estará determinado en los gráficos de flechas por doble línea.

5.3.3.3 Cronogramas de trabajo

Habiendo realizado la organización de los respectivos gráficos del PERT y teniendo en consideración que las demás máquinas no es necesario un gráfico por cuanto las actividades a realizar no son de mucho riesgo para el tiempo a emplear y se puede determinar una fecha fija por máquina.

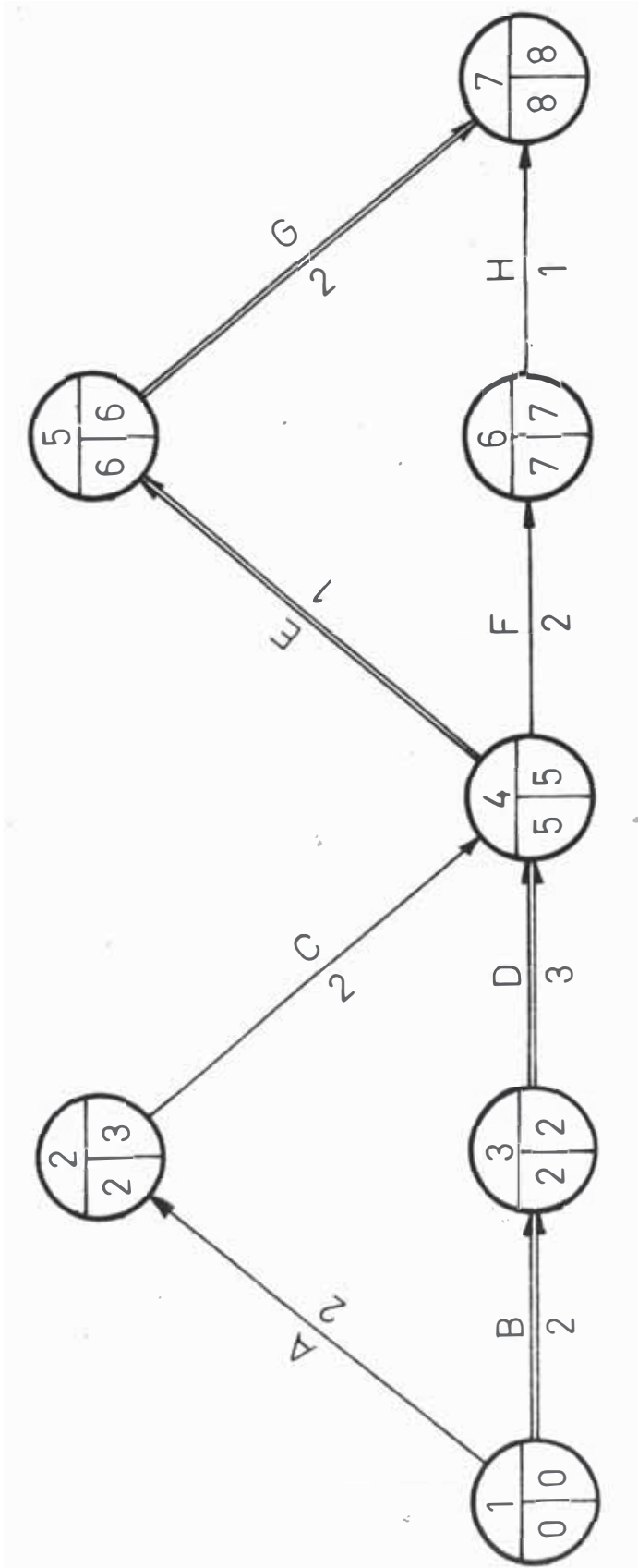
La finalidad fundamental de preparar un programa es la de seguir el proyecto del mantenimiento, la de ver como el programa completo se va integrando. El cronograma de trabajo como un complemento a la organización del mantenimiento de reemplazo después de los PERT ya construídos será un elemento muy importante de control.

Es así que para el Departamento de Mantenimiento Mecánico tenemos el gráfico N° 43 donde se detalla cada actividad de las máquinas en su conjunto. En el cronograma se ha previsto dos colores para identificar las barras, uno de los colores servirá para identificar el tiempo usado en las diferentes actividades detalladas por cada máquina. Cuando los tiempos son cortos y no requieren detalle de actividades se usará un solo color.

5.3.4 Programa de mantenimiento de reemplazo de maestranza

El programa de mantenimiento de reemplazo o anual de maestranza, se organiza en base a una necesidad pre-programada. Estas necesidades pre-programadas se realizan en el transcurso del año, esto por di-

COMPRESOR DE AIRE

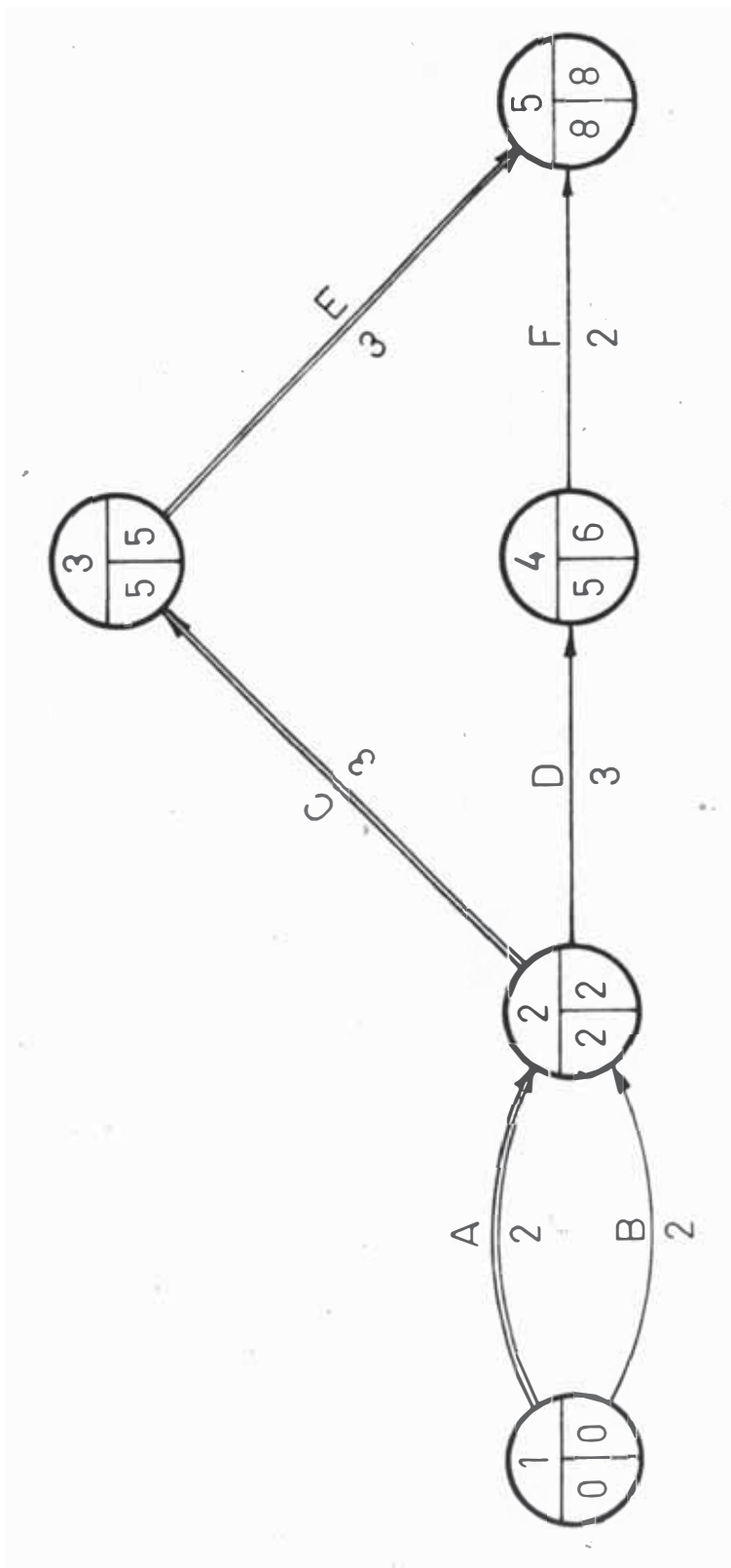


CUADRO N° 38

COMPRESOR DE AIRE

Actividad	Nudos		Tiempo de Trabajo		Pronto posible		Tarde permis		Holgura
	I	J	Comienz	Termin	Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de la carcasa	1	2	2	1	2	2	3	1	
- Desmontaje de las tuberías	1	3	2	1	2	1	2	0	
- Desmontaje i limpieza de en- friadores	2	4	2	3	5	4	5	0	
- Desmontaje i chequeo de 4 ro- tores de cada etapa	3	4	3	3	5	3	5	0	
- Chequeo de los filtros	4	5	1	6	6	6	6	0	
- Chequeo del sistema de engr- najes	4	6	2	6	7	6	7	0	
- Montaje total	5	7	2	7	8	7	8	0	
- Alineamiento de acoplamiento	6	7	1	8	8	8	8	0	

COMPRESOR DE NITROGENO

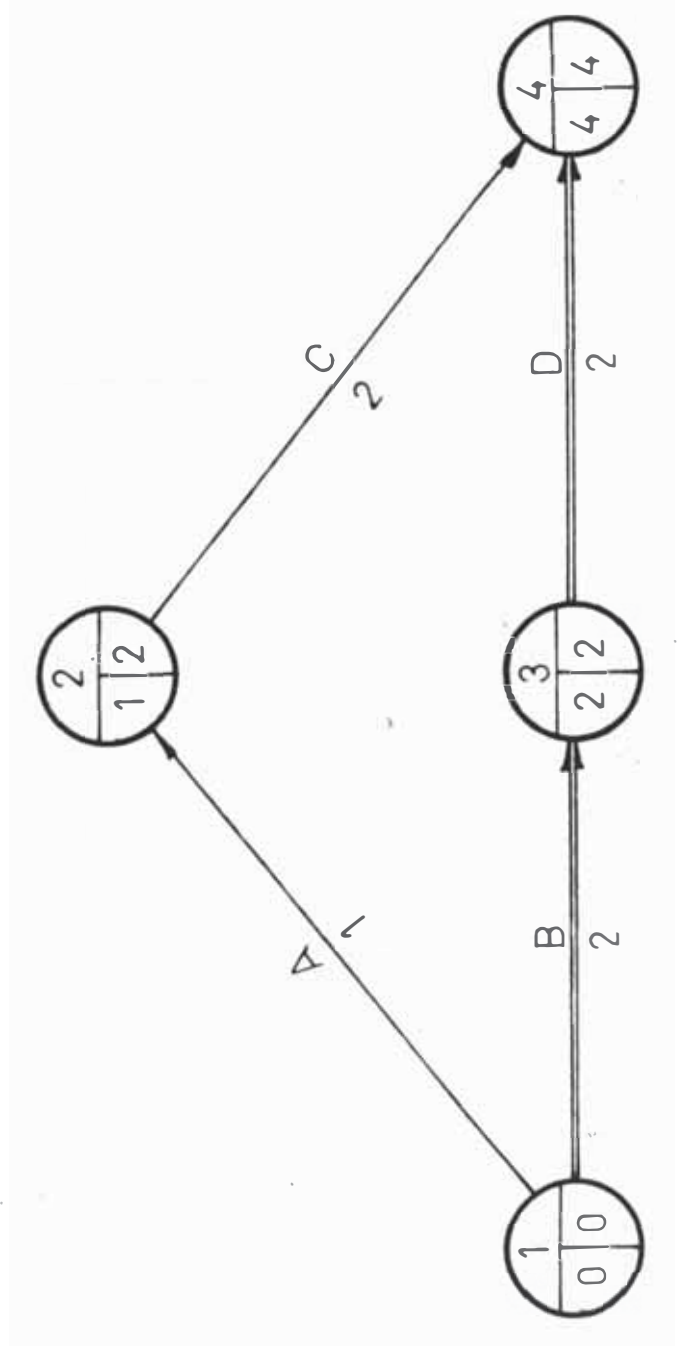


CUADRO N° 39

COMPRESOR DE NITROGENO

Actividad	Nudos		Tiempo de trabajo	Pronto posible		Tarde permis		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de tuberías	1	2	2	1	2	1	2	
- Desmontaje de carcasa	1	2	2	1	2	1	2	0
-r. Chequeo i medición de anillos i retenes de la 1ra etapa	2	4	3	3	5	3	5	0
- Chequeo i medición de anillos i retenes de la 2da etapa	2	3	3	3	5	4	6	1
- Cambios i limpieza	3	5	3	6	8	7	8	0
- Montaje total	4	5	2	6	8	6	8	0

TURBINA DE EXPANSION



ferentes razones que pueden ser:

- Reemplazo de elementos para cuando la planta este parada.
- Cambios de tuberías (necesariamente planta parada), cuando se nota deterioro en el espesor de las paredes.
- Reconstrucción o construcción de algunos elementos de la planta.

Es importante indicar que por todo lo dicho anteriormente no es posible que existan programas de mantenimiento de reemplazo de maestranza, iguales en años seguidos; es así que para indicar la programación, tenemos las actividades realizadas en la fecha de mayo de 1985 que son:

- Reparación y cambio de tuberías de refrigeración.
- Reparación y cambio de tuberías de agua de servicio.
- Revisión, sondeo y reparación de los enfriadores de paso de aire.
- Revisión de los sistemas de aislamiento térmico criogénico.
- Revisión de los sistemas de aislamiento térmico de calor.
- Cambio del sistema de refrigeración del compresor de nitrógeno.

Con respecto a esta actividad se ha programado al inicio del año 1984, del cual mostraremos el PERT, una vez adquirido el intercambiador (por placas) se realizó el montaje, lo cual se debería de concluir en una parada de planta, ya que algunas tareas necesariamente deberían hacerse con planta parada, como es el caso de las conexiones de bridas, válvulas y soldaduras.

Como indicamos, el departamento de maestranza a parte del programa pre-establecido, su aporte es de apoyo a todos los departamentos en el desarrollo del programa de mantenimiento de reemplazo o anual.

5.3.4.1 Determinación de tiempos

Para el departamento de maestranza se ha determinado mediante la siguiente fórmula:

$$\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$$

a = Tiempo pesimista

p = Tiempo probable

b = Tiempo optimista

Es importante indicar que el departamento de maestranza no se ha formado un grupo especial para el mantenimiento anual; por que aquí se realiza las actividades mediante la especialidad que tiene. En el cuadro ° 42, tenemos la determinación de los diferentes tiempos para las actividades que se han programado.

5.3.4.2 Gráficos PERT

En el departamento de maestranza, en el programa de mantenimiento de reemplazo ó anual, no realizamos los gráficos PERT, esto es en razón de la naturaleza de trabajo, ya que en el programa de mantenimiento anual, el departamento de maestranza realiza la labor de apoyo a los diferentes programas anuales de los demás departamentos. Habíamos indicado que existen algunos programas de montaje como restitución de líneas, el cual se muestra en el cuadro N° 42, pero esporádicamente se suscitan montajes de algunos sistemas, tal es el caso del montaje del sistema de refrigeración intermedia del compresor de nitrógeno.

CUADRO N° 42

TIEMPOS POR MANTENIMIENTO DE REEMPLAZO DE MAESTRANZA

Actividades	Número de trabajadores	Tiempo por mantenimiento (días)		
		Optimista	Normal	Pesimista
- Reparación i cambio de tuberías de refrigeración	2	6	7	10
- Reparación i cambio de tuberías de agua de servicios	2	3	4	5
- Revisión, sondeo i reparación de los engriadores para el paso de aire	2	4	5	6
- Revisión de los sistemas de aislamiento termico criogénico	2	2	2	2
- Revisión de los sistemas de aislamiento térmico de calor	2	3	3	3
- Cambio del sistema de refrigeración del compresor de nitrógeno	3	8	9	11

Se adquirió el sistema de refrigeración intermedia en el mes de diciembre de 1984, luego se procedió a realizar un programa de montaje donde el departamento de maestranza tuvo que intervenir, en esta programación se requería parar la planta para realizar las últimas conexiones.

En el cuadro N° 43 se indica las actividades que se programó para la instalación de los intercambiadores de placas, la ejecución de las últimas actividades a tenido que ser realizado en el programa de reem lazo ó anual, tal como lo indicaremos en el cronograma respectivo. Teniendo conocimiento el cuadro N° 43, se realizó el respectivo gráfico PERT por responsabilidad y para justificar el trabajo programado y la importancia inmediata de la instalación.

5.3.4.3 Cronogramas de trabajo

Una vez realizado los gráficos de flechas del PERT, realizamos los respectivos cronogramas de trabajo del departamento de maestranza. La organización del sistema PERT, surge en el caso del departamento de Maestranza, cuando son montajes importantes.

En el gráfico N° 45, se muestra el cronograma de trabajo respectivo para el mantenimiento anual de la planta de fraccionamiento.

En el cronograma de trabajo (Gráfico N° 45), se incluye el montaje del intercambio de calor en el sistema de refrigeración en la parte que se requiere la planta parada.

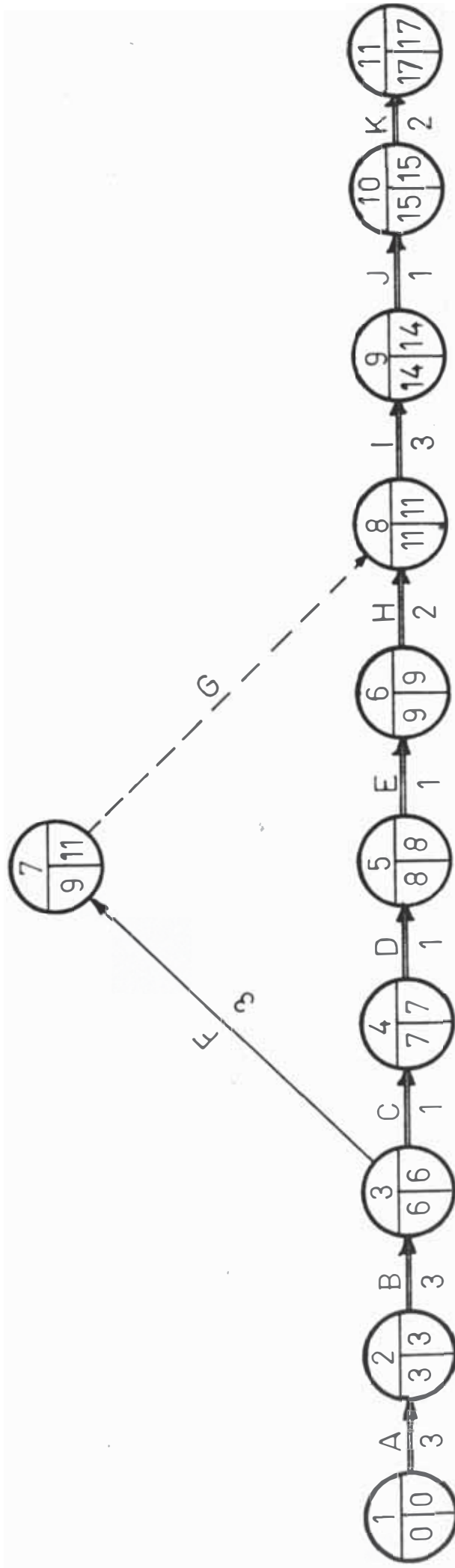
En el gráfico 46 está representado el cronograma de trabajo para el montaje total del sistema de refrigeración y la parte donde se requiere que la planta esté parada, se ha esperado el amantenimiento anual. También se indica que en el cronograma

CUADRO N° 43

MONTAJE DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

Actividades	Número de			Tiempos por actividad (días)		
	trabajadores	Optimista	Normal	Pesimista	Standar	
- Ubicación i cimentación de los intercambiadores i de la bomba de agua de refrigeración	3	2	3		3	
- Excavación para la ubicación de las líneas de agua de refrigeración (primer tramo)	2	2	3	3		3
- Preparación del material a usar	2	1	1	1.5		1
- Montaje de los intercambiadores	3	1	1	2		1
- Montaje del motor eléctrico con la bomba	2	1	1	2		1
- Soldadura e instalación de las tuberías (primer tramo)	2	1	2	3		2
- Excavación de tuberías (2do tramo)	2	3	3	4		3
- Soldadura e instalación de las tuberías (2do tramo)	2	3	3	4		3
Prueba del sistema	2	1	1	1		1
- Recubrimiento de las instalaciones de tuberías	2	1	2	3		2

MONTAJE DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR



CUADRO N° 44

MONTAJE DE LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR

Actividades	Nudos		Tiempo de		Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J	trabajo	Comienz	Termin	Comienz	Termin		
- Ubicación i cimentación de los intercambiadores y de la bomba de agua de refrigeración	1	2	3	1	3	1	3	0	
- Excavación para la ubicación de las líneas de agua de refrigeración (primer tramo)	2	3	3	4	6	4	6	0	
- Reparación de los materiales a usar	3	4	1	7	7	7	7	0	
- Montaje de los intercambiadores	4	5	1	8	8	8	8	0	
- Montaje del motor eléctrico con la bomba	5	6	1	9	9	9	9	0	
- Soldadura e instalación de las tuberías (primer tramo)	6	8	2	10	12	10	12	0	
- Excavación de tuberías (2do tramo)	3	7	3	7	9	9	11	0	
- Soldadura e instalación de las tuberías (2do tramo)	8	9	3	12	14	12	14	0	

(Continúa Cuadro N° 44 - Parte II)

Actividades	Nudos		Tiempo de trabajo	Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Prueba del sistema	9	10	1	15	15	15	15	0
- Recubrimiento de las instalaciones de tuberías	10	11	2	16	17	16	17	0

de trabajo (gráfico N° 45) se ha usado 2 colores, para barras un color es para indicar el tiempo de duración por actividad y el otro para indicar la duración de las tareas detalladas por cada actividad.

