

Universidad Nacional de Misiones. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Secretaría de Investigación y Postgrado. Maestrías en Madera, Celulosa y Papel

Maestranda
Graciela Benítez

Optimización de planta

Tesis de Maestría presentada para obtener el título de “Magíster en Tecnología de la Madera, Celulosa y Papel”
OCyP

Directora
MScA. Graciela Gavazzo

Co-Director
MIP. Fritzler, Miguel

Posadas, 1999



Esta obra está licenciada bajo Licencia Creative Commons (CC) Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES

OPTIMIZACION DE PLANTA

GRACIELA BENÍTEZ

**Tesis presentada a la
Universidad Nacional de
Misiones como exigencia
Parcial de la Maestría en
Tecnología de Madera,
Celulosa y Papel.**

Director: MScA Graciela Gavazzo

Co-Director: MIP Miguel Fritzler

Octubre de 1999

Agradecimientos

Mi agradecimiento para mi Directora MScA Graciela Gavazzo, a mi Co-director MIP Miguel Fritzler y al Licenciado Daniel Morettini por el apoyo brindado durante la ejecución del trabajo final.

A las autoridades de la fábrica, por el aporte de los datos de proceso para ser utilizados durante el desarrollo de la maestría.

A mis compañeros y profesores de la maestría.

CAPITULO 1 INTRODUCCION

CAPITULO 2 ANÁLISIS DE LA LITERATURA

- 2.1. Método de Análisis de tiempos perdidos
- 2.2 - Clasificación de los tiempos improductivos
- 2.3. Método RAM
- 2.4. Teoría de la Fiabilidad
- 2.5. Descripción de la planta de producción de pasta blanqueada de fibra larga
 - 2.5.1 Descripción del proceso

CAPITULO 3 MATERIALES Y METODOS

- 3.1 Plan de trabajo
- 3.2 División del proceso por áreas
- 3.3 Obtención de los datos y clasificación
 - 3.3.1 Clasificación de tiempos improductivos
- 3.4 Aplicación de las distintas herramientas
 - 3.4.1 Cálculo de Disponibilidad y Utilización
 - 3.4.2 Cálculo de la probabilidad de falla de las distintas plantas (Fiabilidad)
 - 3.4.3 Cálculo de la probabilidad de falla de un equipo: Turbina (Fiabilidad)

CAPITULO 4 DISCUSIONES Y RESULTADOS

- 4.1 Tiempos improductivos, cálculo de MSR, Disponibilidad y Utilización.
- 4.2 Cálculo de fiabilidad por sectores
- 4.3 Cálculo de fiabilidad de la turbina
- 4.4 Comparación de períodos – Aplicación de una Herramienta a un solo sector.
- 4.5 Comparación de períodos

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo I : Período 1995

Anexo II: Período 1996

Anexo III: Período 1997

Anexo IV: Fiabilidad por sectores

Anexo V: Análisis de la Turbina

Anexo VI: Trabajos realizados en distintos períodos con aplicación de las diferentes herramientas.

ANEXOS

Anexo I : Período 1995

Anexo II: Período 1996

Anexo III: Período 1997

Anexo IV: Fiabilidad por sectores

Anexo V: Análisis de la Turbina

Anexo VI: Trabajos realizados en distintos períodos con aplicación de las diferentes herramientas.

Lista de Tablas

- I.1 Cálculo de MSR con producciones diarias por área - Período 1995 .
- I.2 Tiempos improductivos, disponibilidad y utilización - Período 1995.
- I.3 Producciones de Secado- Período 1995
- II.1 Cálculo de MSR con producciones diarias por área - Período 1996 .
- II.2 Tiempos improductivos, disponibilidad y utilización - Período 1996.
- II.3 Producciones de Secado- Período 1996.
- III.1 Cálculo de MSR con producciones diarias por área - Período 1997.
- III.2 Tiempos improductivos, disponibilidad y utilización - Período 1997.
- III.3 Producciones de Secado- Período 1997.
- V.1 Períodos operativos de la turbina.
- V.2 Paradas programadas.
- V.3 Salidas de servicio.
- V.4 Fallas
- V.5 Tratamiento estadístico de datos para los distintos periodos
- V.6 Tiempo en marcha y Fiabilidad para distintos periodos
- V.6.1 Disponibilidad
- VI.1 Producción del horno de cal.

Lista de gráficos

- I.1 Tiempos improductivos – 1995
- I.2 Tiempos improductivos por paradas -1995
- I.3 Paradas por motivos internos - 1995
- I.4 Tiempos improductivos por mantenimiento - 1995
- I.5 Tiempos improductivos por paradas operativas - 1995
- I.6 Tiempos operativos por otras paradas - 1995
- I.7 Disponibilidad y Utilización – 1995
- I.8 Utilización total - 1995
- I.9 MSR Clorato de sodio - 1995
- I.10 MSR Dióxido de cloro - 1995
- I.11 MSR Digestión - 1995
- I.12 MSR Depuración - 1995
- I.13 MSR Blanqueo – 1995
- I.14 MSR Secado - 1995
- I.15 MSR Evaporación - 1995
- I.16 MSR Caldera de Recuperación - 1995
- I.17 MSR Caldera de corteza - 1995
- I.18 MSR Caustificación – 1995
- I.19 MSR horno de cal – 1995
- II.1 Tiempos improductivos – 1996
- II.2 Tiempos improductivos por paradas -1996
- II.3 Paradas por motivos internos - 1996
- II.4 Tiempos improductivos por mantenimiento - 1996
- II.5 Tiempos improductivos por paradas operativas - 1996
- II.6 Tiempos operativos por otras paradas - 1997
- II.7 Disponibilidad y Utilización – 1996
- II.8 Utilización total - 1996
- II.9 MSR Clorato de sodio – 1996
- II.10 MSR Dióxido de cloro - 1996
- II.11 MSR Digestión – 1996
- II.12 MSR Depuración - 1996
- II.13 MSR Blanqueo – 1996
- II.14 MSR Secado - 1996