5.3.5 Programa de mantenimiento de reemplazo eléctrico

El programa de mantenimiento de reemplazo eléctrico o programa de mantenimiento anual eléctrico, están determinadas en las siguientes máquinas:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del compresor de aire
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno
211.19.2M.10.10A	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión
	<u>Máquinas eléctricas de control:</u>
	- Relés de alarma
	- Relés de contacto
	- Relés de control
	- Relés indicador
	- Registradores

En el caso de los relés de contacto, control e indicadores su mantenimiento es diferente anualmente ya que no todos los relés son mantenidos en parada anual, en este caso se analizará el programa del año 1985.

En el caso de las máquinas más importantes se detallan las actividades que se realizan en base a las indicaciones de los fabricantes, por el hecho de ser importantes estas máquinas se ha realizado un diagrama PERT, por cada máquina como también el cronograma de trabajo.

5.3.5.1 Determinación de tiempos

Para el departamento eléctrico se ha usado para los tiempos la fórmula:

$$\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$$

a = tiempo pesimista

p = tiempo probable

b = tiempo optimista

El tiempo que se calculará será para un equipo de trabajo compuesto de la siguiente forma:

- 1 Jefe de grupo
- 1 Segundo electricista
- 2 Ayudantes

En el cuadro N° 47, se ha determinado los tiempos por reparación de las diferentes máquinas eléctricas.

5.3.5.2 Gráficos PERT

Para el mantenimiento anual hemos requerido realizar los gráficos PERT, para las máquinas que requieren una importancia cuidadosa por ser de costo muy alto y no existen en Stand-By. Las máquinas siguientes son las más importantes y de las cuales se ha realizado el respectivo gráfico PERT:

- Motor del compresor de aire
- Motor del compresor de nitrógeno

Luego de realizar el gráfico de diagrama de flechas en los cuadros N°48 y N°49, se analizará para encontrar el camino crítico de las actividades que se tomarán en el mantenimiento.

5.3.5.3 Cronogramas de trabajo

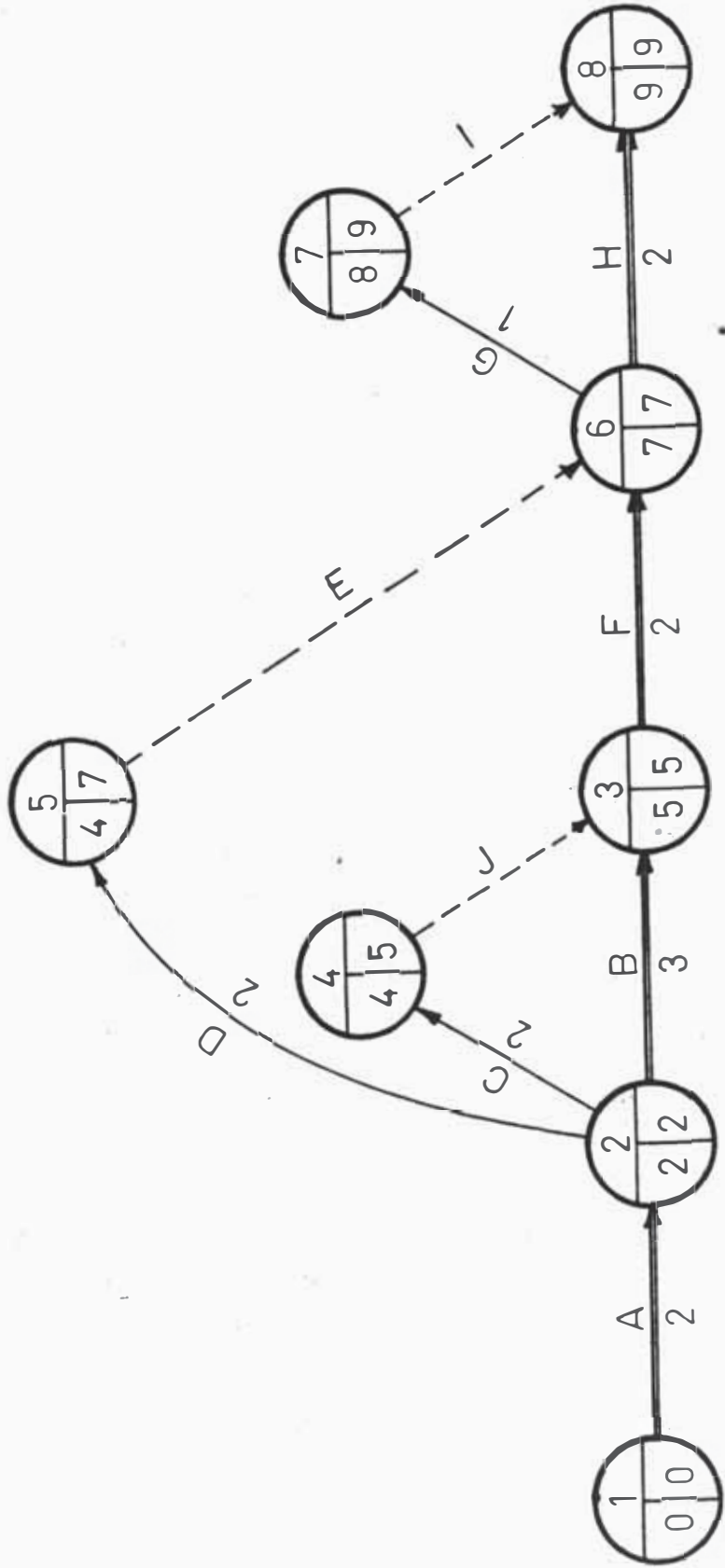
En el caso del departamento eléctrico teniendo en consideración los gráficos PERT. Se ha desarrollado los respectivos cronogramas de trabajo.

CUADRO N° 47

TIEMPOS POR MANTENIMIENTO DE REEMPLAZO ELECTRICO

Máquinas	Número de trabajadores	Tiempo Optimista	Tiempo Normal	Tiempo Pesimista	Tiempos por mantenimiento (días)
- Motor de la bomba de aceite del compresor de aire	2	1	2	2	2
- Motor del compresor de aire	4	7	9	11	9
- Motor del compresor de nitrógeno	4	8	9	10	9
- Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión	2	1	2	2	2
- Máquinas eléctricas de control:					
- Relés de contacto	4	1	1	4	1.5
- Relés de control	4	1	1	4	1.5
- Relés indicadores	4	1	1	4	1.5
- Relés de alarma	4	2	2.5	3	2.5
- Registradores	4	2	3	4	3

MANTENIMIENTO ANUAL DEL MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE

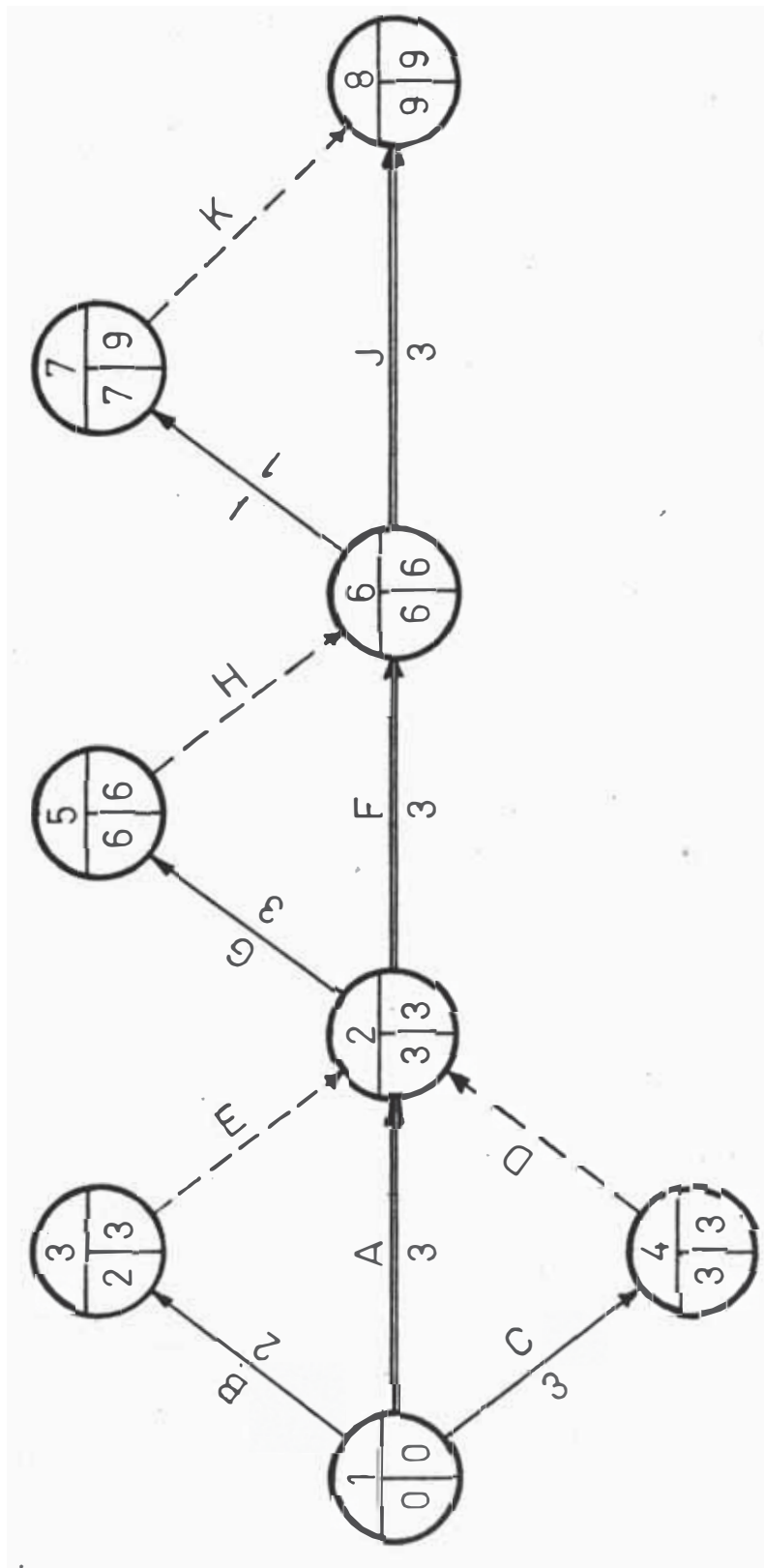


CUADRO N° 48

MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE

Actividades	Nudos		Tiempo de trabajo	Pronto posible	Tarde permisb	Holgura
	I	J				
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	1	2	2	1	2	0
- Limpieza i pintado de la carcasa y el ventilador	2	3	3	3	5	0
- Limpieza del devanado y los terminales del motor	2	4	2	3	4	1
- Mediciones y ajustes de los apoyos del rotor y de la carcasa	2	5	2	3	4	3
- Montaje de la carcasa	3	6	2	6	7	0
- Alineamiento del acoplamiento	6	7	1	8	8	0
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión y corrosión	6	8	2	8	9	0

MANTENIMIENTO DEL MOTOR DEL COMPRESOR DE NITROGENO



CUADRO N° 49

MOTOR DEL COMPRESOR DE NITROGENO

Actividades	Nudos		Tiempo de trabajo	Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	1	2	3	1	3	1	3	0
- Limpiado de la carcasa y el ventilador	1	3	2	1	2	1	3	1
- Limpieza del devanado, terminales y el alojamiento de los rodamientos	1	4	3	1	3	1	3	0
- Medición y ajustes de los carbones y los rodamientos del totor	2	6	3	4	6	4	6	0
- Montaje de la carcasa	2	5	3	4	6	4	6	0
- Alineamiento del acoplamiento	6	7	1	7	7	7	9	2
- Prueba de las conexiones eléctricas por tensión	6	8	3	7	9	7	9	0

En el gráfico N°50 se ha construido el cronograma de trabajo para el departamento eléctrico, teniendo en consideración que en las máquinas de mayor importancia se detalla las actividades para el cual se determinan dos colores: uno de ellos indicará el tiempo a usar por máquina y el otro detallará el tiempo que se requiere por cada actividad en el caso de las máquinas que requieren de tiempo corto se colocará ó usara el primer color ya que no requiere detalle.

5.3.6 Programa de mantenimiento de reemplazo de instrumentación

El programa de mantenimiento de reemplazo de instrumentación o mantenimiento anual de instrumentación se realiza en base a un análisis de los informes de planta. La existencia de gran cantidad de instrumentos hace de que en una parada anual, se programen para su mantenimiento determinados instrumentos que han estado en observación durante su funcionamiento en el proceso de producción. También es importante mencionar que existen instrumentos que funcionan ininterrumpidamente y solo se cambiará una vez que falle al instrumento para estos casos, existen en stock para su reemplazo inmediato.

En el mantenimiento anual el sistema de mantenimiento que se realiza está de acuerdo a lo que indica sus respectivos manuales en aspectos de desmontaje, ajustes y montajes.

5.3.6.1 Determinación de tiempos

El tiempo por el mantenimiento de un instrumento se calcula de la siguiente forma:

$$\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$$

donde:

a = tiempo pesimista (1.5 días)

p = tiempo pesimista (1 día)

b = tiempo optimista (0.5 día)

Reemplazando:

$$\varnothing = \frac{1.5 + 4(1) + 0.5}{6}$$

$$\varnothing = 1 \text{ día}$$

Esto está determinado para un equipo compuesto de la siguiente forma:

- 1 Jefe de grupo
- 1 Segundo instrumentista
- 1 Ayudante

5.3.6.2 Cronogramas de trabajo

Se ha elaborado un cronograma de trabajo para el departamento de instrumentación, considerando el análisis de los respectivos reportes de planta y el informe del respectivo jefe de planta. El gráfico N°51 se representa la secuencia de trabajos que se ha realizado durante el mantenimiento anual de instrumentación del mes de mayo de 1985. Se ha elaborado para una duración de 30 días hábiles, la secuencia a seguir es según el sistema productivo o sistema de proceso, en el gráfico se puede apreciar las diferentes máquinas que han sido indicadas para el mantenimiento de instrumentación.

En el gráfico N° 51 se puede apreciar dos colores, un color representa el tiempo usado por máquinas y el otro color el tiempo usado por cada instrumento.

5.4 Programa de mantenimiento correctivo

Teniendo el concepto de mantenimiento, conocemos dos puntos de vista al respecto. Uno es mantenimiento planificado y el otro el mantenimiento no

planificado:

- i) El mantenimiento no planificado, es el mantenimiento en caso de urgencia, cuando no se tiene una planificación para solucionar y este tipo de paradas puede traer pérdidas notorias de un sistema productivo, antiguamente se ejercía este estilo de mantenimiento.
- ii) El mantenimiento planificado, tal como su nombre lo indica tiene planificación para cualquier acción de mantenimiento dentro de este mantenimiento planificado tenemos:
 - Mantenimiento preventivo
 - Mantenimiento de reemplazo
 - Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo a diferencia del mantenimiento no planificado, tiene todo un sistema organizado en caso de una falla de emergencia, necesariamente se requiere un tiempo prudencial de paralización y esto involucrará en el sistema productivo. La definición del mantenimiento correctivo es que en lo posible se evite pérdidas de producción, para lo cual se cuenta con una organización pre-establecida como también de un stock de repuestos que tienen más probabilidad de fallar, como dijimos; la probabilidad de que esto suceda es mínima.

El mantenimiento correctivo, que no es muy frecuente, en una falla imprevista debe hacerse una revisión de falla para evitar que al poco tiempo se produzca la misma falla, para lo cual es muy importante un buen informe de inspección.

5.4.1 Organización de mantenimiento correctivo

La organización del mantenimiento correctivo re-

quiere fundamentalmente dos aspectos básicos y únicos que son:

- Stock mínimo
- Planificación del mantenimiento correctivo

5.4.1.1 Stock mínimo

Comunmente se conoce al apoyo logístico como stock mínimo. La efectividad del mantenimiento correctivo está fuertemente influido por la disponibilidad de las piezas de repuestos.

Ante la posibilidad mínima de que pueda fallar una máquina es importante que en las máquinas de gran volumen el stock, este cuidadosamente implementado, ya que la no existencia de los repuestos necesarios ó los que han sido calificados como los más probables de fallar, traería consigo pérdidas cuantiosas.

5.4.1.2 Planificación del mantenimiento correctivo

Otro de los factores fundamentales para el mantenimiento correctivo es la planificación, esto va enmarcado necesariamente a corregir la falla adecuada de tal manera que la falla no vuelva a suceder.

Una planificación organizada antes del problema, fácilmente conducirá a una solución inmediata del problema, teniendo en consideración el Stock mínimo conservado, la planificación viabilizará este mantenimiento. Para nuestra planificación hemos considerado que se debe tener diseñado i tener conocimiento de nuestros recursos potenciales, estos aspectos entre otros son:

- i) Disponibilidad de mano de obra
- ii) Gráficos PERT
- iii) Cronogramas de trabajo
- iv) Planificación del trabajo

En el gráfico N° 52, se muestra las etapas universales y la secuencia en el cual son realizadas el mantenimiento correctivo, el cual son realizados, constituyendo un ciclo típico de mantenimiento correctivo, a diferencia del diagrama de flujo indicado en la parte 5.2.3.1, para el mantenimiento preventivo, este gráfico N° 52 da las tapas de acción para una medida inmediata de solución de lo que se llama mantenimiento correctivo. Cuando ocurre el fallo se notifica inmediatamente a la jefatura de la División de Mantenimiento, que a su vez determina el personal a trabajar para que preparen las herramientas i equipos nesesarios, luego se comienza a la reparación activa, inicialmente se localiza la ñalla y si es necesario se aísla, luego se lleva a cabo el desmontaje para quitar la pieza que falla y una vez hecho el reemplazo se vuelve a montar, para realizar la alineación y ajuste y termina en la verificación, donde se complementa la reparación. Desde el inicio de la reparación hasta su terminación el tiempo a usar verá directamente con el diseño de la máquina (mantenibilidad), al respecto en nuestras instalaciones de nuestra planta de fraccionamiento no hemos encontrado este tipo de dificultad por mantenibilidad.

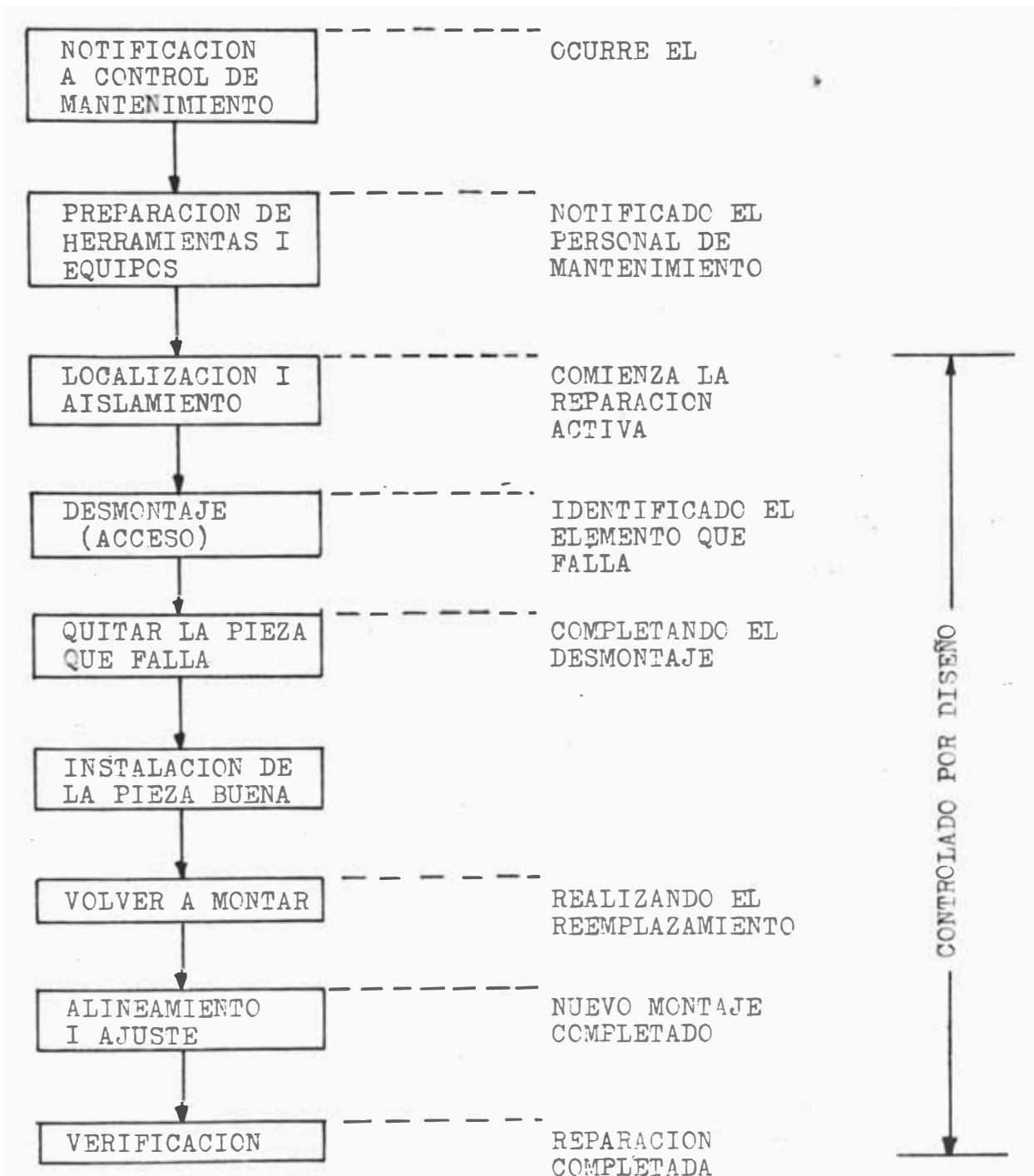
5.4.2 El programa de mantenimiento correctivo mecánico

Con lo mencionado anteriormente ya podemos construir el programa de mantenimiento correctivo mecánico. Este programa está basado en los programas de mantenimiento de reemplazo donde por razones de urgencia se omiten algunas actividades y se pone el tiempo en horas.

Las principales máquinas que requieren un programa de mantenimiento correctivo son:

CUADRO N° 52

CICLO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO



- Compresor de aire
- Compresor de nitrógeno
- Turbina de expansión

5.4.2.1 Gráficos PERT

En los cuadros N°53 y N°54, estará del compresor de aire la determinación de tiempos y el análisis del PERT. En los cuadros N° 56 y N° 57 estará del compresor de nitrógeno, la determinación del tiempo y el análisis del PERT. En los cuadros N° 59 y N° 60 de la turbina de expansión la determinación de tiempo y el análisis del PERT.

5.4.2.2 Cronogramas de trabajo

La importancia de estos cronogramas lo hemos detallado en los gráficos N° 55 para el compresor de aire, el gráfico N° 58 para el compresor de nitrógeno y el gráfico N° 61 para la turbina de expansión, en estos gráficos hemos considerado días de 14 horas de duración para dos turnos ya que son labores de urgencia. Como ya se analizó las tareas, determinan a diferente cantidad de trabajadores.

Mediante los cronogramas tenemos un tiempo fijo de duración. Se ha implementado el tercer turno; pero las inclemencias del tiempo no son tan favorables para las labores de mantenimiento, pero en muchos casos se prevee que se debe actuar así; para lo cual en los mismos cronogramas se determina días de 21 horas de duración.

5.4.3 El programa de mantenimiento correctivo de maestranza

La intervención del departamento de maestranza en el programa de mantenimiento correctivo es básicamente como apoyo en las diferentes acciones que se pueda requerir dentro de la construcción o reconstrucción de algunos elementos que pueden ser

CUADRO N° 53

DETERMINACION DE TIEMPOS PARA EL COMPRESOR DE AIRE

Actividad	Número de trabajad.	Tiempos por mantenimiento (horas)		
		Optimista	Normal	Pesimista
- Desmontaje de la carcasa	4	12	14	18
- Desmontaje de tuberías	3	12	14	17
- Desmontaje y limpieza de los enfriadores	4	12	14	18
- Desmontaje y chequeo de los cuatro roto- res por cada etapa	4	13	14	16
- Chequeo de los filtros	1	6	7	8
- Chequeo del sistema de engranaje	3	12	14	17
- Montaje total	6	12	14	18
- Alineamiento de acoplamiento	2	6	7	8

Los tiempos han sido calculados por:

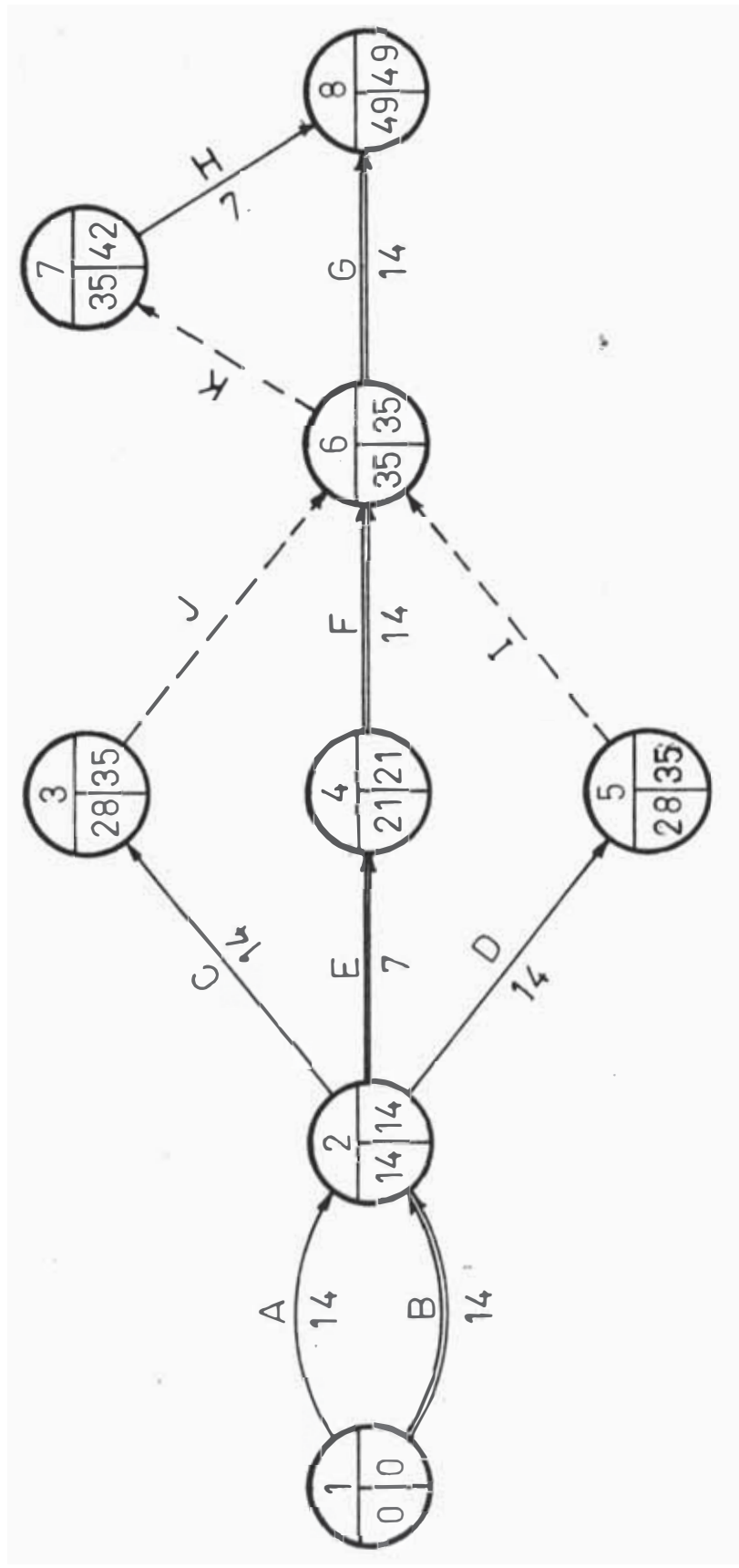
$$\bar{\rho} = \frac{a + 4p + b}{6}$$

donde: a = tiempo optimista

p = tiempo normal

b = tiempo pesimista

COMPRESOR DE AIRE



CUADRO N° 54

COMPRESOR DE AIRE

Actividad	Nudos		Tiempo de trabajo (hrs)	Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de la carcasa	1	2	14	1	14	1	14	0
- Desmontaje de las tuberías	1	2	14	1	14	1	14	0
- Desmontaje y limpieza de los enfriadores	2	3	14	15	28	15	35	7
- Desmontaje y chequeo de los cuatro rotores por cada etapa	2	5	14	15	28	15	35	7
- Chequeo de los filtros	2	4	7	15	21	15	21	0
- Chequeo del sistema de engranaje	4	6	14	22	35	22	35	0
- Montaje total	6	8	14	36	49	36	49	0
- Alineamiento del acoplamiento	7	8	7	36	49	43	49	7

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 86 Hrs (Turno 14 hrs diar trabajo)

MAQUINA

PLANTA 211 MAQUINA N° 02.10.01.10 N° ORD. TRAB. 15 N° TAREA 15

Compresor de Aire

DESCRIPCION

PERSONAL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
- Desmontaje de la carcasa	█														
- Desmontaje de las tuberías	█														
- Desmontaje y limpieza de enfriadores		█													
- Desmontaje y chequeo del rotor por cada etapa (cuatro rotores)		█	█												
- Chequeo de filtros		█													
- Chequeo del sistema de engranajes			█												
- Montaje total			█	█											
- Alineamiento del acoplamiento				█											

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

_____ Jefe de Departamento

_____ Jefe de División

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 62 Hrs (Turno 21 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Compresor de Aire

211 02.10.01 1

DESCRIPCION 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 PERSONAL

-- Desmontaje de la carcasa

-- Desmontaje de las tuberías

Desmontaje y limpieza de enfriadores

Desmontaje y chequeo del rotor

or cada eta a cuatro eta as

Chequeo de los filtros

- Chequeo del sistema de engranajes

Monta e total

Alineamiento del acoplamiento

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

Gráfico N°

CUADRO N° 56

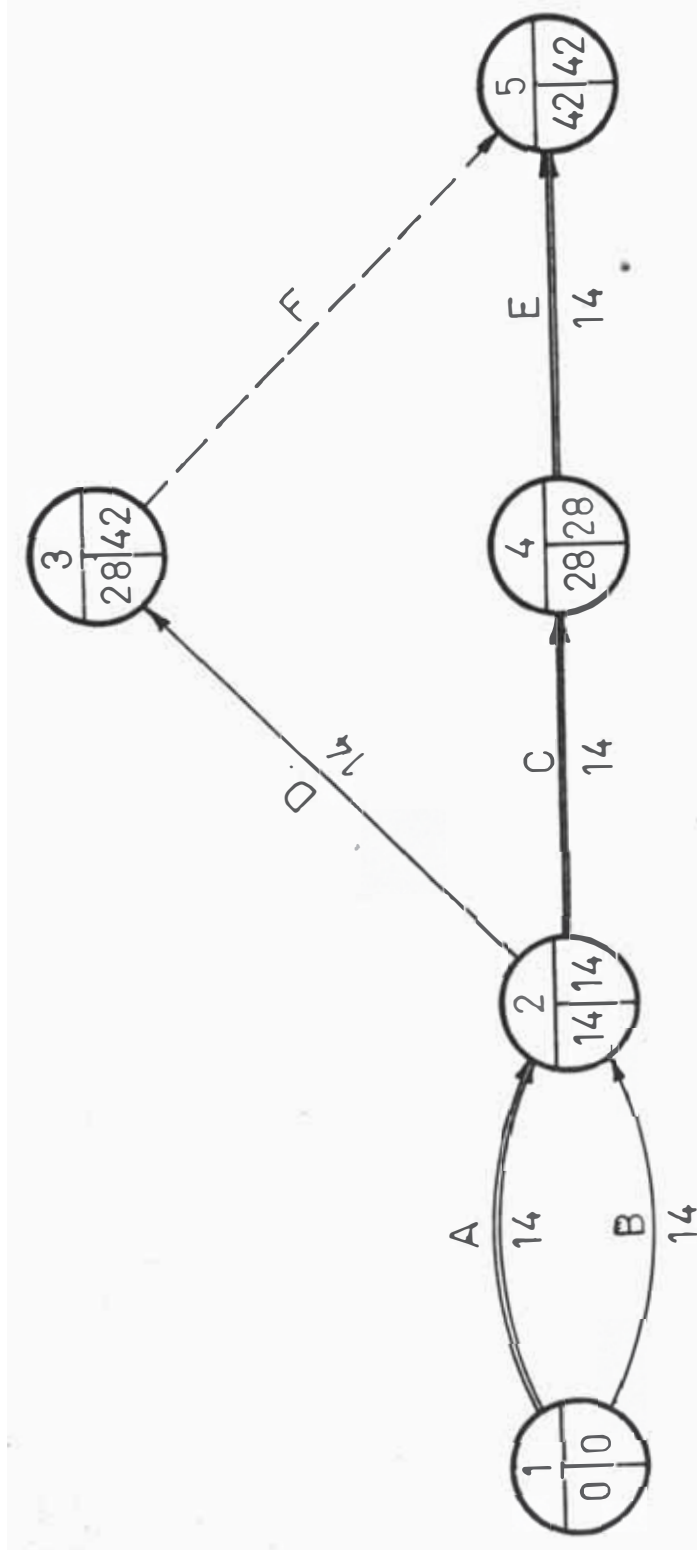
DETERMINACION DE TIEMPOS PARA EL COMPRESOR DE NITROGENO

Actividad	Número de trabajadores	Tiempo por mantenimiento (hrs)		
		Optimista	Normal	Pesimista
- Desmontaje de la carcasa	4	12	14	18
- Desmontaje de las tuberías	4	12	14	16
- Chequeo y medición de anillos y re- tenes primera y segunda etapa	4	12	14	18
- Cambios y limpieza	3	13	14	18
- Montaje total	6	12	14	16

Los tiempos han sido calculados por: $\sigma = \frac{a + 4p + b}{6}$

donde: a= tiempo optimista
p= tiempo normal
b= tiempo pesimista

COMPRESOR DE NITROGENO



CUADRO N° 57

COMPRESOR DE NITROGENO

Actividad	Nudos		Tiempo de trabajado(hrs)	Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de la carcasa	1	2	14	1	14	1	14	0
- Desmontaje de las tuberías	1	2	14	1	14	1	14	0
- Chequeo y medición de anillos y retenes primera y segunda etapa	2	4	14	15	28	15	28	0
- Cambios y limpieza	2	3	14	15	28	15	42	14
- Montaje total	4	5	14	29	42	29	42	0

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 42 Hrs (Turno 14 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° ORD. TRAB. N° TAREA

Compresor de Nitrógeno

211 18.10.01.20

DESCRIPCION

PERSONAL

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

- Desmontaje de la carcasa
- Desmontaje de las tuberías
- Chequeo medición de anillos retenes de 1° 2° etapa
- Cambios y limpieza
- Montaje total

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

CRONOGRAMA DE TRABAJO

EPARTAMENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 48 Hrs (Turno 21 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Compresor de Nitrógeno

211 18.10.01.20

DESCRIPCION

PERSONAL

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

- Desmontaje de la carcasa
- Desmontaje de las tuberías
- Chequeo y medición de anillos y retenes de 1° y 2° etapas.
- Cambio y limpieza
- Montaje total

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

Gráfico N°

CUADRO N° 59

DETERMINACION DE TIEMPOS PARA LA TURBINA DE EXPANSION

Actividad	Número de trabajadores	Tiempo por mantenimiento (hrs)		
		Optimista	Normal	Pesimista
- Desmontaje de tuberías	3	6	7	8
- Destapar la carcasa	4	12	14	18
- Limpieza y cambios	6	6	7	9
- Ajuste y montaje	6	13	14	16

Los tiempos han sido calculados por: $\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$

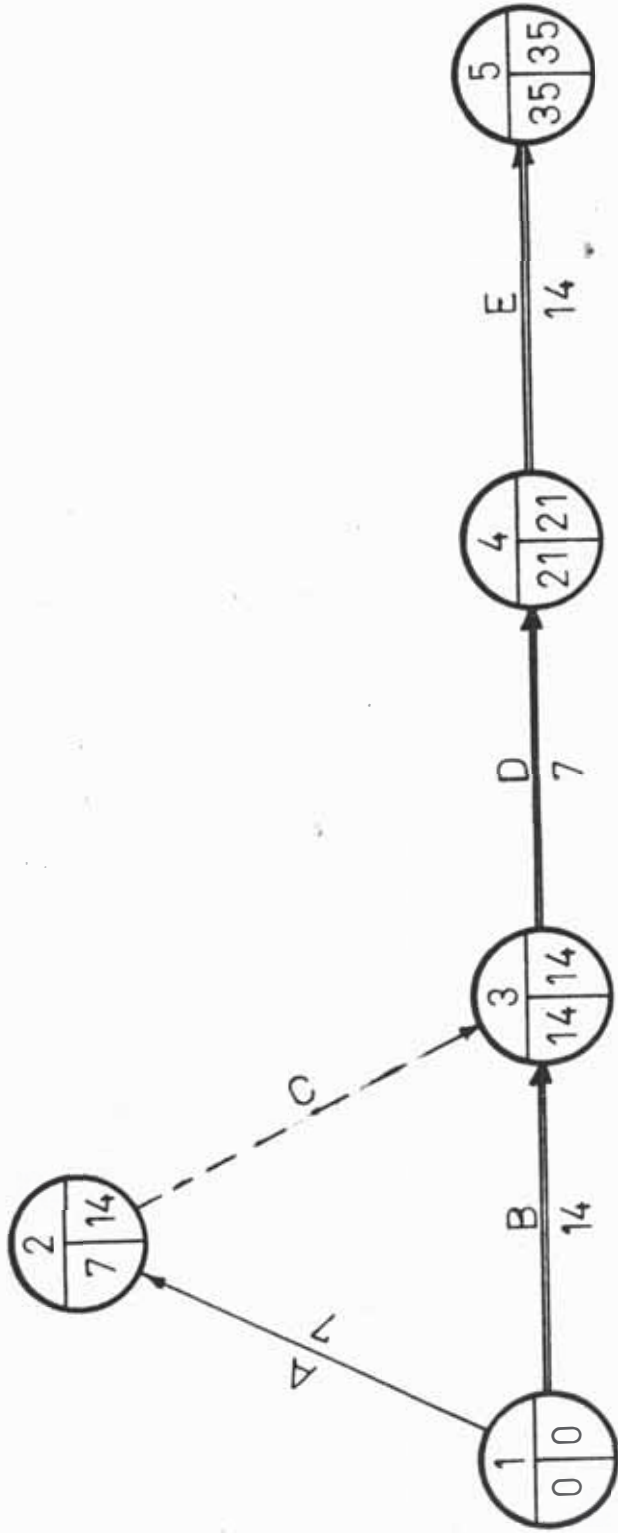
Donde:

a = tiempo optimista

p = tiempo normal

b = tiempo pesimista

TURBINA DE EXPANSION



CUADRO N° 60

Actividad	Nudos		Tiempo de trabaj (hrs)	Pronto posible		Tarde permisib		Holgura
	I	J		Comienz	Termin	Comienz	Termin	
- Desmontaje de tuberías	1	2	7	1	7	1	14	7
- Destapar la carcasa	1	3	14	1	14	1	14	0
- Limpieza y cambios	3	4	7	15	21	15	21	0
- Ajuste y montaje	4	5	14	22	35	22	35	0

CRONOGRAMA DE TRABAJO

TRATAMIENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 62 Hrs (Turno 14 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Turbina de Expansión

211 19.10.10.10

DESCRIPCION

PERSONAL

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

Desmontaje de tuberías

Destape de la carcasa

Limpieza y cambios

Ajuste y montaje

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Mantenimiento Mecánico

TIEMPO DE PARADA: 38 Hrs (Turno 21 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD TRAB. N° TAREA

Turbina de Expansión

211 19.10.10.10

DESCRIPCION

PERSONAL

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

- Desmontaje de tuberías
- Destacar la carcasa
- Limpieza y cambios
- Ajuste y montaje

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

Gráfico N°

partes de la máquina. El programa de mantenimiento correctivo de maestranza se da cuando alguna línea de transporte del proceso o alguna línea de lubricación sufre algún desperfecto ya sea causando una fuga de algún elemento, lo cual se requiera una inmediata parada. Estos problemas de rotura de tuberías se ha producido por el tiempo de servicio (20 años aproximadamente). En el caso de nuestra planta que es relativamente reciente, la posibilidad de que se produzca esta falla es relativamente mínima.