- II.15 MSR Evaporación - 1996
 - II.16 MSR Caldera de Recuperación - 1996
 - II.17 MSR Caldera de corteza - 1996
 - II.18 MSR Caustificación – 1996
 - II.19 MSR Horno de cal - 1996
 - II.20 MSR Cleaning – 1996
 - III.1 Tiempos improductivos – 1997
 - III.2 Tiempos improductivos por paradas -1997
 - III.3 Paradas por motivos internos - 1997
 - III.4 Tiempos improductivos por mantenimiento - 1997
 - III.5 Tiempos improductivos por paradas operativas - 1997
 - III.6 Tiempos operativos por otras paradas - 1997
 - III.7 Disponibilidad y Utilización – 1997
 - III.8 Utilización total - 1997
 - III.9 MSR Clorato de sodio - 1997
 - III.10 MSR Dióxido de cloro - 1997
 - III.11 MSR Digestión - 1997
 - III.12 MSR Depuración - 1997
 - III.13 MSR Blanqueo – 1997
 - III.14 MSR Secado - 1997
 - III.15 MSR Evaporación - 1997
 - III.16 MSR Caldera de Recuperación - 1997
 - III.17 MSR Caldera de corteza - 1997
 - III.18 MSR Caustificación – 19957
 - III.19 MSR Horno de cal - 1997
 - III.20 MSR Cleaning – 1997
 - IV.1 Fiabilidad – Dióxido de cloro
 - IV.2 Fiabilidad – Digestión
 - IV.3 Fiabilidad – Depuración
 - IV.4 Fiabilidad – Blanqueo
 - IV.5 Fiabilidad – Secado
 - V.1 Fiabilidad de la turbina para distintos periodos.
 - VI.1 MSR del horno de cal por día.
 - VI.2 MSR del horno de cal por mes.
-

- II.15 MSR Evaporación - 1996
- II.16 MSR Caldera de Recuperación - 1996
- II.17 MSR Caldera de corteza - 1996
- II.18 MSR Caustificación – 1996
- II.19 MSR Horno de cal - 1996
- II.20 MSR Cleaning – 1996
- III.1 Tiempos improductivos – 1997
- III.2 Tiempos improductivos por paradas -1997
- III.3 Paradas por motivos internos - 1997
- III.4 Tiempos improductivos por mantenimiento - 1997
- III.5 Tiempos improductivos por paradas operativas - 1997
- III.6 Tiempos operativos por otras paradas - 1997
- III.7 Disponibilidad y Utilización – 1997
- III.8 Utilización total - 1997
- III.9 MSR Clorato de sodio - 1997
- III.10 MSR Dióxido de cloro - 1997
- III.11 MSR Digestión - 1997
- III.12 MSR Depuración - 1997
- III.13 MSR Blanqueo – 1997
- III.14 MSR Secado - 1997
- III.15 MSR Evaporación - 1997
- III.16 MSR Caldera de Recuperación - 1997
- III.17 MSR Caldera de corteza - 1997
- III.18 MSR Caustificación – 19957
- III.19 MSR Horno de cal - 1997
- III.20 MSR Cleaning – 1997
- IV.1 Fiabilidad – Dióxido de cloro
- IV.2 Fiabilidad – Digestión
- IV.3 Fiabilidad – Depuración
- IV.4 Fiabilidad – Blanqueo
- IV.5 Fiabilidad – Secado
- V.1 Fiabilidad de la turbina para distintos periodos.
- VI.1 MSR del horno de cal por día.
- VI.2 MSR del horno de cal por mes.

Resumen

Se tiene como objetivo lograr la optimización de una planta de producción de pasta Kraft de fibra larga blanqueada, analizando los problemas que surgen diariamente, detectando los sectores o equipos que fallan aplicando diversas herramientas, mediante los cuales se puede obtener la máxima producción sin pérdidas en la calidad del producto final que redunde en menores costos en general.

Para llevar a cabo el proceso de optimización se tomaron para este trabajo dos periodos operativos de la planta, el año 1995 y el año 1996.

El trabajo se divide en tres etapas, en la primera se toman los tiempos trabajados y las producciones alcanzadas; y se clasifican y se calculan distintas marchas para cada uno de los sectores intervinientes en el proceso. Con esto se obtuvieron las máximas producciones para cada sector (MSR). Luego se calcularon la utilización y disponibilidad de cada sector para el período 1995, detectándose aquellos que eran considerados cuello de botella en el proceso.

Se repitió la metodología para el período 1996, encontrándose mejoras en todos los sectores cuyos datos fueron procesados.

También se trabajó con el período de 1997, corroborándose los resultados obtenidos en los periodos anteriores.

Como resultado de la aplicación del MSR y los tiempos improductivos, se obtuvo un ordenamiento en la confección y clasificación de los datos, lográndose un mejor aprovechamiento de los mismos, y el conocimiento de la disponibilidad y de la utilización real de cada uno de los sectores.

En la segunda etapa se calcula la fiabilidad de los sectores, teniendo en cuenta los tiempos de marcha y las paradas de cada uno. Mediante la aplicación de la ecuación de la fiabilidad de modelo exponencial (ya que suponemos que la tasa de fallos es constante), se obtiene la probabilidad de fallo de cada sector.

Con este método se calcula cada cuantos días se tendría que parar cada sector para marchar con seguridad sin llegar al fallo, ello ayudó a tomar decisiones a nivel gerencial y organizar un cronograma de paradas rotativas teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

En una tercera etapa se aplica la teoría de la fiabilidad a un equipo en particular, en este caso a la turbina, que es considerado un equipo crítico para la producción, ya que su falla implicaría la paralización total del proceso, lo cual tendría un costo económico elevado.

En este caso solo hemos trabajado sobre tiempo transcurrido, desde la puesta en marcha hasta 1998. Durante los períodos estudiados se introdujeron mejoras tecnológicas, y se hizo hincapié en la faz operativa y mecánica.

Con ello se logró mantener la fiabilidad del equipo cerca del 100 %, lo que se refleja en los gráficos para los distintos períodos.

CAPITULO 1

Introducción

Para obtener la optimización de una planta, con costo de operación bajo y alta calidad en la producción final, es necesario cumplir con una alta eficiencia de operatividad en todos los departamentos que la componen. Para ello se necesita contar con un programa de operaciones, de mantenimiento y de costos, que logren disminuir la pérdida de tiempo y prevenir las fallas de operación y la pérdida de producción.

Para lograr este objetivo se utilizan varias herramientas que, en conjunto, dan como resultado una mejor performance de una planta y que son: la utilización, la disponibilidad, el MSR, la fiabilidad y el concepto de marchas reducidas y paradas.

En este caso en particular estas herramientas son aplicadas a una planta industrial de producción de pasta blanqueada a partir de fibra larga de coníferas a través de un proceso Kraft, en un período de 2 años (1995-1996). A través del tiempo se han incorporado nuevos programas para el control y asentamiento de datos, los que se utilizaron para analizar el período de 1997.

CAPITULO 2

Análisis de la literatura

Para optimizar una planta el primer paso es localizar donde se produce la pérdida de producción. Luego se aplican distintas herramientas para lograr la máxima producción basándose en una mayor disponibilidad y productividad de los equipos con la mejor calidad y a bajos costos.

La base para este logro es mantener la simplicidad en la recolección, compilación, análisis y presentación de los datos de proceso y equipos. Es importante identificar si las pérdidas están asociadas a causas internas o externas. También hay que tener en cuenta las paradas totales y las pérdidas de producción debido a la marcha reducida.

Existen varios métodos para la optimización de las industrias o procesos, de los cuales se describen los siguientes: Método de análisis de tiempos perdidos (1), Clasificación de los tiempos improductivos (2), Método RAM (3), Teoría de la Fiabilidad (4,5,6,7,8)

2.1. Método de análisis de tiempos perdidos (1)

El método para la optimización presentada por Aurell and Isacson (2)(Swedish SSG Standard 2000 para análisis de tiempos perdidos) se basa en el análisis de tiempos perdidos que está fundamentada en las siguientes definiciones:

- IDT : Tiempo durante el cual no hay producción debido a motivos internos del proceso.
- EDT : Tiempo durante el cual no hay producción debido a motivos externos al proceso.
- ISB : Tiempo durante el cual hay producción a marcha reducida debido a motivos internos del proceso y expresado como parada equivalente.
- ESB : Tiempo durante el cual hay producción a marcha reducida debido a motivos externos al proceso y se expresa como parada equivalente.
- Disponibilidad : Es el porcentaje de tiempo que el proceso está disponible para producir.

- Utilización : Es el porcentaje de tiempo en el que el proceso está produciendo realmente.
- MSR : Es la máxima marcha sostenible de la producción (Maximum sustainable rate).

Con estos parámetros se calcula la marcha efectiva de una planta de la siguiente manera: El cálculo del MSR se aplica a cualquier departamento o sector de una planta fabril. Como primera medida se asienta diariamente la producción en una planilla, luego se ordena de mayor a menor (producción) y se realiza un gráfico como se ejemplifica en la Figura 1, donde en ordenadas se asienta la producción promedio diaria y en abscisas los días operativos de la planta o departamento :

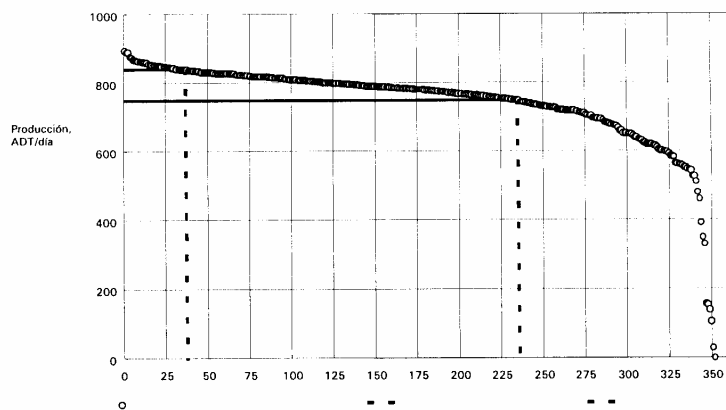


Figura 1 : Curva de Producción vs. Días operativos

Técnicamente el valor que representa el 10 % de la producción promedio diaria es el MSR. En forma práctica se calcula como el percentil 90 del total de la producción promedio diaria.

2.2 - Clasificación de los tiempos improductivos (2).

Cuando en el proceso de fabricación no hay producción se busca la causa, se la localiza, se la clasifica y se toman las acciones correctivas para evitar la misma.