5.4.4 El programa de mantenimiento correctivo eléctrico

Al igual que en la parte mecánica este tipo de programa se basará en el programa de mantenimiento de reemplazo y nos detendremos en las máquinas más importantes, ya que por la urgencia de su reparación se omiten actividades que no son fundamentales para este tipo de mantenimiento; también en este programa se considerará el tiempo en horas. Las principales máquinas que tienen la posibilidad de este mantenimiento son:

- Motor del compresor de aire
- Motor del compresor de nitrógeno

5.4.4.1 Gráficos PERT

En este caso tenemos los cuadros N° 62 y N° 63 donde está la determinación de tiempos y el análisis del PERT del motor del compresor de aire. Los cuadros N° 65 y N° 66, estará la determinación de tiempos y el análisis del PERT, del motor del compresor de nitrógeno.

5.4.4.2 Cronogramas de trabajo

El gráfico N° 64 es el cronograma para el motor del compresor de aire y el gráfico N° 67 es el

CUADRO N° 62

DETERMINACION DE TIEMPOS PARA EL MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE

Actividad	Número de trabajadores	Tiempo por mantenimiento (hrs)		
		Optimista	Normal	Pesimista
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	6	6	7	9
- Limpieza de la carcasa y el ventilador	3	6	7	9
- Limpieza del devanado y los terminales del motor	4	6	7	8
- Medición y ajuste de los apoyos del rotor y la carcasa	3	6	7	8
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento	6	6	7	9
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión	2	5	7	8

Los tiempos han sido calculados por:

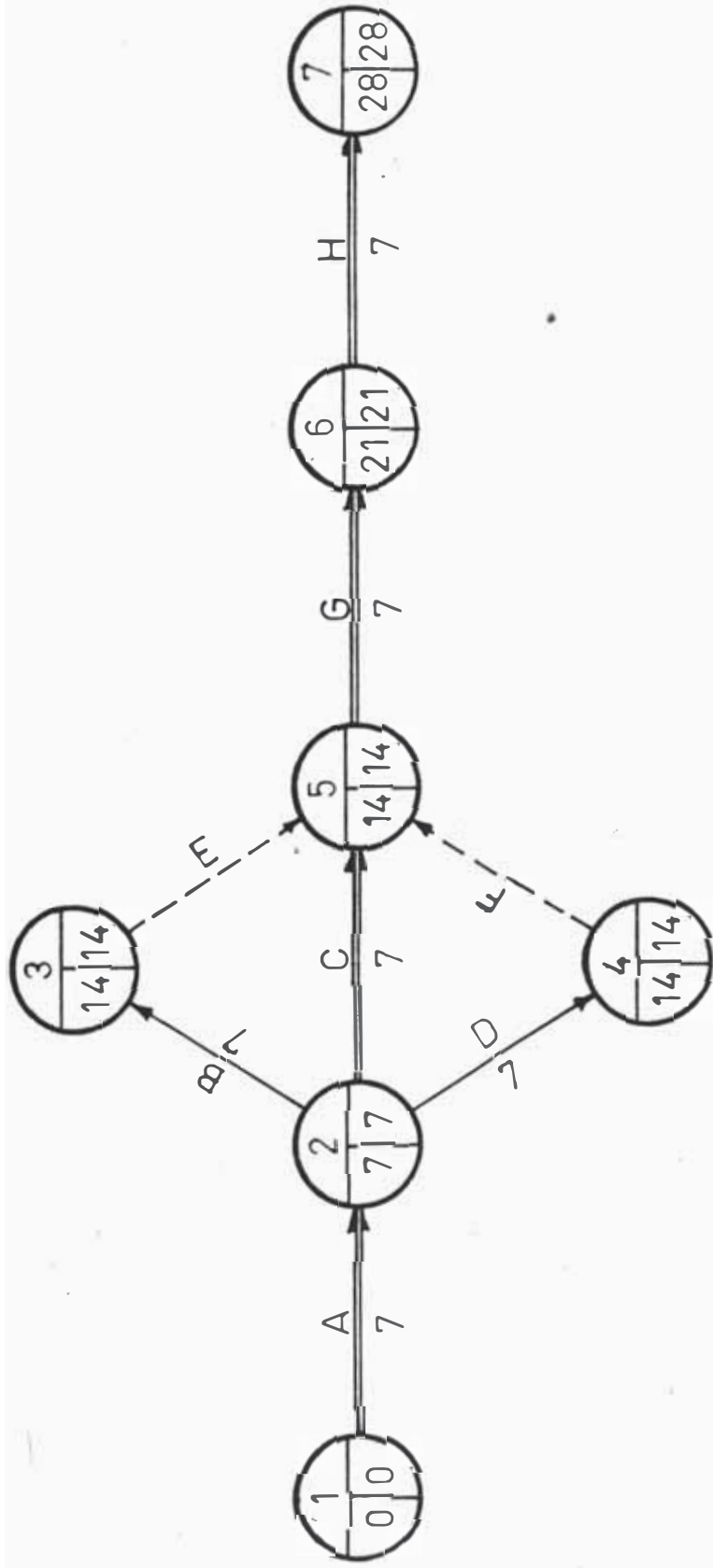
$$\varnothing = \frac{a + 4p + b}{6}$$

Donde: a = tiempo optimista

p = tiempo normal

b = tiempo pesimista

MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE



CUADRO N° 63

MOTOR DEL COMPRESOR DE AIRE

Actividad	Nudos		Tiempo de		Pronto posible		Tarde perminsb		Holgura
	I	J	trabaj	(hrs)	Comienz	Termin	Comienz	Termi	
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	1	2	7		1	7	1	7	0
- Limpieza de la carcasa y el ventilador	2	3	7		8	14	8	14	0
- Limpieza del devanado y los terminales del motor	2	5	7		8	14	8	14	0
- Medición y ajuste de los apoyos del rotor y la carcasa	2	4	7		8	14	8	14	0
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento	5	5	7		15	21	15	21	0
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión	6	7	7		22	28	22	28	0

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Eléctrico

TIEMPO DE PARADA: 48 Hrs (Turno 14 hrs diar de trab

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Motor del Compresor de Aire

211 02.2M.01.11

DESCRIPCION 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 PERSONAL

- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión
- Limpieza de la carcasa y el ventilador
- Limpieza del devanado y los terminales del motor
- Medición a ajuste de los apoyos del rotor y la carcasa
- Montaje de la carcasa alineamiento del aco lamiento
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Eléctrico TIEMPO DE PARADA: 31 Hrs (Turno 21 Hrs diar de trab)

MAQUINA PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Motor del Compresor de Aire 211 02.2M.01.11

DESCRIPCION 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 PERSONAL

- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión
- Limpieza de la carcasa y del ventilador
- Limpieza del devanado y los terminales del motor
- Medición y ajuste de los apoyos del rotor y la carcasa
- Montaje de la carcasa y alineamiento del aco lamiento
- Pruebas de las conexiones eléctricas or tensión

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____ Jefe de Departamento Jefe de División

Gráfico N°

CUADRO N° 65

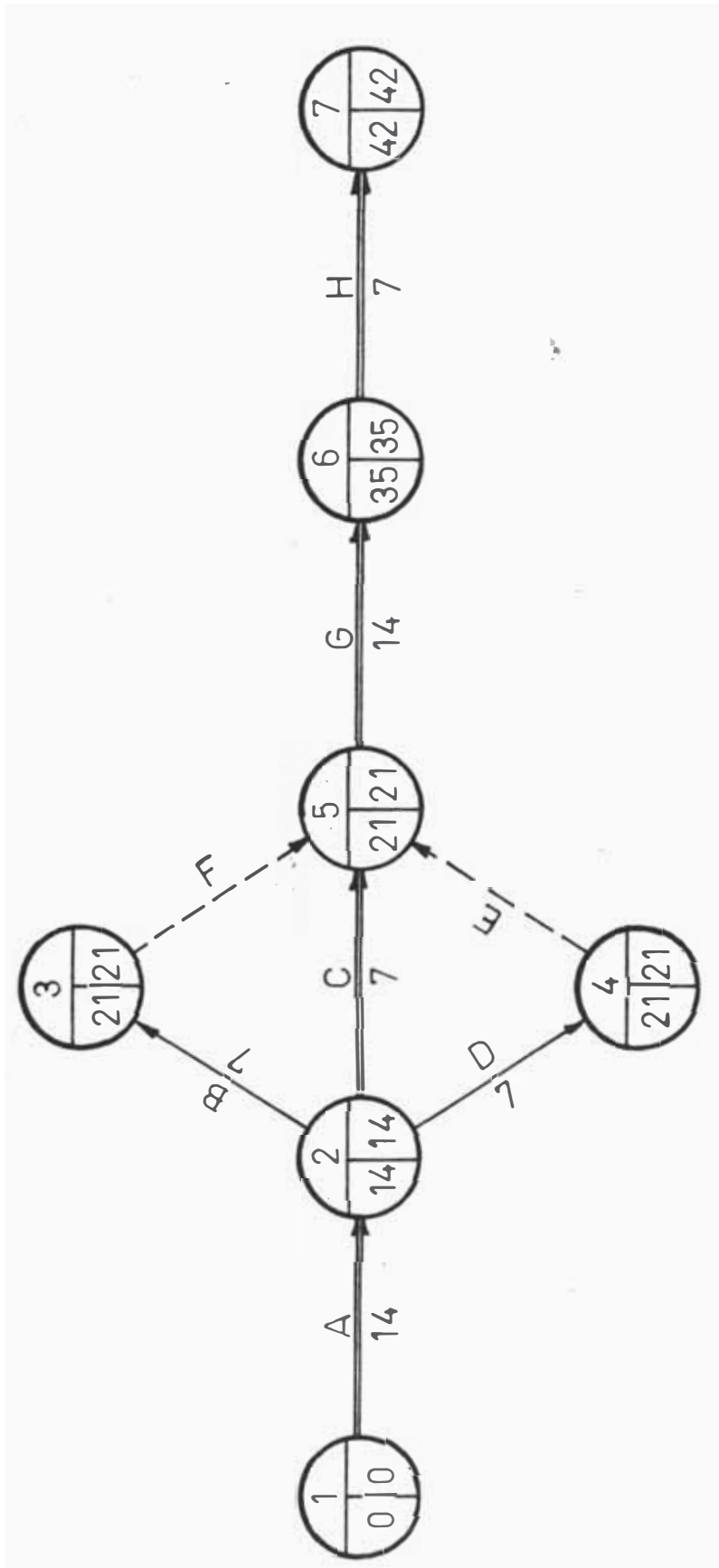
DETERMINACION DE TIEMPOS DEL MOTOR DEL COMPRESOR DE NITROGENO

Actividad	Número de Trabajadores			Tiempos por mantenimiento (hrs)		
	Optimista	Normal	Pesimista	Optimista	Normal	Pesimista
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	6	12	14	14	18	14
- Limpieza de la carcasa y el ventilador	3	5	7	7	9	7
- Limpieza del devanado, los terminales del motor y alojamiento de los rodamientos	3	6	7	7	8	7
- Medición y ajuste de los rodamientos del rotor	4	6	7	7	8	7
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento	6	12	14	14	18	14
- Prueba de las conexiones eléctricas por tensión	3	6	7	7	8	7

Los tiempos han sido calculados por:
$$\phi = \frac{a + 4p + b}{6}$$

Donde: a = tiempo optimista
 p = tiempo normal
 b = tiempo pesimista

MOTOR DEL COMPRESOR DE NITROGENO



CUADRO N.º 66

MOTOR DEL COMPRESOR DE NITROGENO

Actividad	Nudos		Tiempo de trabaj (hrs)	Pronto posible		Tarde permisb	Holgura	
	I	J		Comienz	Termin			Comienz
- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión	1	2	14	1	14	1	14	0
- Limpieza de la carcasa y el ventilador	2	3	7	15	21	15	21	0
- Limpieza del devanado, los terminales del motor y alojamiento del rodamiento	2	5	7	14	21	15	21	0
- Medición y ajuste de los carbones y los rodamientos del rotor	2	4	7	15	21	15	21	0
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento	5	6	14	22	35	22	35	0
- Prueba de las conexiones eléctricas por tensión	6	7	7	36	42	36	42	0

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Eléctrico

MAQUINA

TIEMPO DE PARADA: 72 Hrs (Turno 14 hrs diar de trab

PLANTA MAQUINA Nº Nº ORD. TRAB. Nº TAREA

Motor del Compresor de Nitrógeno

211

18.2M.01.20

DESCRIPCION

PERSONAL

PERSONAL

- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión
- Limpieza de la carcasa y el ventilador
- Limpieza del devanado y los terminales del motor y alojamiento de los rodamientos
- Medición y ajuste de los carbo-nes y los rodamientos del rotor
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

Gráfico Nº

CRONOGRAMA DE TRABAJO

DEPARTAMENTO: Eléctrico

TIEMPO DE PARADA: 48 Hrs (Turno 21 hrs diar de trab)

MAQUINA

PLANTA MAQUINA N° N° ORD. TRAB. N° TAREA

Motor del Compresor de Nitrógeno

211 18.2M.01.20

DESCRIPCION

PERSONAL

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

- Desmontaje de la carcasa y de los sistemas de conexión
- Limpieza de la carcasa y el ventilador
- Limpieza del devanado y los terminales del motor y alojamiento de los rodamientos
- Medición y ajuste de los carbones y los rodamientos del rotor
- Montaje de la carcasa y alineamiento del acoplamiento
- Pruebas de las conexiones eléctricas por tensión

Inicio de actividades: _____

Fecha: _____

Jefe de Departamento

Jefe de División

cronograma para el motor del compresor de nitrógeno. En los cronogramas de trabajo se ha programado turnos de 14 horas diarias, esto está dentro del sistema normal de trabajo de 7.30 a 23.30 horas menos 2 horas de refrigerio i descanso (representa 2 turnos normales de trabajo), también es importante indicar que el personal no está limitado en las diferentes acciones a tomar, estos turnos de 14 horas, se programa por razones de las inclemencias del tiempo que no dejan laborar; pero también es determinativo que a veces se tiene que trabajar las 24 horas del día para que el tiempo de parada sea lo más breve, estas dos programaciones indicados están en los respectivos cronogramas de trabajo.

5.4.5 El programa de mantenimiento correctivo de instrumentación

Por la naturaleza misma de los instrumentos de control es muy importante la existencia de un stock mínimo y su control estricto de dicha existencia.

El programa de mantenimiento correctivo de instrumentación se basa en el reemplazo de un determinado instrumento cuando este falla, estos instrumentos que se cambian son instrumentos que al fallar paralizan el sistema de producción enclavando todo el sistema. Específicamente estos elementos son los que existen en almacenes para el caso de parada y hacer el reemplazo respectivo, los otros instrumentos como visores ó manómetros o registradores se puede reparar en pleno funcionamiento de la planta y la reparación no debe de trascender más de un día, en estos casos se dedican dos personas porque muchas personas no sería posible la eficiencia del trabajo.

5.5 Programa de lubricación

Uno de los aspectos fundamentales para la conservación de los elementos rotativos es una buena lubricación en sus partes. Por consiguiente la correcta lubricación de las máquinas asegura su buen funcionamiento, prolonga la vida útil de las piezas expuestas a fricción y reduce el consumo de energía. Si bien la lubricación es capaz de retardar el desgaste, no puede evitarlo. Por lubricación correcta se entiende la aplicación del lubricante adecuado en el lugar que corresponda a intervalos y en cantidades correctas.

Para obtener lo anterior hay que trazar un plan ó programa de lubricación cuyo éxito dependerá de un seguimiento minucioso y estricto, el análisis de diseños, materiales y condiciones de trabajo de las máquinas. Aún así la lubricación puede no ser eficaz. Es necesario disponer de un método de control, registrar antecedentes reducir posibilidad de error, seguir un sistema actualizado que permita obtener un elevado factor de utilización de la maquinaria y por ende, elevar los niveles de producción.

Nuestro programa de lubricación se ha tratado de disminuir las variedades de lubricación para evitar una mixtificación y el lubricador pueda tener un seguimiento y facilidad de conocimiento de los lubricantes.

En el capítulo 4, de análisis crítico de las operaciones se ha hecho el análisis a cada una de las máquinas tanto de las operaciones primarias y operaciones secundarias y las máquinas que requieren lubricación, se ha determinado la necesidad del lubricante a usar.

5.5.1 Requerimientos de personal

En los diferentes departamentos de mantenimiento se requiere los diferentes sistemas de lubricación es así que:

- En el departamento de mantenimiento mecánico, donde prácticamente está concentrado el total de los diferentes sistemas de lubricación, existe un operario lubricador y su ayudante; el lubricador tiene como función principal, de dar cumplimiento al programa de lubricación de chequear las existencias de los lubricantes, está encargado de todos los elementos para lubricar.
- En el departamento de maestranza, está a su cargo la lubricación de sus diferentes máquinas; pero para este control está llevado por el operario de lubricación de mantenimiento mecánico.
- En el departamento eléctrico el trabajo de lubricación a los rodamientos de los motores lo lleva el operario encargado de los motores.
- En el departamento de Instrumentación prácticamente no se lleva la lubricación, pero si es que se requiere para cualquier instrumento cada operario que necesita lo realiza.

5.5.2 Aceites i grasas

La gama de lubricantes que se usan en las diferentes máquinas, se ha determinado en el capítulo 4, en base a este análisis se ha visto por conveniente realizar o poner un símbolo o código a cada tipo de grasas y lubricantes, el cual será el patrón para la adquisición de cualquier grasa o lubricante, es así en el cuadro N° 68, se ha codificado de tal manera que de la letra A hasta la letra N, son aceites y desde la P, hasta la Z son grasas. Mediante este cuadro el operario lubricador hará sus pedidos de lubricantes teniendo las caracte-

CUADRO N° 68

CUADRO DE LUBRICANTES (ACEITES)

Código	Viscosidad (38°C)	Indice de Viscosidad	Punto de fluidez	Punto de inflección	Punto de goteo	Valor de neu- tralización	Penetra ción	Base
A	140-170 SSU	85 mínimo	-12° C	188°C mín		0.15 máximo		
B	300 SSU	98	- 9° C	229°C				
D	577,5 SSU	101 mínimo	-17° C	238°C				
D	675 SSU	100	5.6°C	193°C		0.45 máximo		

(GRASAS)

p 180-185°C LHS

rísticas más importantes.

5.5.3 Diagrama de flujo del programa de lubricación

El programa de lubricación tiene un sistema de trabajo. Este sistema está en el diagrama de flujo para el programa de lubricación en el gráfico N° 69, el diagrama de flujo en sus diferentes etapas indica lo siguiente:

- Manuales de máquinas

Mediante la revisión de los manuales de las diferentes máquinas determinamos los lubricantes que se requiere, esto está en un cuadro (N° 68) y se le designa un código a cada tipo de lubricante.

- Fijar frecuencia de cambio

En esta etapa se realiza el maestro de frecuencia de cambio ó aumento del lubricante.

- Ordenes de trabajo

Teniendo un maestro de frecuencias de cambio o aumento de lubricante, se procede a la emisión de las respectivas ordenes de trabajo para su ejecución, con fechas y tiempos.

- Posibilidad de cambio

Una vez realizado la orden de trabajo existe la posibilidad de ejecutar o no ejecutar la orden por los diferentes motivos que puede suceder, estos aspectos estan enmarcados en la respectiva orden de trabajo.

ri te o es era de la
e la uina

o del lubricante ó

es, uno es que

que hacer

el pedido de su compra urgente para evitar malograrse. La otra razón es que la máquina este desmontada entonces se tendrá que esperar que termine dicha reparación.

- Fijar fecha

Ante la no posibilidad de cambio de lubricante y previsto lo anterior, se tendrá que fijar la fecha más requerida para ejecutar el cambio, esta fecha genera otra orden de trabajo para su atención.

- Cambio de lubricante o aumento

Ante la posibilidad de cambio se procede a ejecutar la respectiva orden de trabajo y se reportará indicando que se ha realizado el cambio ó aumento.

- Tarjeta de lubricación

Cada máquina que requiera lubricación tiene una tarjeta. Cuando se realiza el cambio de lubricante se hace un análisis de la orden y ante cualquier novedad o problema se registra en su respectiva tarjeta para tener los antecedentes respectivos.

- Recordar fecha proxima de cambio o aumento

En la orden de trabajo como también en la tarjeta de lubricación se deberá colocar la fecha del próximo cambio ó aumento de lubricante que deba realizarse a cabo, basado en el maestro de frecuencia que tienen cada máquina.

Es importante indicar que los diferentes sistemas de lubricación hace de que no es necesario parar una máquina para ejecutar la respectiva orden de trabajo.

FLUJO DEL PROGRAMA DE LUBRICACION

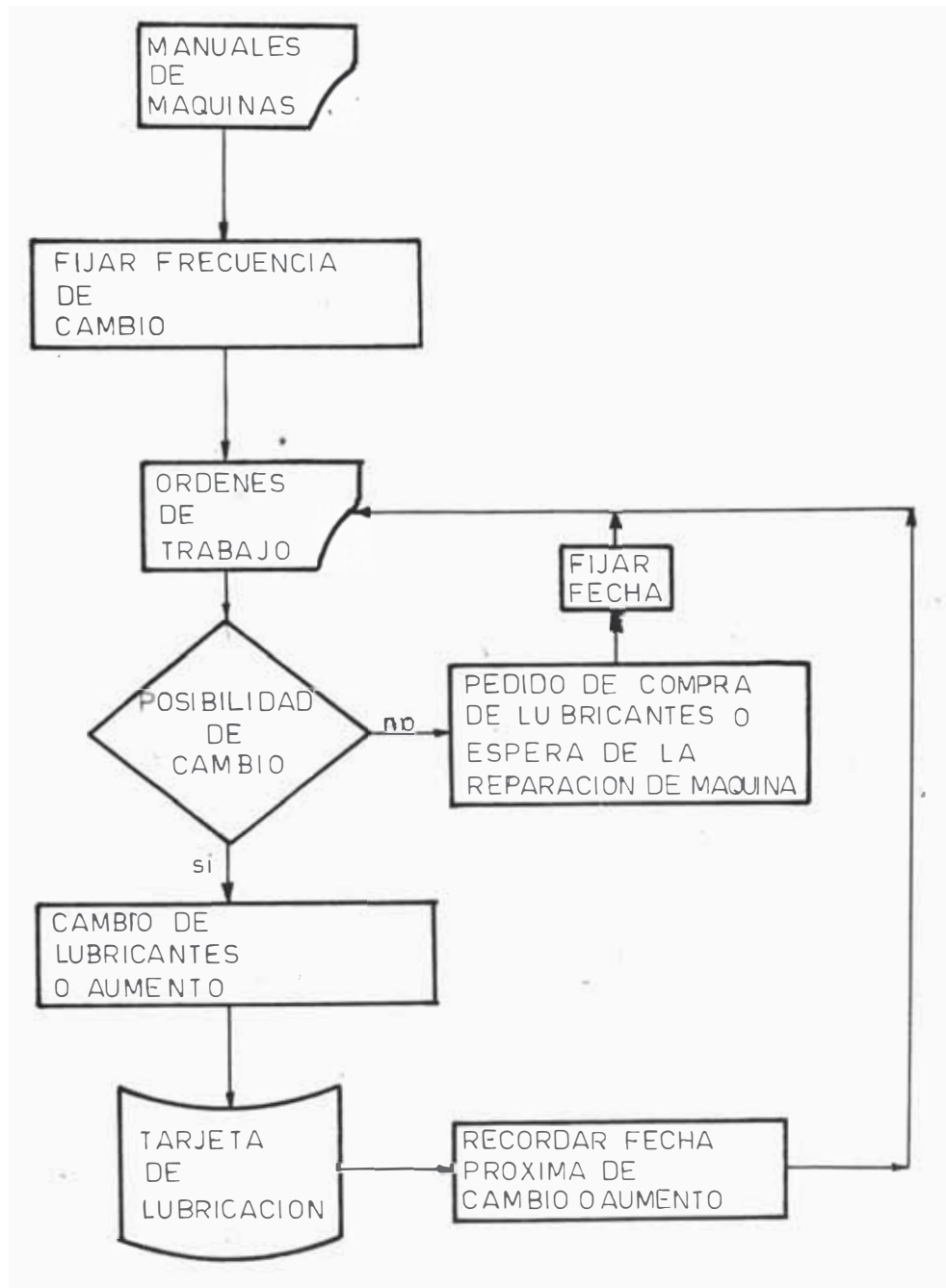


Gráfico N° 69 :

5.5.4 Programa de lubricación

La realización del programa de lubricación es hecho por el Jefe de la División de Mantenimiento en base a las informaciones obtenidas de los manuales de las máquinas. Antes de realizar el programa se tiene que ver con la construcción de las frecuencias y luego construir el propio programa de lubricación.

5.5.4.1 Frecuencias de lubricación

En el cuadro N° 70 se ha determinado la frecuencia del programa. En base al cuadro N° 70 podemos construir nuestro programa de lubricación para lo cual hemos agrupado las actividades en la siguiente forma:

- Mensual:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire
211.19.10.10.10	Turbina de expansión
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del compresor de aire

- 3 meses:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire

- Anual:

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite
211.07.10.06.20	Sistema de válvulas tipo conmutador
211.19.2M.10.10A	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión

CUADRO N° 70

FRECUENCIA DE LUBRICACION

MECANICO

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>	<u>Puntos de lubricación</u>	<u>Tipo</u>	<u>Frecuencia</u>
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo de las 4 etapas	A	Mensual
		Acoplamiento	P	Mensual
211.01.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite	Apoyos	P	Annual
211.07.10.06.20	Sist. Vál. tipo conmutador	Cilindro de accionamiento	C	Annual
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Cigüeñal	D	Mensual
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Eje (sello de aceite)	A	Mensual

ELECTRICO

<u>Código</u>	<u>Máquina</u>	<u>Puntos de lubricación</u>	<u>Tipo</u>	<u>Frecuencia</u>
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Apoyos	A	3 meses
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del compresor de aire	Apoyos	P	mensual
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos		Mensual
211.19.2M.10.10A	Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión	Apoyos	P	Annual

Estos cuadros de las frecuencias, son los que generan las ordenes de trabajo. En el programa anual se hace coincidir con el programa de mantenimiento de reemplazo.

5.5.4.2 Programa de lubricación

Teniendo en consideración que para la mayor parte de la ejecución de las diferentes actividades no es necesario parar la máquina, es así que de las frecuencias obtenidas anteriormente podemos construir nuestro programa de lubricación. Este programa en un sistema computarizado nos podría dar un control más estricto.

En el cuadro N° 71, representa el programa preparado para el año 1985, programa que pensamos se ha cumplido a cabalidad sin ningún problema de falta de lubricantes, se ha modificado en algunos casos por falta de energía eléctrica de la Central Hidroeléctrica y algún mantenimiento correctivo que realmente no ha tenido insidencia.

El programa de lubricación ha sido determinado para ser aplicado a partir del 27 de Mayo de 1985, fecha en el cuál se arranca la planta de fraccionamiento de aire. En el programa de lubricación se determina los siguientes aspectos: código de la máquina, para una ubicación mejor de las tarjetas de lubricación donde se determina las diferentes partes que deben lubricarse, tipo de lubricante o grasa para el punto en el cual quiere lubricarse, la fecha correspondiente donde debe ejecutarse la respectiva actividad.

5.5.5 Stock mínimo de aceites y grasas

Es necesario tener un stock mínimo constante y permanente para garantizar la ejecución del programa de lubricación.

CUADRO N° 71

PROGRAMA DE LUBRICACION

Código	Máquina	Puntos de Lubricación	Lubri- cante	Fecha Día Mes Año
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	25 06 85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Eje	A	25 06 85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	B	25 06 85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Acoplamiento	P	27 06 85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Cigüeñal	D	27 06 85
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	P	27 06 85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	30 07 85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Acoplamiento	P	30 07 85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Eje	A	30 07 85
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Cigüeñal	D	30 07 85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	P	30 07 85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyos	B	30 07 85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Acoplamiento	P	02 09 85
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	02 09 85
		Cigüeñal	D	02 09 85
		Apoyos	A	02 09 85

(Continúa Cuadro N° 71 - Parte II)

Código	Máquina	Puntos de lubricación	Lubri- cante	Fecha		
				Día	Mes Año	
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	P	02	09	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Eje	A	02	09	85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	B	02	09	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	02	10	85
		Acoplamiento	P	02	10	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Eje	A	02	10	85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	B	02	10	85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Cigüeñal	D	02	10	85
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	P	02	10	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Acoplamiento	P	04	11	85
		Apoyo 4 etp	A	04	11	85
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Cigüeñal	D	04	11	85
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	P	04	11	85
		Eje	A	04	11	85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Apoyos	B	04	11	85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	A	02	12	85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	04	12	85

(Continúa Cuadro N° 71 - Parte III)

Código	Máquina	Puntos de Lubricación	Lubri- cante	Fecha Día Mes Año
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Acoplamiento	P	04 12 85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Cigüeñal	D	04 12 85
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Eje	A	04 12 85
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	B	04 12 85
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyos	P	04 12 85
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Apoyo 4 etp	A	06 01 86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Acoplamiento	P	06 01 86
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Eje	A	06 01 86
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	B	06 01 86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Cigüeñal	D	06 01 86
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Apoyos	P	06 01 86
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Apoyo 4 etp	A	06 02 86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Acoplamiento	P	06 02 86
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Cigüeñal	D	06 02 86
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Eje	A	06 02 86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Apoyos	B	06 02 86
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	P	06 02 86

(Continúa Cuadro N° 71 - Parte IV)

Código	Máquina	Puntos de Lubricación	Lubri- cante	Fecha Día Mes Año
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyo 4 etp	A	06 03 86
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Acoplamiento	P	06 03 86
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Cigüeñal	D	06 03 86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Eje	A	06 03 86
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Apoyos	B	06 03 86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyos	P	06 03 86
211.18.10.01.20	Compresor de nitrógeno	Apoyo 4 etp	A	07 04 86
211.19.10.10.10	Turbina de expansión	Acoplamiento	P	07 04 86
211.18.2M.01.20	Motor del compresor de nitrógeno	Cigüeñal	D	07 04 86
211.02.2M.01.10K	Motor de la bomba de aceite del com- presor de aire	Eje	A	07 04 86
211.02.10.01.10	Compresor de aire	Apoyos	B	07 04 86
211.02.10.01.10K	Bomba auxiliar de aceite	Apoyos	P	07 04 86
211.07.10.06.20	Sist. válvulas tipo conmutador	Cilindro de acción	C	30 04 86
211.19.2M.10.10A	Motor de la Bomba de aceite de la turbina de expansión	Apoyos	P	30 04 86
211.02.2M.01.11	Motor del compresor de aire	Apoyos	A	30 04 86

Para determinar cantidades de stock, en almacenes es necesario tener un conocimiento del consumo de cada máquina en aceites y grasas. En el siguiente cuadro se ha determinado los siguientes rubros: nombre de la máquina, aceite o grasa según el uso que tenga en relación al código determinado en el cuadro N° 68 y cantidad que usará cada máquina.

Máquina	Aceite o <u>grasa</u>	Cantidad
- Compresor de aire	A	568 dm ³
	P	500 grs
- Bomba aux. de aceite del com presor de aire	P	100 grs
Sist vál tipo conmutador	C	5 dm ²
- Compresor de nitrógeno	D	26 dm ³
- Turbina de expansión	A	189 dm ³
- Motor del compresor de aire	A	3.8 dm ³
- Motor de la bomba de aceite del compresor de aire	P	100 grs
- Motor del compresor del com- presor de nitrógeno		3.8 dm ³
- Motor de la bomba de aceite de la turbina de expansión	P	100 grs

Se ha determinado el uso de aceites y grasas para las diferentes máquinas en el cuadro N° 72, se determina las diferentes cantidades por tipo de aceite o grasa que debe haber en existencia. Se ha tomado una cantidad del 200% del consumo total, esto es en caso de necesidad de realizar un cambio total. En el cuadro N° 72 se determina los siguientes títulos:

- Código de aceite y la grasa según el cuadro N°68
- Cantidad de lubricante que se usa según el tipo de aceite o grasa

CUADRO N° 72

STOCK MINIMO DE LUBRICANTES

Aceite <u>ó grasa</u>	Cantidad de uso	Cantidad para stock	Posibles marcas de lubricantes
A	760.8 litros	1,522 litros	Texaco Regal Oil & 032 Mobil Dte Oil Light Turbinol 52 (Petro Perú)
B	3.8 litros	8 litros	Shell Turbo Oil T 32 Gulf Armony N° 44 Texaco Regal R & 068 Mobil Dte Oil Medium Shell turbo T Oil 68, Esso turbina Teresso Energol Turbina THB 68
C	5.0 litros	10 litros	Petrolube Universal 30, Amoco 100 Sae 30 Shell Melina Oil 30
D	26.0 litros	52 litros	Texaco Regal R & 068, Shell X-100-40 Petrolube Universal Sae 40
F	800.0 gramos	1,600 gramos	Texaco Regal AF B-2, Shell Albania R-3 Mobil Mobilux EP-2, Esso Lades M2

- El stock mínimo sugerido para almacenes
- Las marcas que cumplen con los diferentes tipos de lubricantes.

Ha sido necesario construir un almacén exclusivo para los lubricantes con sus respectivos caballetes y bombas para extraer de los cilindros.

El stock que se ha determinado en el cuadro N° 72 es referencial para el almacenero ya que siempre normalmente existe más de las cantidades señaladas.

6

ECONOMIA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

6.1

Generalidades

Una gran inversión económica en una maquinaria requiere que este funcionando a plena capacidad y eficiente ente de tal manera que se pueda recuperar lo invertido y lograr ganancia. El cometido de mantener esta maquinaria dentro de sus rangos de trabajo está a cargo de personal de mantenimiento.

Dentro del desarrollo del trabajo que ha antecedido a este capítulo se ha determinado la organización del personal de mantenimiento y los alcances de este, fundamentalmente. La existencia de una División de Mantenimiento debidamente organizado trae consigo la garantía y la eficiencia de trabajo de cualquier sistema productivo.

Consecuentemente este movimiento de mantenimiento genera un sistema de costos en diferentes rubros contables, estos costos totalizados determinan un porcentaje de gastos dentro de los costos fabriles, estos gastos han ido controlandose gracias a un programa de mantenimiento debidamente organizado; estos gastos no productivos se están disminuyendo mediante el empleo de prácticas y recursos como sistemas de ordenamiento del trabajo y ciertas normas de trabajo que se han manifestado anteriormente y esto sería más beneficioso aún

con empleo de métodos de información computarizados.

En razón a lo que debe ser este capítulo como un análisis económico desde el punto de vista de ingeniería frente al éxito del programa de mantenimiento en una fábrica de Nitrato de Amonio, de una planta de fraccionamiento de aire, se realizarán desde los siguientes puntos:

- Antecedentes de la planta de fraccionamiento de aire.
- Mano de obra
- Repuestos
- Lubrificantes y materiales de mantenimiento
- Horas perdidas de producción
- Envejecimiento de máquinas
- Costo por mantenimiento de la planta de fraccionamiento de aire

6.2 Antecedentes de la planta de fraccionamiento de aire

La planta de fraccionamiento de aire es una de las plantas que intervienen en el proceso de producción (ver gráfico N°1) de la fábrica de nitrato de amonio.

La planta de fraccionamiento en actual operación ha venido presentando problemas y deficiencias técnicas desde el inicio de operación de la fábrica (1965), debido básicamente en su tecnología obsoleta de lo cual los problemas técnicos y de operación de la planta después de 11 años de trabajo eran cada vez más serios y frecuentes, llegando a producir la paralización total de la fábrica, con las consiguientes pérdidas económicas y desmedro de la producción.

6.2.1 Incidencia económica con el sistema obsoleto

El resultado final de los problemas indicados anteriormente es que la planta en vez de operar en forma ininterrumpida durante un año tuvo que parar cada 12 días para efectuar deshielos-limpieza, que ocasionan una pérdida promedio de 18 horas de producción por parada, es decir cada mes se pierde aproximadamente 45 hrs de producción.

La capacidad instalada de la fábrica es de 118 TM de nitrato de amonio al 33.5% de N_2 /día.

La pérdida anual en horas de producción es:

$$45 \frac{\text{hrs}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} = 540 \text{ hrs.}$$

La pérdida de producción en TM/año

$$\frac{118 \text{ TM}}{24 \text{ Hrs}} \times \frac{540 \text{ hrs}}{\text{año}} = 2,655 \frac{\text{TM}}{\text{año}}$$

Teniendo conocimiento que el costo del fertilizante es de \$ 101.37 (1\$ = \$/ 65.00) TM.

$$2,655 \text{ TM/año} \times \$101.37 = \$ 269,137.35 \text{ /año.}$$

Considerando el costo de una planta nueva de fraccionamiento de aire aproximadamente en \$ 1'100,000.00 esta con solamente la reducción de paradas de planta por cambio de tecnología, podría ser recuperada en un plazo no mayor de 8 años.

6.2.2 Adquisición de planta nueva

Los hechos indicados anteriormente conjuntamente con la posibilidad de incrementar la producción actual de la fábrica por la eliminación del "cuello botella", que representaba la reducida capacidad de producción de la planta de fraccionamiento de aire, han obligado a la empresa a tomar decisión de renovarla.

Teniendo un estudio o informe de la planta obsoleta se convocó a licitación pública internacional

con financiamiento de la nueva planta de fraccionamiento de aire.

En la licitación se pidió los sobres que son:

- Propuesta técnica
- Propuesta económica

Ante esto se presentaron dos firmas, una norteamericana y otra alemana.

Dentro de la propuesta técnica se ha considerado las siguientes consideraciones:

- Calidad de producto
- Capacidad (2,500 M³N/h)
- Consumo de energía
- Consumo de agua
- Operación sin deshielo
- Tiempo de deshielo y vuelta a operar
- Tiempo de puesta en marcha después de paradas
- Compresor de aire
- Sistema de purificación de aire
- Expansor
- Columna de fraccionamiento
- Control, alarma y seguridad
- Equipo eléctrico
- Stock de repuestos
- Obras civiles
- Plazo de entrega

Después del análisis de las propuestas el equipo alemán fue técnicamente superior a la de Estados Unidos. Sin embargo la diferencia entre ambas ofertas no es de una importancia tal como para descartar a una de ellas sin haber estudiado las respectivas propuestas económicas.

Al finalizar todo y con la modalidad de "llave en mano", se dió la buena pro a la adquisición de una planta de fraccionamiento a la firma norteamericana.

6.2.3 Eficiencia de consumo y producción actual de planta

Lo indicado anteriormente que la planta se ha comprado con una determinada capacidad de producción que es de 2,500 M³/rs. y en la actualidad la planta no trabaja a plena capacidad; pero también debemos tener en cuenta que esta planta se ha adquirido sobredimensionado, teniendo en consideración ampliar las instalaciones para la mayor producción de nitrato de amonio.