Como primera medida se clasifican los tiempos perdidos en tiempos improductivos por paradas, los que se dividen en: por motivos internos y por motivos externos. En las paradas por motivos internos las causas son: por mantenimiento, por motivos operativos y por otras paradas. En mantenimiento se incluye: por motivos eléctricos, mecánicos y de instrumento. En paradas operativas se tienen en cuenta las operativas propiamente dichas y las paradas por puesta en marcha. Estos tres tipos de paradas se dividen a su vez en previstas y no previstas (Fig. 2).

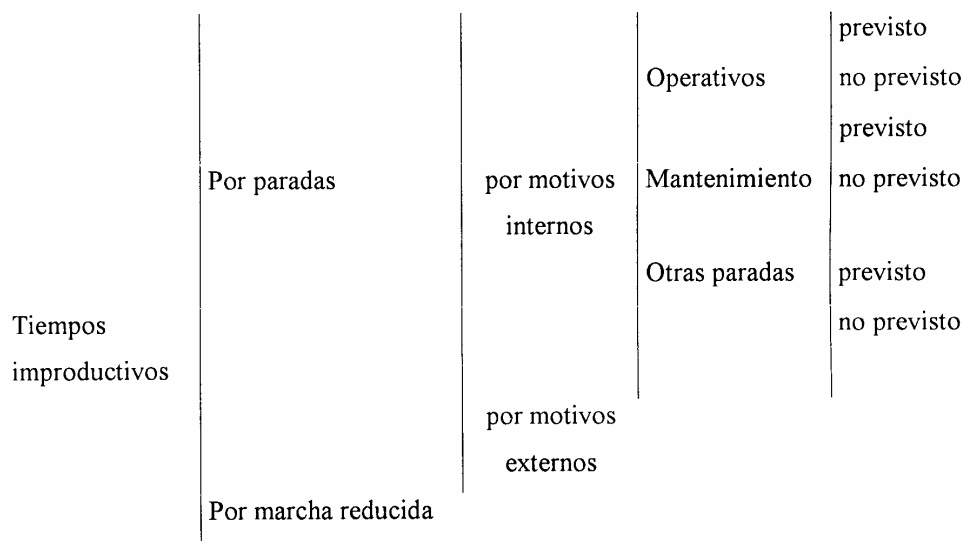


Figura 2.: Clasificación de tiempos improductivos

Una vez que se han clasificado las causas de la pérdida de tiempo se procede a calcular la utilización y la disponibilidad de la siguiente manera:

Cálculo de la marcha reducida:

$$ESB \text{ o } ISB = TRR \times (MSR - AR) / MSR \quad (\text{ec.1})$$

Donde TRR: tiempo a marcha reducida, minutos

MSR: Producción máxima sostenible, Ton/día

AR: Marcha actual, Ton/día

ESB o ISB : parada interna o externa por marcha reducida, minutos

Cálculo de la Disponibilidad:

$$A = (TT - IDT - ISB) / TT \quad (\text{ec.2})$$

Donde TT : Tiempo total disponible para producir, minutos

IDT: parada interna, minutos

ISB: parada interna por marcha reducida, minutos

Cálculo de la Utilización:

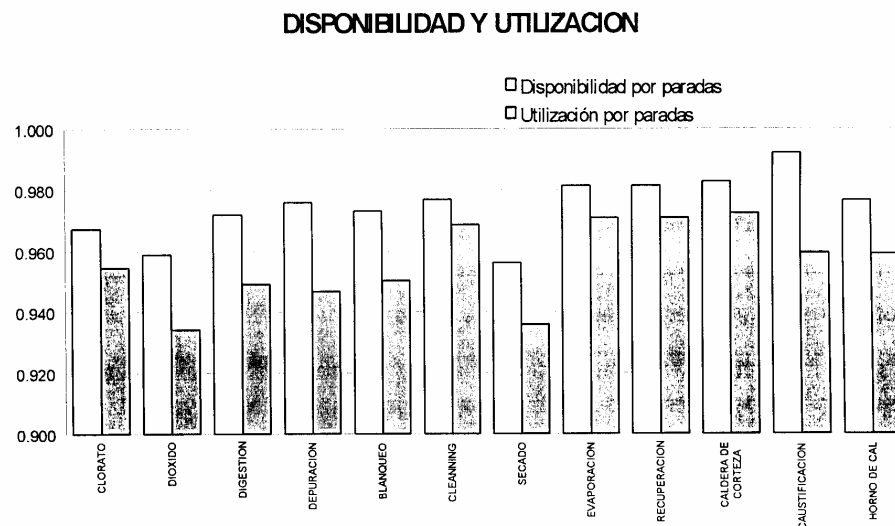
$$U = (TT - IDT - ISB - EDT - ESB) / TT \quad (\text{ec.3})$$

$$U = A - (EDT + ESB) / TT$$

Donde EDT: parada externa, minutos.

Cuando no se puede identificar el impacto de los departamentos individuales en la pérdida de producción, se trabaja aplicando estas definiciones en forma global a cada uno de los departamentos y visualizando cual de ellos es el que lleva la marcha de la planta.

Una vez que se han clasificado las razones de las pérdidas de producción, se puede hacer un gráfico de barras con los datos obtenidos de disponibilidad y utilización para cada departamento, como se muestra en la Fig. 3.