Con respecto a la producción actual se ha determinado de las estadísticas para un conocimiento más real por que tenemos que considerar la existencia de pérdidas por purgas ya que también un balance estequiométrico no dará un resultado más realista que se requiere para estos casos. En el cuadro N° 73 tenemos los datos obtenidos de la producción de nitrato y nitrógeno:

Teniendo conocimiento del consumo de nitrógeno por TM de nitrato de amonio, se puede deducir un consumo mensual. La producción mensual de nitrato de amonio (NH₄ NO₃), está considerado en 2,200 TM, entonces tenemos:

$$\text{Consumo de H. mensual} = \frac{291.98 \text{ m}^3\text{H}}{\text{TM}(\text{NH}_4\text{NO}_3)} \times 2,200 \frac{\text{TM} (\text{N H}_4\text{NO}_3)}{\text{mes}}$$

$$\text{Consumo de H. mensual} = 642,356 \frac{\text{m}^3\text{H}}{\text{mes}} = 892.16 \frac{\text{m}^3\text{H}}{\text{hr.}}$$

Esta cantidad que se requiere de hidrógeno para la producción de nitrato de amonio nos dará a conocer la eficiencia de consumo de la planta de fraccionamiento:

$$\text{E.C.} = \frac{\text{Consumo actual}}{\text{Producción nominal}}$$

CUADRO Nº 73

PRODUCCION DE NITRATO DE AMONIO ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$)

Producción mensual	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$ (TM)	Nitrógeno (m3)	$\text{N m}^3/\text{NH}_4 \text{NO}_3$ (TM)
- Diciembre 1985	1,715.95	506,472	295.155
- Noviembre 1985	2,026.45	581,760	287.083
- Octubre 1985	1,801.90	520,720	288.984
- Setiembre 1985	1,802.50	538,480	298.741
- Agosto 1985	2,489.50	721,760	289.922
Promedio:	1,967.26	573,838	291.977

II Costos indirectos	89%
- Mano de obra indirecta	13%
- Materiales e insumos	21%
- Energía eléctrica	47%
- Depreciaciones y amortizaciones	5%
- Otros gastos fijos	3%
Total I y II	<u><u>100%</u></u>

Los costos de producción que se han mencionado representan el 80% de los ingresos por ventas, en el cuadro N° 74, tenemos la proyección del estado de ganancias y pérdidas anual.

De dicho cuadro podemos determinar que de lo indicado anteriormente en el supuesto de Ventas = Producción, tendríamos un ingreso de :

Ventas = Producción x Precio de TN

Ventas = 26,400 TN x 335.00 dólares/TN U.S.

Ventas = 8'844,000 dólares U.S.

De estos ingresos como se ha indicado en cuadro se han deducido los egresos correspondientes, de lo cual queda un remanente neto de 18.82% ---- (1'664,859 dólares). Este remanente neto es la ganancia que se obtiene por las diferentes plantas lo realizamos de acuerdo a los egresos que determina cada planta dentro de sus costos de producción.

En el cuadro N° 75, se ha determinado en forma porcentual este remanente neto entre las diferentes plantas de la cual podemos observar lo que corresponda a la planta de fraccionamiento de aire, esto dentro de lo que pueda representar una cantidad de ganancia, esto representa 294,514 dólares U.S. Para hallar estos costos de producción se ha considerado lo siguiente:

CUADRO N° 74

PROYECCION DEL ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS ANUAL

Rubros	Valor (\$)(₪)	Porcentaje (%)
I. Ingresos	8'844,000.00	100.00
II. Egresos	7'075,200.00	80.00
Costos directos	778,272.00	8.80
Costos indirectos	6'296,828.00	71.20
III. Remanente Bruto	1'768,800.00	20.00
(-) Gastos financieros (₪ ₪)	103,941.00	1.18
IV. Remanente Neto	1'664,859.00	18.82

Nota: (₪) : 1 \$ U.S. = 1/13.95

(₪ ₪): Solo se considera gastos financieros de 1986.

CUADRO N° 75
DISTRIBUCION DE COSTOS (\$ U.S.)

<u>Plantas</u>	<u>Costo de producción</u>	<u>Porcentaje (%)</u>	<u>Remanente neto</u>
- Tratamiento de agua	278,551	3.88	64,597
- Fraccionamiento de aire	1'269,990	17.69	294,514
- Electrolisis	1'788,324	24.91	414,716
- Síntesis de amoniaco	299,370	4.17	69,425
- Acido nítrico	315,164	4.39	63,087
- Producción de fertilizantes	3'227,742	44.96	748,521
TOTAL	7'179,141	100.00	1'664,859

- Las estadísticas proporcionales de los años pasados
- Los gastos indirectos se distribuyen proporcionalmente a cada planta, ya que para casos de valorización se incluye entre el 10 - 20% de los costos de producción.

Teniendo en consideración el cuadro N° 75 podemos lograr un punto de equilibrio de la planta. Del cuadro N° 75 tenemos los siguientes datos para la planta de fraccionamiento de aire:

Costo de producción = 1'269,990 \$ U.S.

(17.69% del costos total de producción)

Remanente neto = 294,514 \$ U.S.

Lo que requiere es analizar los costos de producción para tener elementos para analizar conómicamente como:

$$CP = CF + CV$$

Donde:

CP = Costo de producción

CF = Costo fijo

CV = Costo variable

En el caso de la planta de fraccionamiento los costos variables son igual a cero por las siguientes razones:

- La energía eléctrica es de consumo continuo ya sea para producir cualquier cantidad de nitrógeno.
- El único insumo es el aire

Entonces teniendo en cuenta lo anterior podemos indicar:

$$CP = CF$$

Porque: $CV = 0$

Teniendo los siguientes datos podemos construir un gráfico:

$$CP = 1'269,990 \text{ \$ U. S.}$$

Unidades = Producción mensual x 12

Del cuadro N° 73:

$$\text{Unidades} = 7'708,272 \text{ m}^3\text{H}$$

Del cuadro N° 75:

$$\text{Remanente neto} = 294,514 \text{ \$ U.S.}$$

Tenemos:

$$CP = CF + CV \quad \dots\dots\dots(i)$$

Si reemplazamos:

$$Y = CP$$

$$a = CF$$

$$X = CV = 0$$

Reemplazamos en (i)

$$Y = a \quad \dots\dots\dots(ii)$$

$$Y = 1'269,990$$

También tenemos:

$$CT = \bar{c}N$$

Donde:

CT = Costo total por toda la producción

\bar{c} = Costo por m^3 de N_2

N = Cantidad de producción

Si reemplazamos:

$$CT = Y$$

$$N = X$$

Tenemos:

$$Y = cX \quad \dots\dots\dots(iii)$$

También tenemos que:

$$\text{Remanente neto ó Utilidad} = CT - CP$$

Reemplazando en (ii) y (iii) tenemos:

$$U = cX - Y = cX - a \quad \dots\dots\dots(iv)$$

Si:

$$U = 294,514 \text{ \$ U.S.}$$

$$X = 7'708,272 \text{ m}^3 \text{ N}_2$$

$$a = 1'269,990 \text{ \$ U.S.}$$

Reemplazando en (iv)

$$294,514 = c(7'708,272) - 1'269,990$$

de donde:

$$c = \frac{294,514 + 1'269,990}{7'708,272}$$

$$c = 0.203 \frac{\text{\$ U.S.}}{\text{m}^3 \text{ H}_2}$$

Reemplazando en (iii)

$$Y = 0.203 X \dots\dots\dots(v)$$

Para hallar el punto de equilibrio tenemos que reemplazar la ecuación (ii) en la ecuación (v):

$$Y = 1'269,990 \quad \text{de (ii)}$$

$$Y = 0.203 X \quad \text{de (v)}$$

Luego:

$$X = \frac{1'269,990}{0.203}$$

$$X = 6'256,108.37 \text{ m}^3 \text{ H}_2$$

Teniendo conocimiento de los datos indicados anteriormente construimos el cuadro N° 76 de los parámetros que se obtenga construiremos el gráfico N° 77, donde podremos observar gráficamente el punto de equilibrio y las utilidades que se podría lograr a plena producción.

Del cuadro N° 76 y del gráfico N° 77 podemos indicar losiguiente:

- Se requiere producir más de $6'256,108 \text{ m}^3 \text{ H}_2$ para que la planta de fraccionamiento de aire adquiera utilidades.
- La producción actual de la planta es más que del punto de equilibrio en un 23% ó se $7'708,272 \text{ m}^3 \text{ H}_2$, la cual da una utilidad de \$ U.S. 294,514.
- Si la planta trabajara a plena carga produciría

CUADRO N° 76

COMPROBACION DEL PUNTO DE EQUILIBRIO DE LOS COSTOS Y VENTAS DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE

Unidades X (m ³ H ₂)	Costo de producción		Ventas		Utilidad ó pérdida	
	Y ₁ =	Y ₂ =	Y ₂ =CX	(C=0.203 \$US)	Y ₂ - Y ₁	Y ₂ - Y ₁
1'000,000	1'269,990	203,000	-	-	-	1'066,990
2'000,000	1'269,990	406,000	-	-	-	863,990
4'000,000	1'269,990	812,000	-	-	-	457,990
6'000,000	1'269,990	1'218,000	-	-	-	51,990
6'256,108.57	1'269,990	1'269,990	-	-	-	0 (P.E.)
7'708,272 (Prod. Actual)	1'269,990	1'564,504	-	-	-	294,514
8'000,000	1'269,990	1'624,000	-	-	-	354,010
10'000,000	1'269,990	2'030,000	-	-	-	760,010
12'000,000	1'269,990	2'436,000	-	-	-	1'166,010
14'000,000	1'269,990	2'842,000	-	-	-	1'572,010
16'000,000	1'269,990	3'248,000	-	-	-	1'978,010
18'000,000	1'269,990	3'654,000	-	-	-	2'384,010
20'000,000	1'269,990	4'060,000	-	-	-	2'790,010
21'600,000	1'269,990	4'384,800	-	-	-	3'114,810

21'600,000 m³H₂, lo que daría una utilidad de \$ S.U. 3'114,810, que representa 957.6% más de la actual esto se ve limitado por la razón que las otras plantas su capacidad no es amplia.

Si consideramos en la producción de nitrato de amonio sería una producción de :

(del cuadro N° 73)

$$\text{Producción a plena carga} = \frac{21'600,000 \text{ m}^3\text{H}_2}{291.977 \text{ m}^3\text{H}_2/\text{NH}_4 \text{ NO}_3 \text{ TN}}$$

$$\text{Producción a plena carga} = 73,978 \text{ TN de NH}_4 \text{ NO}_3$$

Lo cual en dólares representaría a:

$$\text{Venta} = \frac{(\$ \text{ U.S. } 335.00) (73,978 \text{ TN de NH}_4 \text{ NO}_3)}{\text{TN de NH}_4 \text{ NO}_3}$$

$$\text{Venta} = \$ \text{ U.S. } 24'782,630$$

(Del cuadro N° 74)

A plena carga se tendría una utilidad por la producción de Nitrato de Amonio.

$$\text{Utilidad} = \$ 4'664,091 \text{ U.S.}$$

También es importante indicar que en esta oportunidad se ha determinado el costo de venta del nitrógeno en m₃ de la ecuación (iii) y el resultado (v) de:

$$1 \text{ m}^3 \text{ H}_2 = \$ 0.165 \text{ U.S.}$$

Pero esto irá variando cuando se produzca mucho más volumen ya que el precio determinado está indicado en base al volumen de producción actual de 7'708,272 m³ de H₂ en el cuadro N° 78 y el gráfico N° 79, tenemos el valor de acuerdo al volumen el precio unitario del m³ H₂, actualmente se vende nitrógeno en muy poca cantidad al precio de:

$$1 \text{ m}^3 \text{ H}_2 = \$ \text{ U.S. } 0.70$$

de acuerdo al mercado nacional.

CUADRO Nº 78

EVALUACION DE COSTOS UNITARIOS

<u>Unidades (X)</u>	<u>Costo de producción (a)</u>	<u>Costo unitario (a/x)</u>
1'000,000	1'269,990	1.270
2'000,000	1'269,990	0.635
4'000,000	1'269,990	0.315
6'000,000	1'269,990	0.212
6'256,108.57 (Punto de equilibrio)	1'269,990	0.203
7'708,272 (Producción actual)	1'269,990	0.165
8'000,000	1'269,990	0.159
10'000,000	1'269,990	0.127
12'000,000	1'269,990	0.106
14'000,000	1'269,990	0.091
16'000,000	1'269,990	0.079
18'000,000	1'269,990	0.071
20'000,000	1'269,990	0.063
21'600,000	1'269,990	0.059

6.3 Mano de obra

La mano de obra es uno de los elementos fundamentales dentro del programa de mantenimiento, en una fábrica como la que indicamos, los costos de salarios, constituyen un componente fijo del costo de producción por el beneficio de estabilidad laboral que según la legislación vigente gozan los trabajadores peruanos.

6.3.1 Estructura de la mano de obra de la fábrica

En la parte 1.2 de este trabajo se indica aspectos de la organización de la fábrica, se ha indicado en forma descriptiva y genérica la estructura organizacional de la fábrica en esta oportunidad requeriríamos necesariamente conocer al detalle la composición estructural; esto por razones de la mano de obra y la necesidad de conocer los costos, que como indicamos representan costos fijos independientes de los de producción.

Los puestos de trabajo muestran la siguiente distribución a nivel de gerencias:

Dependencia	Número de <u>trabajadores</u>	Porcenta je (%)
- Directorio	2	0.8
- Gerencia General	8	3.2
- Gerencia técnica	94	37.0
- Gerencia de producción	106	41.7
- Gerencia RR.II.	10	3.9
- Gerencia administrativa	34	13.4
Total	254	100.0

Teniendo conocimiento de la distribución de personal por dependencias es necesario tener al detalle conocimiento de la distribución de personal en la Gerencia Técnica.

Dependencia	Número de trabajadores	Porcenta je (%)
- Gerencia técnica	2	0.79
- División de Ingeniería	2	0.79
- División de Mantenimiento	72	28.34
- División de Seguridad Industrial	<u>18</u>	<u>7.09</u>
Total	94	37.00

Como habíamos indicado en la parte 1.2 el personal de trabajo de la División de Mantenimiento representa el 28.34%, a su vez la División de Mantenimiento tiene una distribución por departamentos según la siguiente forma:

Dependencia	Número de trabajadores	Porcenta je (%)
- División de mantenimiento	3	1.18
- Departamento de mantenimiento mecánico	22	8.66
- Departamento de maestranza	17	6.69
- Departamento eléctrico	17	6.69
- Departamento de instrumentación	13	5.12
Total	72	28.34

La cantidad de mano de obra situa a la División de Mantenimiento dentro de la estructura general de la fábrica como una de las más importantes dependencias aspecto que se toma en consideración para atender necesidades. También es importante indicar que todos los trabajadores de la División de Mantenimiento son personal estable y nombrados.

6.3.2 Estimación de los costos por mano de obra

Para la estimación de los costos de mano de obra, se hace en primera instancia un análisis de las

planillas de operacios, personal técnico y de gestión para posteriormente establecer su costo.

Se ha determinado también, la estructura porcentual de salarios, sueldos y sobre-cargas.

Para efectos de calcular la contribución del costo de personal en la conformación del costo fijo, se ha usado dólares americanos como se ha estado realizando anteriormente esto se explica debido a que los trabajadores de la fábrica tiene sus sueldos y salarios indexados con el índice del costo de vida:

Mano de obra directa e indirecta:

Para la determinación del costo anual de la mano de obra directa e indirecta se ha considerado:

- 168 trabajadores (operarios)
- 3 turnos de 8 horas/día
- 30 días de trabajo/mes
- 60 trabajadores empleados que prestan sus servicios en el área de producción y mantenimiento de la fábrica.

El monto determinado asciende a \$ 1'627,296.00 y el que incluye 143% por los siguientes conceptos:

- Las gratificaciones (105 días al año)
- La provisión de indemnizaciones
- Los sobretiempos
- Las cuotas patronales

Mano de obra administrativa

La mano de obra administrativa que de acuerdo a la legislación peruana, gozan de estabilidad laboral en su totalidad, lo que significa que el rubro de sus sueldos en su totalidad constituye un gasto fijo.

Para determinar el importe de los gastos de mano

de obra de administración; se ha considerado:

- 26 Trabajadores
- 30 días de trabajo/mes

El monto de terminado asciende a \$ 212,256.00 el que incluye un adicional del 100% por los siguientes conceptos.

- Gratificaciones (105 días al año)
- Previsión de indemnizaciones
- Los sobretiempos
- Cuotas patronales

El costo total de la mano de obra asciende a \$ 1'839,552.00 lo cual está considerado como gasto fijo. En el cuadro N° 80, está representado los costos por mano de obra, que como sobrecarga tiene el 137% respecto a sueldos y salarios que esta des agregado en la siguiente forma:

- Gratificaciones	29%
- Los sobretiempos	4%
- Las cuotas patronales	24%
- La provisión de indemnizaciones	80%

Del cuadro N° 80, podemos determinar el jornal y sueldos de los trabajadores es así que:

Costo promedio anual de la mano de obra:

- Trabajadores obreros

$$\frac{1'253,117}{168} = \$ 7,459.03 \text{ U.S.}$$

- Trabajadores empleados

$$\frac{374,179}{60} = \$ 6,236.32 \text{ U.S.}$$

- Trabajadores empleados de administración

$$\frac{212,56}{26} = \$ 816.69 \text{ U.S.}$$

CUADRO N° 80

COSTO DE LA MANO DE OBRA

Mano de obra directa e indirecta	N°	Jornales	Sueldos	Gratificación	Sobre-tiempo	Cuotas patronales	Provisión Indemiz.	Total
- Trabajadores obreros	168	509,028		148,466	23,962	124,901	446,760	1'253,117
- Trabajadores empleados	60		161,568	47,124	4,205	35,372	125,910	374,179
- Sub-Total	228	509,028	161,568	195,590	28,167	160,273	572,670	1'627,296
Mano de obra Administrativa								
- Trabajadores empleados	26		106,328	31,012	3,954	23,486	47,475	212,256
TOTAL	254	509,029	267,896	226,602	32,121	183,759	620,145	1'839,552

La distribución de sobretiempos por departamentos es la siguiente:

<u>Departamentos</u>	<u>Operarios</u>	<u>Porcentaje</u>
- Tratamiento de agua	8	4.8
- Fraccionamiento de aire	8	4.8
- Electrolisis	11	6.5
- Síntesis	8	4.8
- Acido nítrico	15	8.9
- Control de calidad	15	8.9
- Producción de nitrato	52	31.0
- Maestranza	15	8.9
- Mecánico	20	11.9
- Instrumentación	11	6.5
- Electricidad	12	7.1
Total	168	100.0

6.3.2.1 Costos de la mano de obra de la división de mantenimiento

Teniendo en consideración todos los aspectos que se han referido anteriormente, los costos de mano de obra de la División de mantenimiento se realiza en la siguiente forma:

- Costos fijos de la mano de obra directa de operarios de mantenimiento

El número de operarios que trabajan en la División de mantenimiento son de 58, de donde podemos determinar el costo anual por mano de obra:

$$58 \times \$7,459.03 = \$ 432,623.73 \text{ U.S.}$$

- Costo fijo de la mano de obra indirecta de empleados de mantenimiento

La cantidad de trabajadores de empleados que laboran en la División de Mantenimiento son 14, de los cuales podemos determinar el costo anual por mano de obra indirecta:

$$14 \times \$ 6,236.32 = \$ 87,308.43 \text{ U.S.}$$

En consecuencia tenemos un costo total por mano de obra directa e Indirecta de:

$$432,623.73 + 87,308.43 = \$ 519,932.16 \text{ U.S.}$$

que representa el 7.35% de los egresos totales.

6.3.3 La mano de obra por mantenimiento en la planta de fraccionamiento de aire

Antes de analizar los costos de mano de obra por mantenimiento es importante ver ó indicar los costos que demandan por operación de la planta de fraccionamiento de aire, en la parte 6.3.2 se ha determinado la distribución de operarios en las diferentes plantas y departamentos de lo cual los operarios para la operación de la planta de fraccionamiento de aire están indicados en un número de 8 de lo cual se puede determinar el siguiente costo anual por mano de obra para su operación:

$$8 \times \$ 7,459.03 = \$ 59,672.24 \text{ U.S.}$$

Como ya se analizó este costo también es fijo de mano de obra directa que labora durante los turnos.

Durante todo el año se realiza un programa de mantenimiento (preventivo, de reemplazo, correctivo), donde se aplica la mano de obra directa de mantenimiento, en este sentido se ve la distribución de la mano de obra por mantenimiento en las diversas plantas y muy en especial de la planta en estudio que es de fraccionamiento de aire.

6.3.3.1 Mano de obra por mantenimiento preventivo de la planta de fraccionamiento de aire

Para determinar la mano de obra por mantenimiento preventivo en la planta de fraccionamiento de aire, se ha analizado el costo de mano de obra del personal que ha laborado durante todo el año en dicha planta, esto correspondiente a los departamentos

de la División de Mantenimiento. Es así que en el apéndice N° 5 tenemos el orden de mano de obra en la planta de fraccionamiento de aire de los años 1983 al 1985.

Es importante conocer la capacidad de horas-hombre, que dispone la división de mantenimiento durante todo el año para poder realizar el análisis con relación a las horas-hombre, utilizadas en el programa de mantenimiento preventivo.

Para el cálculo de las horas-hombre disponible se ha tomado en consideración los siguientes aspectos:

- Se trabajan 8 horas diarias con una hora de refrigerio o sea son 7 horas reales de trabajo.
- Se trabajan 6 días por semana o sea 25 días hábiles por mes.
- Los trabajadores gozan de un mes de vacaciones al año o sea trabajan 11 meses al año.