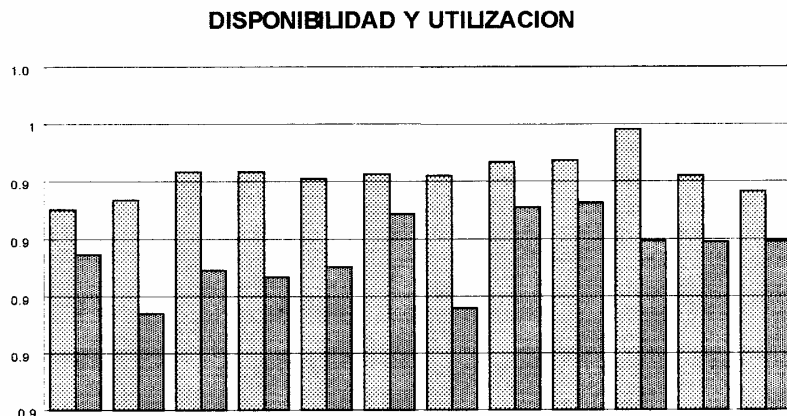


Figura 3: Gráfico de barras para Disponibilidad y Utilización

La relación entre la utilización y la disponibilidad provee una información importante.

$$\text{Como } U/A = 1 - (\text{EDT} + \text{ESB}) / A * \text{TT}$$

Esta relación debido a los downtime y a los slowback siempre es menor a 1. Cuando la relación entre la utilización y la disponibilidad está entre 0.8 y 0.9, indica que la capacidad de producción del sector no está siendo aprovechada en su totalidad.

Cuando la utilización y la disponibilidad de un área o departamento son iguales (relación igual a 1), se tiene al área como cuello de botella. Analizando desde otro punto de vista, se evalúa cada herramienta individualmente. Así, cuando la disponibilidad es baja (menor a 0.8) el cuello de botella es causado por razones internas por marcha reducida o por paradas internas. Si la utilización es baja (menor a 0.8) el cuello de botella es causado por razones externas. En el caso en que ni la utilización ni la disponibilidad sean bajas, el cuello de botella solamente puede ser causado por un incremento potencial de producción exigiendo a los equipos existentes, lo cual a menudo requiere un costo extra de inversiones nuevas. La dirección de una empresa puede utilizar estos análisis para asegurar la operación de los distintos departamentos de la planta, conociendo cuales son los cuellos de botella para ayudar a tomar decisiones acerca de donde y como invertir el capital, tener fuentes de reserva para los incrementos de producción, mejorar la calidad del producto y reducir los costos de operación y mantenimiento.

Para trabajar correctamente con el método de análisis de tiempos perdidos se parte de la base de tiempo total disponible para producir. Esto provee una medida del ritmo actual de producción. Se debe definir que constituye el tiempo de producción real y las paradas, para lo cual se establecen reglas claras para cada departamento componente de un proceso.

2.3. Método RAM (3)

La utilización del método RAM (Reliability, Availability, Maintainability, que son la fiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad) provee herramientas para identificar las causas de las paradas, ayuda a tomar decisiones para mejorar la disponibilidad, permite asignar prioridad a los gastos de inversiones y mejorar el mantenimiento.

La definición matemática de la disponibilidad (A) es:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{ec.4})$$

donde MTBF es el tiempo medio entre fallos y MTTR es el tiempo medio de reparación.

El método RAM tiene dos aspectos a considerar: uno es la confiabilidad de la base de datos y la recolección de los mismos; y la otra es el desarrollo del modelo RAM.

Desarrollar este método en una planta provee datos útiles para la toma de decisiones acerca de las inversiones para mejorar el equipamiento existente, reparación de los equipos, proceder a la revisión de los mismos y mejorar los métodos de recolección de los datos de proceso.

Consta de seis pasos a seguir que son los siguientes:

- 1- Reever los planos del proceso, procedimientos de operación, de mantenimiento e histórico de las fallas ocurridas.
- 2- Desarrollar un diagrama de bloques de la fiabilidad que muestre todo el proceso y los equipos principales. Esto es similar al flowsheet de la planta y es fácil de interpretar por el personal.
- 3- Construir un diagrama simplificado que identifique todos los equipos del proceso.
- 4- Desarrollar el árbol de fallas para sistemas primarios y de soporte, donde se pueda visualizar de manera fácil cuando el sistema puede fallar cuando una o más piezas del equipo fallen. El árbol de fallas permite el cálculo de la disponibilidad de un subsistema basado en la disponibilidad de sus componentes.

- 5- Volcar los datos de fiabilidad y mantenibilidad de un equipo en una base de datos partiendo de la operación histórica de la planta. Usar estos para calcular la disponibilidad. Estos pasos se desarrollan en forma simultánea con el desarrollo del árbol de fallas. La fiabilidad depende del MTBF (tiempo medio entre fallos) y la mantenibilidad del MTTR (tiempo medio de reparación).
- 6- Volcar los datos en una computadora y procesarlos para obtener la disponibilidad de cada uno de los componentes del proceso, los cuales luego se traducen en la disponibilidad total del sistema.

2.4. Teoría de la Fiabilidad (4,5,6,7,8)

El conjunto de teorías y métodos matemáticos y procedimientos estadísticos, procedimientos organizativos y prácticas operativas, que mediante el estudio de la ocurrencia de fallos, están dirigidos a la resolución de problemas de previsión, estimación y optimización de la probabilidad de supervivencia, duración de vida media y porcentaje de tiempo de buen funcionamiento de un sistema, es lo que comprende la teoría de la fiabilidad. (8)

Por lo tanto la utilización de esta teoría está basada en la comprensión de los siguientes puntos:

- La complejidad de los productos modernos tiende al crecimiento de la probabilidad de fallas lo que origina la fiabilidad de los sistemas.
- Necesidad de aumentar la duración del funcionamiento de un producto.
- Dificultad de mantenimiento, si el producto tiene mayor durabilidad ello equivale a una mayor utilización, pero puede ocurrir que algunos equipos tengan componentes que no pueden ser fácilmente removibles para su reparación, por lo tanto este deberá tener una mayor fiabilidad.
- El mayor uso de componentes electrónicos en las nuevas tecnologías, lo que aumenta la complejidad del sistema haciendo necesario una mayor fiabilidad.
- Las consecuencias económicas del mal funcionamiento de una máquina tiende a aumentar cuando se trabaja con mayores volúmenes de producción.

En primer lugar antes de aplicar en forma directa la teoría de la fiabilidad debemos conocer lo que es un fallo. Un fallo es el hecho después del cual el artículo o dispositivo deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. El fallo es la alteración de la capacidad de trabajo del artículo (5).

Estos fallos pueden ser clasificados dependiendo de una serie de índices, como ser:

- Según el grado de influencia en la capacidad de diseño: Fallo total o Fallo incompleto o parcial
- Según el carácter físico: Fallo catastrófico o Fallo paramétrico.
- Debido a otros fallos: Fallo independiente o Fallo dependiente.
- Según el carácter del proceso de aparición: Fallo repentino o Fallo gradual.
- Según el tiempo de existencia del fallo: Fallo estable

Una vez definido el concepto de fallo, definimos el concepto de la fiabilidad como la probabilidad de que un elemento funcione sin fallas durante un tiempo t determinado y en condiciones ambientales dadas y conocidas, y de alguna forma debe poder expresarse por medio de un coeficiente (7).

La fiabilidad no es una predicción, sino que es la probabilidad de actuación correcta de un dispositivo. Es posible que un dispositivo falle inmediatamente después de su puesta en marcha o aún después de haber finalizado su vida útil. O sea que el fabricante de un determinado producto no garantiza que el mismo trabaje h horas, sino que da la probabilidad de su funcionamiento correcto durante las h horas.

Desde el punto de vista de la ingeniería, la fiabilidad se define como la probabilidad de que un aparato o dispositivo desarrolle una determinada función bajo condiciones fijadas durante un período de tiempo determinado, es decir entre 0 y t . (7)

Cuando comienza la vida útil de un dispositivo (tiempo $t = 0$), la fiabilidad es $R(0) = 1$, ya que el mismo funciona con seguridad y a un tiempo muy largo ($t = \infty$), $R(\infty) = 0$, ya que con seguridad habrá fallado; por lo tanto la relación entre la fiabilidad y sus componentes es:

$$R(t) = \frac{N_s(t)}{N(0)} = \frac{N(0) - N_f(t)}{N(0)} = 1 - \frac{N_f(t)}{N(0)} \quad (\text{ec.5})$$

Donde

$R(t)$ = fiabilidad del componente

$N_s(t)$ = Número de componentes que continúan operando al tiempo t

$N_f(t)$ = Número de componentes que han fallado en el tiempo t

$N(0)$ = Número total de componentes que existen al inicio

Derivando la ec.5 tenemos:

$$\frac{dR(t)}{dt} = - \frac{1}{N(0)} * \frac{dNf(t)}{dt} \quad (\text{ec.6})$$

Si dt se hace muy pequeño, la expresión anterior indicará la probabilidad instantánea de no fallo en el instante t , o sea la función de densidad de probabilidad, quedando:

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (\text{ec.7})$$

Para aumentar la fiabilidad de un sistema puede reducirse su complejidad, aumentar la fiabilidad de sus componentes, acoplar elementos redundantes o en reserva, reparar el componente fallado o acudir a un mantenimiento preventivo.

Si el dispositivo no desarrolla su función al cabo de un tiempo t determinado, es decir falla entre 0 y t , se tiene entonces la llamada probabilidad de fallo o infiabilidad cuyo valor es:

$$Q(t) = 1 - R(t) \quad (\text{ec.8})$$

La función densidad de fallo es la derivada de la probabilidad de fallo respecto al tiempo,

$$F(t) = \frac{dQ}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (\text{ec.9})$$

De la ecuación 6 y dividiendo por $Ns(t)$ (7) tenemos:

$$\frac{1}{Ns(t)} * \frac{dNf(t)}{dt} = - \frac{N(0)}{Ns(t)} * \frac{dR(t)}{dt} = L(t)$$

$L(t)$ (también llamada $\lambda(t)$), es la tasa instantánea de fallos (o denominada a veces probabilidad instantánea de fallos por componente), o probabilidad de fallo del

componente en un tiempo infinitamente pequeño dt cuando en el tiempo t estaba operativo.

Sustituyendo $N_s(t)/N(0)$ por $R(t)$ resulta

$$L(t) = \frac{1}{R(t)} * \frac{dR(t)}{dt} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (\text{ec.10})$$

Lo que indica que $L(t)$ es también el cociente entre la función densidad de fallos y la fiabilidad.

Reordenando la ecuación 10, e integrando entre 0 y t , tendremos en el caso de que la tasa instantánea de fallos sea constante (independiente del tiempo t) la expresión general de la fiabilidad como:

$$R(t) = e^{-Lt} \quad (\text{ec.11})$$

Donde L es la frecuencia con que se presentan los fallos en los componentes y se expresa normalmente en fallos/hora, es decir elevado a la -1 . La inversa de L es $1/L$ (horas/fallo) o MTBF, tiempo medio entre fallos.