De donde tenemos las horas hombre por trabajador de la siguiente manera:

$$\text{Hora hombre anual} = 7 \times 25 \times 11$$

$$\text{Hora hombre anual} = 1925 \text{ (por trabajador)}$$

Es así que en la División de mantenimiento se tiene la siguiente mano de obra disponible anualmente.

Departamento	Número de trabajadores	Horas hombre
- Mantenimiento mecánico	20	38,500
- Maestranza	15	28,875
- Eléctrico	12	23,100
- Instrumentación	11	21,175
Total	58	111,650

En este sentido y teniendo en consideración el apéndice N° 5 podemos constatar que en el año 1985 se han usado más horas por control de mantenimien-

to preventivo, esto en base a la ejecución de un programa real de mantenimiento preventivo, pensamos que esto puede aumentar pero en un porcentaje mínimo.

La relación del uso de horas-hombre en la utilización de la planta de fraccionamiento en el año de 1985 ha sido de 7,046 hrs.-hombre, que representa el 6.31% de la mano de obra disponible en la División de mantenimiento.

Los costos por mano de hombre en mantenimiento preventivo se calcula de la siguiente manera:

- 7,046 horas-hombre utilizados durante el año.
- En la parte 6.3.2, se ha determinado el costo por un trabajador operario que trabaja 1925 horas es de \$ 7,459.03 U.S., lo cual podemos determinar el costo promedio de hora -hombre.

$$\frac{7,459.03}{1,925} = \$ 3.875 \text{ U.S./Hora -hombre.}$$

Con los aspectos mencionados podemos hacer un cálculo del costo por mano de obra en el programa de mantenimiento preventivo.

$$7,046 \text{ horas-hombre} \times \$ 3.875 \text{ U.S.} = \$27,303.25 \text{ U.S.}$$

6.3.3.2 Mano de obra por mantenimiento de reemplazo de la planta de fraccionamiento de aire

Es programa de mantenimiento de reemplazo o programa de mantenimiento anual se ha desarrollado ampliamente en la parte 5.3, con respecto a este programa y para hallar la mano de obra es necesario ver los cuadros N° 37, N° 42, N° 47 y gráfico N° 51, se usan para el mantenimiento de una determinada máquina.

En el cuadro N° 81 tenemos indicado la mano de obra que se utiliza en los diferentes departamentos de la División de Mantenimiento por el programa de

mantenimiento de reemplazo de la planta de fraccionamiento de aire, debemos indicar con respecto al departamento de maestranza como se mencionó en la parte 5.3.4, el programa de reemplazo variará de acuerdo a las necesidades que requiera la planta pero por razones de cálculo lo tomaremos en cuenta el tiempo usado en el año de 1985, pensamos que esta cifra no será variada en mucha diferencia en los futuros años. También indicaremos que se ha sacado un promedio de los hombre de trabajo que han ejecutado el programa de mantenimiento.

Teniendo en consideración el cuadro N° 81 se han totalizado 3,672 horas-hombre, esto representa el 3.29% del total de la mano disponible de la División de mantenimiento.

Los costos de mano de obra por mantenimiento de reemplazo se calculan teniendo conocimientos de los siguientes aspectos:

- 3,672 horas-hombre utilizados durante el desarrollo del programa de reemplazo en el transcurso del año.
- El costo que hemos determinado por mano de obra de un trabajador operario es \$ 3,875 U.S./hora-hombre.

Entonces el costo total está determinado por:

$$\begin{aligned} & 3,672 \text{ horas-hombre} \times \$ 3,875 \text{ U.S./hora-hombre} \\ & = \$ 14,229.00 \text{ U.S.} \end{aligned}$$

6.3.3.3 Mano de obra por mantenimiento correctivo en la planta de fraccionamiento de aire

La mano de obra por el desarrollo por el programa de mantenimiento correctivo varía en los diferentes años en razón de lo que ya explicamos en la parte 5.4; pero para razones del trabajo la mano

CUADRO N° 81

MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO DE REEMPLAZO

Departamento	Número de <u>trabajadores</u>	Número de días	Horas-hombre
- Mantenimiento mecánico	6.0	30	1,440
- Maestranza	2.3	30	552
- Eléctrico	4.0	30	960
- Instrumentación	3.0	30	720
Total	15.3	120	3,672

de obra por mantenimiento correctivo hay que tomar en cuenta la del año 1985, ya que en lo posible este tipo de mantenimiento debe desaparecer y la utilización de la mano de obra es un porcentaje mínimo que realmente no tiene mucha incidencia.

En el cuadro N° 82, tenemos una estadística del año 1985, en que se ha realizado mantenimiento correctivo mecánico y esto específicamente con la máquina del compresor de nitrógeno, como podemos ver en la parte 5.4.2 en el cuadro N° 56, N° 57 y el gráfico N° 58, el trabajo tiene una duración de 3 días, teniendo consideración que cada día se ha trabajado 14 horas efectivas, se pudo haber trabajado 21 horas, pero hemos considerado que habiendo un tanque de nitrógeno, podía haber producto en reserva.

Según el cuadro N° 82, se ha utilizado 294 horas-hombre para el desarrollo del programa correctivo, esto representa el 0.26% del total de la mano de obra disponible en la División de Mantenimiento, como dijimos anteriormente este porcentaje es mínimo y no tiene mucha incidencia en una evaluación de utilización de mano de obra.

Para determinar los costos por mano de obra en el desarrollo de programa de mantenimiento correctivo tomaremos en consideración los siguientes aspectos:

- 294 horas-hombre, utilizados durante el desarrollo del mantenimiento correctivo.
- El costo que hemos determinado para la mano de obra de un trabajador es de \$ 3,875 U.S. / horas-hombre.

El costo total será:

CUADRO N° 82

MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Departamento	Número de <u>trabajadores</u>	Número de días	Horas-hombre
- Mantenimiento mecánico	7	3	294
- Maestranza	-	-	-
- Eléctrico	-	-	-
- Instrumentación	-	-	-
Total	7	3	294

Nota: Los días están comprendidos de 14 horas laborales cada día, para estos casos.

294 horas-hombre x \$3.875 U.S./horas-hombre
 = \$ 1,139.25 U.S.

Este costo por mantenimiento correctivo tiende a desaparecer en un programa de mantenimiento debidamente organizado.

6.3.4 Costo de la mano de obra por mantenimiento en la planta de fraccionamiento de aire

El total de la mano de obra por el desarrollo de mantenimiento esta determinado en la suma de las horas-hombre por cada programa de mantenimiento, es así que tenemos el cuadro N° 83.

Del cuadro N° 83, podemos determinar que en el desarrollo de los diferentes programas de mantenimiento se han usado 11,012 horas-hombre durante el año de 1985, dentro del cual el mantenimiento preventivo representa el de mayor número de horas-hombre utilizados durante el año. El porcentaje que representa el total de horas-hombre utilizados en el mantenimiento de la planta de fraccionamiento de aire es de 9.86% de la mano de obra disponible en la División de Mantenimiento. Del cuadro N° 83 también podemos decir que el costo que representa la mano de obra por mantenimiento asciende a \$ 42,671.50 U.S. y es el 2.32% del costo total de mano de obra de la fábrica.

6.4 Repuestos

En la parte 5.3 se ha hablado de la importancia de la existencia de un Stock mínimo en almacenes, básicamente los repuestos que deben tener las diferentes máquinas debidamente almacenados, lo cual puede garantizar la producción normal.

Para nosotros lo más importante es el tiempo que toma en hacer llegar una orden de piezas requeridas y el tiempo que toma recibir las piezas.

CUADRO N° 83

MANO DE OBRA POR MANTENIMIENTO

Programa de mantenimiento	Horas-hombre	Costo por mano de obra \$ U.S.
- Preventivo	7,046	27,303.25
- De Reemplazo	3,672	14,229.00
- Correctivo	294	1,139.25
Total	11,012	42,671.50

Por cuanto la mayor parte por no decir todos los repuestos llegan de Estados Unidos, el retraso es de tres meses, lo cual nos indica que debemos tener una provisión para tres meses ya que la no existencia de dichos repuestos puede crear una inversión económica mayor y una pérdida de producción programada. La compra de estos repuestos solo pueden estar basados en consideración de un riesgo calculado.

El sistema almacenador ha de proveer fácil acceso al equipo y los componentes de repuestos, los procedimientos de control de las existencias tienen que relacionarse con el trabajo de mantenimiento que se efectúa, donde asegurar la disponibilidad de piezas y materiales requeridas, deben proveer un sistema simple; pero eficaz para la renovación entre los artículos de uso ó movimiento lento y rápido.

6.4.1 Sistema de adquisición de repuestos

El tiempo máximo que dure la adquisición de un repuesto, será importante para la inmediata tramitación de una nueva adquisición ante el uso de un determinado repuesto; este factor nos ha conllevado a determinar tiempos máximos de trámite teniendo en consideración la procedencia del repuesto, de tal manera que nos da un margen para mantener Stock mínimo.

El caso de nuestra planta de fraccionamiento de aire que tiene como procedencia de repuestos de los Estados Unidos, se ha fijado un tiempo máximo de 90 días, en el gráfico N° 84, tenemos el sistema manual que se sigue para el trámite de repuestos, inicialmente se tienen contacto con fabricantes y proveedores determinados a quienes continuamente se les pide información técnica, a

SUMINISTRO DE REPUESTOS
(Duración: 90 días)

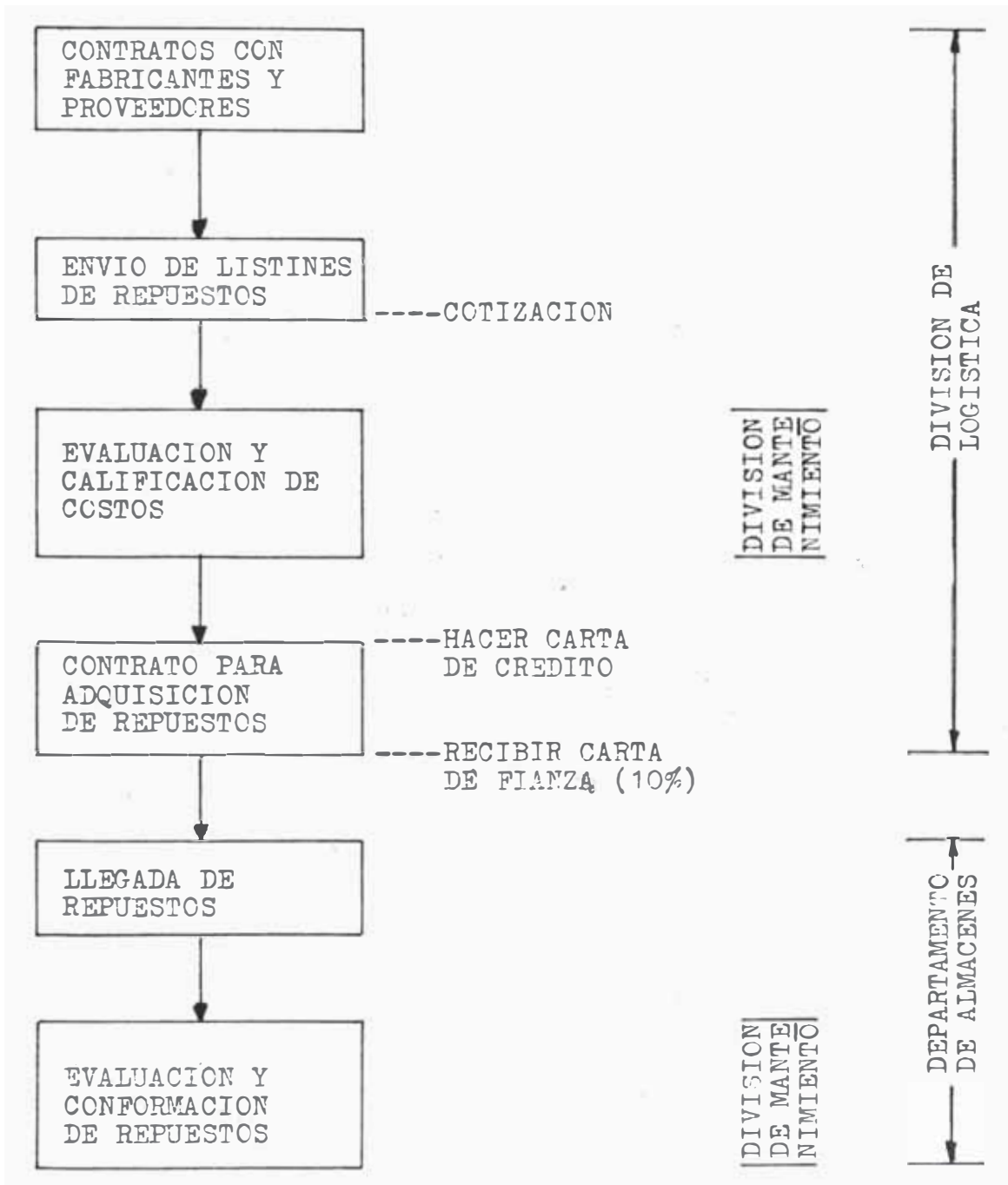


GRAFICO N° 84

estos señores se les envía los listines de repuestos de tal manera que se nos haga llegar la cotización, estos listines los confecciona el Departamento de Almacenes con la División de Mantenimiento, una vez que se nos hace llegar las cotizaciones, se hace el respectivo análisis, evaluación y calificación definitiva de los costos, luego procede al trámite del contrato con la apertura de una carta de crédito a un banco norteamericano, a su vez el fabricante ó proveedor da una carta de fianza por el valor del 10% del costo al mismo banco, posteriormente se espera el tiempo de fabricación y envío y se recibe los repuestos que a su vez tiene que ser evaluado para su conformidad y entrar a almacenes.

La División de Logística tiene a su cargo todo este trámite y una vez llegado los repuestos se encarga el Departamento de Almacenes componenete de la División de Logística. La División de Mantenimiento interviene en dos oportunidades para la evaluación y calificación de la cotización y para la evaluación y calificación de la llegada de los repuestos.

6.4.2 Costos de los repuestos de la planta de fraccionamiento de aire

Los costos con respecto a los repuestos está determinado por el uso que se hace de estos durante el año en la planta de fraccionamiento de Aire.

En el año 1985 se ha gastado la cantidad de:

\$ 97,022.22 U.S.

Cantidad que representa el 1.35% de los gastos generales de la fábrica, a su vez la planta de fraccionamiento de aire ha realizado un gasto en repuestos durante todo el año 1985 la cantidad de :

\$ 6,024.76 U.S.

Cantidad que representa 6.21% del gasto total en repuestos a nivel de toda la fábrica.

Estos gastos son confiables ya que con respecto al de los años pasados no existe mucha variación que pueda desconfiar de estas cifras.

En almacenes se encuentra un stock predeterminado de repuestos que en costo no implica un costo que se utiliza directamente en el sistema productivo; pero en base al cambio de repuesto anual se implementa nuevamente el stock de almacenes.

6.5 Lubricantes y materiales de mantenimiento

Otro aspecto fundamental para el desarrollo de los programas de mantenimiento es importante la existencia de lubricantes y los materiales de mantenimiento. Al respecto del suministro tanto de lubricantes como los materiales de mantenimiento no ha habido problemas ya que existen en el mercado nacional por lo tanto este stock es el más garantizado. La compra de lubricantes y materiales de mantenimiento está en control directo del Departamento de Almacenes con las indicaciones que se le ha dado para mantener este stock.

6.5.1 Costos por lubricantes

En la parte 5.5 donde se ha explicado lo referente a lubricantes se ha determinado también el stock mínimo que al respecto debe de haber, es así que se ha indicado en el cuadro n° 72, todos los lubricantes que pueden quedar como remanente ó Stock y es así que a nivel de fábrica se ha gastado la cantidad de:

\$ 102,032.00 U.S.

Cantidad que representa el 1.42% de los gastos ó egresos generales de la fábrica del año 1985, es-

tos costos no tienen mucha variación de año en año. La planta de fraccionamiento de aire ha tenido un consumo de lubricantes en el año 1985 la cantidad de:

\$ 2,449.00 U.S.

Esta cantidad representa 2.40% de los gastos por lu
bricantes que se realiza a nivel de fábrica.

6.5.2 Costos por materiales de mantenimiento

Los materiales de mantenimiento son el conjunto de elementos, ya sea de limpieza, montaje y desmontaje de máquinas como también tornillos, pernos, tuer
cas y algunos elementos de reconstrucción, soldaduras, etc., son los que determinan estos materiales de vital importancia en existencia, en stock y este debe de estar bien controlado, caso contrario traerá consecuencias de que su costo sea más elevado y en muchos casos traería merma en la producción.

Con respecto al sistema de adquisición se encarga directamente el Departamento de Almacenes. Al igual que los lubricantes para la respectiva valori
zación se ha considerado el material que se ha usa
do en general, durante todo el año, sin considerar los remanentes de stock que pueda hacer quedado en almacén. En este sentido tenemos que ha nivel de fábrica se ha gastado la cantidad de:

\$ 37,115.00 U.S.

Cantidad que representa el 5.23% de los gastos ó e
gresos generales de la fábrica. La planta de frac
cionamiento de aire durante todo el año 1985 ha gas
tado en materiales de mantenimiento la cantidad de:

\$ 1,172.00 U.S.

Cantidad que es el 0.31% del costo total por mate
riales de mantenimiento a nivel de fábrica.

Este costo es prácticamente un valor casi fijo y su variación de año en año, no es muy significativo y se puede tomar como un valor para los diferentes cálculos confiablemente.

6.6 Horas perdidas de producción

La importancia de mantener una máquina funcionando a plena capacidad y eficientemente y evitar las pérdidas de producción por paradas innecesarias es teniendo en perfecto estado todo el sistema productivo y esto se logrará mediante un mantenimiento programado.

En el caso de la fábrica se ha notado que existen tres tipos de paradas ó tres causas diferentes de parada que son las siguientes:

- Parada por falta de suministro eléctrico.
- Parada por problemas de operación.
- Parada por mantenimiento.

En el cuadro N° 85 vemos un record de paradas donde han tenido insidencia directa en las horas perdidas de producción es así:

Las paradas causadas por falta de suministro eléctrico, están directamente relacionadas con la central hidroeléctrica, estas paradas son de dos tipos: una es parada programada y otras son paradas no programadas, según se puede ver en el cuadro N° 85 y el gráfico N° 86, las causas de parada en su gran porcentaje son de suministro eléctrico. Cuando el corte de suministro eléctrico no es programado trae otras consecuencias que son un problema a la fábrica que en una u otra forma traen más horas de pérdidas de producción por limpiezas y arranques de plantas. Como se puede ver en el cuadro N° 87 y gráfico N° 88 las causas de parada por suministro eléctrico son las más grandes esto se debe a

CUADRO N° 85

HORAS PERDIDAS DE PRODUCCION

Año	Programado		No Programado			
	S. Eléctrico	Operación	Mantenimiento	S. Eléctrico	Operación	Mantenimiento
1983	744	-	-	2,107	1,577	835
1984	744	-	-	2,789	1,018	490
1985	720	-	-	2,534	886	108
		1983	1984	1985		
Total	5,263	5,041	4,248		Hrs.	

que estaban realizando pruebas en la ampliación de la nueva central hidroeléctrica, de estas paradas se aprovechaban para programar un mantenimiento anual, pero pensamos que en el año 1986 ya no se realizarán estas paradas por haber una producción mayor de energía.

Otro aspecto fundamental para las paradas es el aspecto operacional de plantas, por esta razón se ha perdido horas de producción, normalmente estas causas son generadas por fallas en la operación de máquinas ó falta de algún producto químico necesario para el sistema de proceso, según el cuadro N° 85 esta causa está disminuyendo anualmente en razón de que un control más estricto en la operación de plantas. Esta causa se realiza dentro de las paradas no programadas; por consiguiente traen consigo consecuencias negativas dentro de la programación de producción. En algunos casos la falta de previsión de algunos productos químicos necesarios para el sistema de proceso, han hecho de que se parara la planta, mientras se exigía su inmediata llegada se perdía horas de producción, hoy ya se ha descartado esta posibilidad ante un programa organizado para el suministro a tiempo.

Otra causa fundamental para perder horas de producción son las causadas por mantenimiento, básicamente por mantenimiento correctivo, según podemos ver el cuadro N° 85 y los gráficos N° 86, las paradas producidas por mantenimiento siempre son las menores fundamentalmente no debe existir este tipo de paradas. Pensamos que en el año 1986, debe de desaparecer estas causas para evitar horas perdidas de producción con la existencia de un programa de mantenimiento se ha estado disminuyendo año a año.

Como se ha observado el cuadro N° 85 y en el gráfi

Nº 86 el tiempo de horas de parada ha ido disminuyendo en 8 - 10% anualmente por las causas que también han estado disminuyendo y solucionándose los diferentes problemas, principalmente en el año 1986, se piensa parar aproximadamente unas 1,000 horas promedio, porque ya se superan los diferentes problemas causales.

6.6.1 Horas perdidas de producción por la planta de fraccionamiento de aire

Las paradas producidas en la planta de fraccionamiento de aire están directamente involucrados con respecto a la fábrica cuando la causa es por falta de suministro eléctrico.

Según el cuadro Nº 87 se puede observar que las paradas están más determinadas por causas de suministro eléctrico programado como no programado, esto prácticamente paraliza toda la fábrica. Las causas de parada por operación son las que siguen pero en menor porcentaje, esto se debe a problemas de manejo de la planta u operación o por falta de algunos subproductos químicos, como vemos en el año 1983 ha sido el más crítico por la falla del sistema de válvulas dentro de la caja fría. Las causas de parada por mantenimiento es básicamente por mantenimiento correctivo que como vemos en el cuadro y el gráfico son los más mínimos accidentes ya que estas paradas por mantenimiento correctivo no están programados.

Prácticamente las paradas que se llevan a cabo como las no programadas no tienen incidencia dentro del sistema productivo ya que como indicamos esta planta de fraccionamiento de aire está sobredimensionando lo cual almacena en un gasómetro y un tanque de nitrógeno líquido.

CUADRO N° 87

HORAS PERDIDAS DE PRODUCCION DE LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE

AÑO	Programado		No Programado		Total
	S. Eléctrico	Operación	Mantenimiento	Mantenimiento	
1983	744	-	-	168	3,019
1984	744	-	-	75	3,618
1985	720	-	-	38	3,306

6.7 Envejecimiento de máquinas

Un papel bastante importante para alcanzar un alto rendimiento de las maquinarias debe jugar el perfeccionamiento de los métodos de diseño y la apreciación de nuevas máquinas y equipos, así como el mejoramiento de la utilización y de la reparación de la maquinaria existente.

Toda máquina puede funcionar satisfactoriamente durante un plazo prolongado únicamente si se cumple determinadas operaciones, es decir, si se realiza un complejo de procesos y operaciones consecutivas periódicas, que se complementan y ligan mutuamente y que comparan el sistema del sistema del mantenimiento técnico y reparación de la planta dada.

En la práctica lo más difícil es la relación de los gastos y pérdidas progresivos durante la utilización del objeto que envejece, es decir, la composición completa de gastos y pérdidas progresivos durante la utilización del objeto que envejece, es decir, la composición completa de los gastos y pérdidas sumarios muy a menudo los indicios de los gastos y pérdidas progresivos se manifiestan inevitablemente cada uno de estos lleva a diversa intensidad de aumento de los gastos y pérdidas.

Como indicamos anteriormente no existe una teoría real como para poder determinar el envejecimiento de una planta, es por esta razón que para nuestra planta usaremos el criterio oficial de la depreciación de máquinas, depreciación que oscila entre el 5% y 10% anual para todos los costos de maquinarias industriales. Conocemos por depreciación a una disminución en el valor de la propiedad debida al uso, al deterioro y a la caída en desuso como podemos ver, hay varias razones, por las cuales una planta puede disminuir su valor original.

De esta manera aunque una planta puede estar en perfecto estado mecánico, puede valer considerablemente, menos que cuando era nueva debido a los adelantos técnicos en el campo de la maquinaria, es por esta razón que la depreciación se considera en los estudios de ingeniería. La utilidad de las máquinas y en general de la planta varía desde 100% al principio del empleo hasta 0% al final de su uso.

El método de desgaste en línea recta es uno de los más comúnmente utilizados hoy. Se deriva del hecho de que el valor disminuye linealmente con el tiempo, por que cada año se tiene el mismo costo de depreciación como podemos observar en el gráfico N° 89.

Para el caso de nuestra planta hemos considerado una depreciación anual del 10%, que es el máximo que determina para declaraciones juradas, el cual determina una obsolescencia total en 10 años, este gráfico está determinado en el N° 89, este gráfico está determinado por la ecuación:

$$Y = mX - b \dots\dots\dots(i)$$

Donde:

Y = Costo de la planta en los diferentes tiempos de servicio (C)

m = Pendiente de la recta

X - Años del tiempo de servicio de la planta (N)

b = Costo inicial de la planta.

Reemplazando en (i):

$$C = mN - b \dots\dots\dots(ii)$$

Del gráfico N° 89

$$m = \frac{-C}{N} = \frac{1'1000,000}{10} = - 110,000$$

En la parte 6.2.2 se indica el costo que ha conllevado la construcción e la planta que asciende a \$1'100,000.00 U.S. es representa el costo inicial de la planta.

$$b = 1'100,000$$

Reemplazando en (ii):

$$C = -110,000 N + 1'100,000$$

$$C = 1'100,000 - 110,000N \dots \dots \dots (iii)$$

Tabulando datos tenemos:

<u>N</u>	<u>C</u>
0	1'100,000
1	990,000
2	880,000
3	770,000
4	660,000
5	550,000
6	440,000
7	330,000
8	220,000
9	110,000
10	0

En el gráfico N° 89 se ha trazado los puntos hallados, lo cual teoricamente nos puede demostrar el desgaste de la planta en su conjunto.

Lo que indicamos anteriormente no representa el desgaste real; las regularidades de esta variación de la utilidad son más complejas y gráficamente se expresa no por una recta que determina la disminución de la utilidad total debido al desgaste de las máquinas, sino una línea dentada, que determina su utilidad de o al desgaste en el período de su uso y la operación parcial periódica de su utilidad perdida, gracias a la intro-

CUADRO N° 90

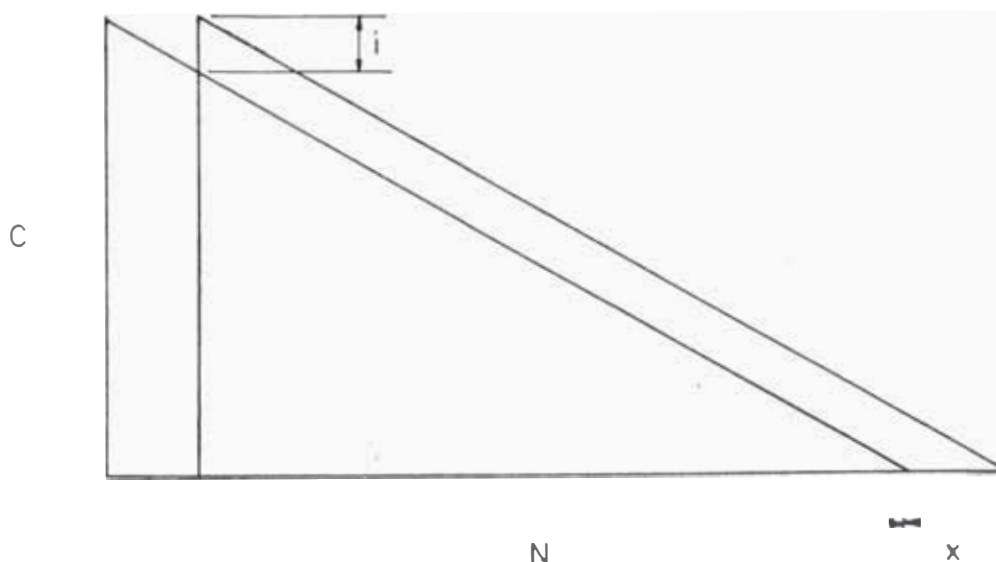
GASTOS POR MANTENIMIENTO ANUAL (\$ U.S.)

Año	Repuestos	Materialles para mantenimiento	Total
1981	1,807.43	1,523.60	3,331.03
1982	4,819.81	1,195.44	6,015.25
1983	9,037.14	1,347.80	10,384.94
1984	5,964.51	1,230.60	7,195.11
1985	6,024.76	1,172.00	<u>7,196.76</u>
		Total (i)	34,123.09

ducción (durante el mantenimiento técnico y la reparación), de nuevos elementos en lugar de los viejos. En este caso la recta (o una línea que se aproxima a la recta) de desgaste, como función continua de simple valuación, no es un reflejo de espejo de la línea de variación de su utilidad.

Para determinar una línea real de desgaste se ha determinado en dólares los gastos por razones de repuestos y materiales de mantenimiento que en una u otra forma alargan la vida de la planta, es así en el cuadro N° 90 se tienen datos de la inversión que se ha hecho en esta planta que nos dará una base para determinar una vida real de la planta hasta ahora. Los incrementos que se haga anualmente determinará un crecimiento en la vida de la planta y teniendo el criterio de una depreciación los incrementos que se haga, para lo cual hemos trazado líneas paralelas, como se puede ver en el gráfico N° 89 (b) y esto dará un incremento proporcional de la vida de una planta.

De este análisis podemos indicar que la vida de la planta crecerá de acuerdo a la inversión que se haga por repuestos para la planta en general, en la proporción de dicho incremento que matemáticamente lo podemos definir así:



Donde:

i : incremento

x : vida de crecimiento de la planta

C : costo de inversión

N : años de vida proyectado

$$\frac{i}{x} = \frac{C}{N} \quad (\text{semejanza de triángulos})$$

$$x = \frac{i}{C} N = i \frac{N}{C} \dots\dots\dots(a)$$

Donde:

$$N = 10$$

$$C = 1'100,000$$

Reemplazando en (a):

$$x = i x \frac{10}{1'100,000}$$

$$x = 9.1 x 10^{-6} x i$$

Considerando el incremento total del cuadro N° 90 tenemos:

$$X = 9.1 x 10^{-6} x 34,123.09$$

$$X = 0.311 \text{ años}$$

Un incremento de 0.31 años hasta la fecha que con el correr del tiempo y los incrementos en repuestos dará más tiempo de alargamiento de vida de la planta.

6.8 Costos por mantenimiento de la planta de fraccionamiento de aire

Los costos realizados por la actividad de mantenimiento se ha realizado anteriormente los cuales también han sido detallados adecuadamente. Lo que vamos a realizar aquí es determinar el costo total por mantenimiento.

Se ha considerado los siguientes aspectos para ha-

llar el costo total por mantenimiento en lo que consierne o podría ser para un año y bajo estas condiciones se podría programar los costos para mantenimiento de los años posteriores; estos aspectos son los siguientes:

- Mano de obra (M.O.)
- Repuestos (R)
- Lubricantes (L)
- Materiales de mantenimiento (M.M.)

Luego el costo total de mantenimiento (C.T.M) estará dado por la siguiente suma:

$$C.T.M = M.O + R + L + M.M$$

En el cuadro N° 91 podemos tener un conocimiento del costo total por mantenimiento correspondiente al año de 1985, lo valorizamos en dólares por ser una moneda constante con muy poca variación en su valor.

Hay muchas personas encargadas de realizar estos costos que no incluyen los lubricantes como costos de mantenimiento ya que también tiene función de conservación y evita los desgastes.

Del cuadro N° 91 y del cuadro N° 76 podemos indicar la cantidad que se ha gastado desde un punto de vista porcentual.

$$\% = \frac{52,317.26}{1,564,504.00} \times 100 = 3.34\%$$

Se realiza esta comparación en razón que los gastos por mantenimiento no deben de sobrepasar un límite determinado, aunque esto constituye normalmente un gasto considerable de ninguna manera debe suscitar una preocupación especial. En el apéndice N° 6 mostramos una encuesta realizada en los EE.UU. en el año 1982 de 200 importantes empresas esto para determinar un % en relación al total de

CUADRO N° 91

COSTOS TOTALES POR MANTENIMIENTO EN LA PLANTA DE FRACCIONAMIENTO DE AIRE

Descripción	Costo (\$ U.S.)
- Mano de obra	42,673.50
- Repuestos	6,024.76
- Lubrificantes	2,449.00
- Materiales de mantenimiento	1,172.00
	52,317.26

Nota: Tsto concierne al año de 1985 específicamente.

ventas que se tienen, y podemos realizar una comparación en nuestro caso que realmente está dentro de los límites y de tal manera que haga un mantenimiento económico, claro que esto tiende a subir con el tiempo, por la vejez de la planta.

Del apéndice N° 6 podemos indicar que en lo que corresponde a fábricas de productos químicos, donde podemos ubicarnos, se ha sacado un promedio del 6% de las ventas que se realizan, se gasta en el programa de mantenimiento, nosotros gastamos el 3.34%, pero pensamos que el futuro este porcentaje puede incrementarse de acuerdo al uso y deterioro de la planta; pero también se puede bajar costos de un programa de mantenimiento mediante el empleo de prácticas y recursos como sistemas de ordenamiento del trabajo, métodos de información computarizada que ayudaría a la programación de turnos de trabajo y el control de las existencias de los medios de mantenimiento.

En el cuadro N° 92 y el gráfico N° 93, se hace una comparación de los gastos de mantenimiento durante los últimos años que son pautas fundamentales para mejorar el programa de mantenimiento y bajar costos con lo que respecta de año en año.

CUADRO N° 92

COSTOS POR MANTENIMIENTO

Año	<u>Costo (\$ U.S.)</u>
- 1981	30,626.53
- 1982	37,860.00
- 1983	50,284.94
- 1984	47,235.49
- 1985	52,317.26

CONCLUSIONES

1.- La planta de fraccionamiento de aire es una planta ubicada dentro de un sistema de producción cuya finalidad es la de producir productos químicos como es el caso del Nitrato de Amonio, para este producto la planta de fraccionamiento produce el nitrógeno, ~~mate-~~ materia fundamental para dicho fertilizante, su sistema se basa en la transferencia de energía mecánica, fundamentalmente creando así un sistema de proceso mecánico-químico.

2.- La existencia de centros productivos ó industrias donde el volúmen de maquinarias es costoso y de desgaste, requieren un funcionamiento garantizado de dichas máquinas para desarrollar una tasa optima de rendimiento sobre la inversión, este aspecto obliga a las industrias a considerar dentro de su organigrama un area de Ingeniería de Mantenimiento que estará encargado básicamente en:

- Mantenimiento del equipo existente
- Inspección y lubricación de equipos
- Producción y distribución de equipos
- Modificación al equipo (rediseño)
- Nuevas instalaciones de equipos, etc.

Para caso más específico, recurre á asesores en diferentes ramas (Ingenieros Electricistas, Metalurgistas, Químicos, etc.).

3.- Para la organización de un programa adecuado

de mantenimiento es necesario tener un conocimiento detallado de las operaciones en este sentido, dentro del proceso hemos determinado dos tipos de operaciones:

- Operaciones principales
- Operaciones secundarias

Bajo estos considerandos se ha determinado las máquinas en la siguiente categoría:

- Máquinas principales
- Máquinas secundarias
- Máquinas eléctricas
- Instrumentos
- Tuberías y válvulas

Las dos primeras categorías corresponden directamente a máquinas mecánicas ya que por su volumen y su desgaste tienen la primera prioridad.

- 4.- Las actividades propias de un programa de mantenimiento requiere un sistema de organización adecuado es así que hemos implantado los diferentes formatos, indudablemente esto trae consigo un mayor papeleo, pero esto es a fin de controlar bien todos los aspectos de las actividades del mantenimiento, ante este hecho se ha pedido la compra de una computadora para poder optimizar más este control del papeleo y evitar, que se pierdan datos con respecto a una determinada máquina.
- 5.- Para el area de mantenimiento, un aspecto muy importante es la existencia de un programa de mantenimiento, esto básicamente consiste, en establecer metas parciales y concretas ó hitos con fines de futura comparación con frecuencia.

Esto es parte esencial del análisis y su resultado forma la base del programa de mejoramiento. Frente a este concepto hemos determinado dentro del programa de mantenimiento cuatro tipos de programas:

- Programa de mantenimiento preventivo
- Programa de mantenimiento de reemplazo
- Programa de mantenimiento correctivo
- Programa de lubricación

6.- Un aspecto fundamental, es la existencia de los repuestos más importantes dependiendo de este stock, el desarrollo de los diferentes programas, tendrán el éxito esperado y así se podrá cumplir con las metas trazadas. Para este caso se a trabajado con el departamento de almacenes en la construcción de los máximos y los mínimos de existencias, en cada repuesto, previo un análisis de las recomendaciones dadas por los fabricantes. Al respecto también es necesario para la parte de lubricación la existencia de los mismos para ello se ha construido de acuerdo a las necesidades un cuadro de dicho stock.

7.- Se ha notado que en los cuadros correspondientes, el 96.84% de horas perdidas de producción corresponden a la falta de energía eléctrica y con respecto a mantenimiento no programado, prácticamente es casi nada. En estas paradas por suministro eléctrico es donde se aprovecha para realizar los mantenimientos de reemplazo, las causas de estas paradas, son ocurridas por la Central Hidroeléctrica, ya sea por razones de fallas, pruebas y mantenimiento; en el presente año pensamos que esto se va a superar en su totalidad por existir otra Central Hidroeléctrica nueva.

- 8.- Muy a menudo, junto con el mantenimiento técnico de las máquinas se lleva a cabo su modernización. La organización del sistema racional de mantenimiento de las máquinas debe tomar la estructura inicial de utilidad y su variación a medida de su envejecimiento vinculada con el cambio de sus elementos, en este aspecto hemos considerado que una inversión en repuestos y materiales para mantenimiento hacen que la planta alargue más su vida útil ya que se ha considerado 10 años de vida útil, por una forma de depreciación dentro del aspecto financiero a lo cual se ha determinado con la ecuación de una recta que variará de acuerdo a lo que se invierta y realizando una sumatoria de lo invertido en repuestos y materiales de mantenimiento desde su puesta en funcionamiento.
- 9.- Finalmente pienso, que lo más importante de un programa de mantenimiento es que los gastos de mantenimiento estén ubicados dentro de unos parámetros frente a la producción, que en todo caso sería el objetivo de la División de Mantenimiento. Los costos por mantenimiento representa el 3.34% de la producción en ventas. Este valor frente al parámetro que nos habíamos fijado del 6%, determina que se está desarrollándose los programas de mantenimiento adecuadamente, teniendo en consideración que estos gastos podrían reducirse con un control mejorado y un aprovechamiento más eficaz del tiempo del personal de planeamiento, programación y supervisión, con el uso de un programa de computación.

BIBLIOGRAFIA

- AIR Products. Manual Técnico. Allen Town, Pensilvania, U.S.A. Octubre 1978. 89 p.
- CUERPO Internacional de Servicios Ejecutivos. Informe sobre algunos aspectos de mantenimiento de Fábricas; U.S.A. Agosto 1980. 206 p.
- CHEMICAL Engineering International. Mantenimiento basado en condiciones. U.S.A. Mac Graw Hill Publication. 10 de Agosto 1981. Vol 88 N° 16.
- CHRUDEN, Herbert J, Artur W. Sherman Jr. Administración de personal. Mexico. Cía Editora Continental S.A. 670 p.
- FRIEDRICH Unde GmbH, Dormant, Ferrostal Ag-Essen; Hochtief Ag-Essen. Planeamiento y construcción. Alemania. 1965. 78 p.
- FARINA; Mario V. Diagramas de Flujo. Tlacoquemecatl. Mexico. Editorial Diana S.A. Setiembre 1986. 148 p.
- INDUSTRIAL World (En español). Mantenimiento de plantas. Nueva York U.S.A. Jhonston Internacional Publishing Corp. Junio 1983. Vol 208 N° 6.
- INSTRUMENTOS y Controles Internacionales. Kaller Internacional Publising Corporation, Times Printers. Sbn. Bhd. Julio - Agosto 1985.
- JURAN, J. M., Dr F. M. Gryna, R.S. Bingham. Manual del control de la calidad. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A.
- MOROW, L.C. Manual de Mantenimiento Industrial. Mexico. Compañía Editorial Continental S.A. Octubre 1974. Tomo I.
- POWER. U.S.A. Mac Graw-Hill Publication. Mayo 1985. Vol 129, N° 5.
- SELIVANOV, A.I. Envejecimiento de máquinas. Moscú U.R.S.S. Editorial Mir. 1972. 312 p.
- TARQUIN, Anthony J. Leland T. Blank. Ingeniería Económica. Nueva York U.S.A. Mc Graw-Hill Book Company. 1982. 412 p.
- YU Chuen-Tao, Luis, PERT-CPM. Bilbao España. Ediciones Densto. 1976. 167 p.