Con respecto a la tasa instantánea de fallos, ésta varía en función del tiempo por lo tanto su representación gráfica tiene la forma de una bañera, con tres etapas bien diferenciadas que son:

- Fallos iniciales o fallos infantiles, que corresponde generalmente a artículos o dispositivos defectuosos con una tasa de fallo superior a la normal.
- Operación normal o de fallos constantes o también llamada de fallos aleatorios.
- Fallos de desgaste o de envejecimiento y es debida a la superación de la vida prevista del componente.

Para aplicar la fiabilidad se debe utilizar algún tipo de distribución estadística adecuada a cada situación en particular, y esto se logra ajustando los datos disponibles de un proceso o de un equipo a distintos modelos estadísticos.

Los modelos estadísticos más comunes para el cálculo de la fiabilidad son:

$$\text{Distribución exponencial: } R(t) = e^{-Lt} \quad (\text{ec.11})$$

donde L es la tasa instantánea de fallos y t es tiempo de fallo.

$$\text{Distribución de Weibull: } R(t) = e^{-(t^{\alpha})^{\beta}} \quad (\text{ec.12})$$

en la que β es un parámetro de forma que describe el grado de variación de los fallos (parámetro de forma) y α es un parámetro de escala.

Si β es menor que 1, la tasa de fallos disminuye con el tiempo, lo que constituye la fase de fallos iniciales o juveniles.

Si β es constante la tasa de fallos es constante, lo que corresponde a la fase de operación normal.

Si β es mayor que 1, entonces la tasa de fallos aumenta con el tiempo, lo que constituye la fase de desgaste o de envejecimiento del componente.

$$\text{Distribución Normal: } R(t) = \frac{1}{\sigma \times (2 \Pi)^{1/2}} e^{-((\ln t - \mu)^2 / 2 \sigma^2)} dt \quad (\text{ec.13})$$

donde σ es la desviación estándar de los datos y μ es la media aritmética de los datos.

Se ha comprobado que solo algunas funciones satisfacen las expectativas al aplicarlas al cálculo de la fiabilidad. La distribución normal (tasa instantánea de fallo creciente), la exponencial (tasa instantánea de fallo constante), la distribución de Weibull (puede ser creciente o decreciente), son las más ampliamente aplicables en el análisis de la fiabilidad. Existen otras distribuciones que caracterizan la vida o periodos de la vida de un elemento y que también se usan aunque con menor frecuencia que las anteriores para resolver problemas relacionados con la fiabilidad. Entre ellas se encuentran la distribución Gamma, Beta, Erlang, Binomial, Geométrica, etc.

Una vez hallado la fiabilidad, definimos la mantenibilidad como la probabilidad de que un aparato en fallo sea restaurado completamente a su nivel operacional dentro de un periodo de tiempo dado, cuando la acción de reparación se efectúa de acuerdo con procedimientos preestablecidos, o en otros términos:

$$M = 1 / \text{Tiempo medio de reparación.}$$

Definimos también la disponibilidad como la probabilidad de un sistema de estar en uso de funcionamiento en tiempo t. El sistema no debe haber tenido fallos o bien, en caso de haberlos tenido debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento, en otro términos sería:

$$D = \frac{\text{T tiempo total en condiciones de servicio}}{\text{T tiempo total del intervalo estudiado}}$$

$$D = \frac{K \times \text{MTBF}}{K \times (\text{MTBF} + \text{MRT})} = \frac{\mu}{\mu + L}$$

Donde MTBF : Tiempo medio entre fallos

MRT : Tiempo medio de reparación

K : Números de ciclos-reparación

μ : Tasa de reparación (reparaciones/ h)

La disponibilidad instantánea en el tiempo t es decir, la probabilidad de que el equipo esté disponible en el tiempo t es igual a:

$$D = \frac{\mu}{\mu + L} + \frac{L}{\mu + L} e^{-(L + \mu) \cdot t}$$

Analizando la expresión de D en régimen permanente se llegan a las siguientes conclusiones:

Si L (tasa de fiabilidad) es finito y μ (tasa de reparaciones o la inversa del tiempo medio de reparación) es infinito, entonces D tiende a 1, es decir el equipo está siempre disponible.

Si L tiende a infinito o bien μ tiende a cero, la disponibilidad del equipo tiende a cero.

Si L y μ tienen el mismo valor, entonces la disponibilidad es 0.5. Para mejorar la disponibilidad de un equipo, es necesario aumentar la fiabilidad, ya que de este modo, el tiempo de reparación será pequeño y por consiguiente, μ tendrá una magnitud relativa muy baja con relación a L.

Estas técnicas desarrolladas, han sido aplicadas en distintas industrias obteniéndose mejoras en el control de las pérdidas que pueden ocurrir en un departamento o sector.

Por ejemplo la técnica RAM (3) de S. H. Barber, ha sido aplicada a una unidad generadora de energía, lográndose un ahorro de 9 millones de dólares en un trabajo de 10 años.

El Método de análisis de tiempos perdidos de Aurell - Isacson (2), Clasificación de los tiempos improductivos de M. Sanclemente (1), fueron aplicados a industrias de celulosa y papel lográndose buenos resultados. También se hizo una aplicación de esta herramienta y con el posterior cálculo de la fiabilidad correspondiente en la industria azucarera, fabricación de cartón y cartulina, fabricación de levadura y de leche de soja en Cuba.

2.4. Descripción de la planta de producción de pasta blanqueada de fibra larga

Alto Paraná S.A. produce Pasta Blanqueada Fibra Larga, por pulpado al Sulfato (Kraft) en un digestor continuo Kamyr y blanqueo en cinco etapas. La capacidad de diseño es de 520 ADT/día, siendo su producción normal de 715 ADT/día.

2.4.1 Descripción del proceso

Preparación Madera

Las necesidades de los troncos se cubren principalmente con la madera de pinos y araucaria de los distritos vecinos, la planta posee además las instalaciones que permiten la recepción de chips producidos por los aserraderos.

Los troncos para pulpa en largos variables entre 2,5 y 3,5 m ingresan a la planta en camiones.

Los troncos para pasta son descargados en una playa de troncos, en pilas, con una capacidad para 20 días de producción. Son extraídos de las pilas para alimentar dos líneas de producción en paralelo. Por medio de cintas transportadoras son llevados a dos tambores descortezadores. Los troncos descortezados pasan a las chiperas y luego como chips a las zarandas de clasificación, siendo transportado el aceptado por cintas a una de las dos pilas de almacenaje de forma semicircular, cada una de las cuales provee una reserva para diez días de operación.

Las pilas se forman de tal manera que los chips que han entrado primero serán los primeros en salir, asegurándose así la calidad uniforme de los chips al máximo nivel posible.

La corteza y los desechos provenientes de los transportadores de troncos, tambores descortezadores y zarandas de chips, son procesados en un molino, donde su tamaño es reducido, y luego es enviado al sistema de almacenamiento de leña y corteza.

La leña de madera de bosque natural, en forma de troncos de un metro, llega a la planta en camiones y es volcada o apilada formando una reserva de 15 días. De allí se la recupera con cargadores móviles y es chipeada.

Mezclada con la corteza molida, es almacenada bajo techo antes de ser alimentada a la caldera. La leña almacenada es recuperada por medio de tornillos móviles que operan

debajo de la pila y transportada a una tolva de fondo móvil, ubicada junto a la caldera de corteza.

Digestión y Depuración

Los chips son alimentados por una cinta hasta la tolva que alimenta al proceso, donde se mezcla con nudos provenientes de la depuración de la pasta. En la misma tolva son tratados con vapor recuperado, de allí son dosados por medio de un medidor de chips a un alimentador de baja presión y a una cámara de vaporización y de este, a través de un alimentador de alta presión son bombeados con licor blanco de cocción al tope de la torre de impregnación. De la torre de impregnación son enviados a la parte superior del digestor en fase vapor donde son calentados con vapor vivo a unos 174°C para su cocción. Una vez que pasan la zona de cocción son lavados con licor débil a contracorriente en la zona inferior. La pasta es soplada del digestor a un difusor de una etapa, montado sobre el silo de almacenamiento de pasta sin depurar.

El sistema de lavado y depuración opera con un circuito de agua en contracorriente.

El licor negro débil es bombeado desde digestión a la planta de recuperación.

La pasta lavada en el difusor, es almacenada en un silo de pasta sin depurar y de allí es bombeada a través de un predepurador, a un depurador de nudos presurizado. La pasta aceptada descarga a un tanque pulmón anterior al circuito de depuración fina. Los nudos son lavados en una zaranda vibratoria o enviados a un separador-lavador de rechazos y luego soplados al silo de chips que alimenta el digestor.

El sistema de depuración consiste de cuatro depuradores presurizados, la pasta aceptada, proveniente de los depuradores primarios es lavada en un filtro lavador espesador y enviada por medio de una bomba de media consistencia al silo de pasta depurada.

Blanqueo

La secuencia de blanqueo para la producción de pasta blanqueada, con blanco mayor de 90 °ISO, se realiza en cinco etapas: tratamiento de la pasta con dióxido de cloro, extracción con oxígeno, con y sin peróxido de hidrógeno, dióxido de cloro, segunda extracción alcalina con peróxido de hidrógeno y una última etapa con dióxido de cloro.

Para obtener un mejor aprovechamiento de los reactivos se cuenta con mixers dinámicos en cada una de las etapas (excepto Ep). Las torres de extracción alcalina son de flujo descendente convencional para permitir el control del tiempo de retención. Las dos etapas de dióxido de cloro utilizan mezcladores revestidos de titanio y torres de flujo

ascendente-descendente. Delante de las cuatro últimas torres hay mezcladores de vapor para regular la temperatura de la pasta.

Por medio de bombas de media consistencia la pasta es transferida a los silos de almacenamiento.

Las regaderas de los lavadores de la planta de blanqueo para mayor flexibilidad se pueden usar con agua caliente y recirculación parcial de filtrado, con la posibilidad de una operación completa en contracorriente.

Cleaning

La pasta blanqueada se bombea a un sistema de limpieza que consiste en un depurador presurizado y cuatro etapas de depuradores ciclónicos de pequeño diámetro, seguidos por un drenador y un espesador. Luego la pasta es enviada a un silo de almacenamiento.

Planta Química

La planta química cuenta con instalaciones para descarga, almacenamiento y producción de todos los productos químicos necesarios para el blanqueo.

La soda cáustica es transportada a la planta en camiones y almacenada en esta área.

La solución de clorato de sodio necesario para producir dióxido de cloro se genera en celdas electrolíticas de titanio. La planta de clorato de sodio tiene una capacidad máxima de 40 toneladas por día.

El área de Dióxido, genera dióxido de cloro en un generador de titanio por el proceso R3H de Erco. La capacidad de generación es de 16,5 toneladas por día en forma de una solución de 8,0 g/l, obteniéndose como subproducto sulfato de sodio cristalizado que es utilizado como reposición (make up) en la caldera de recuperación.

Caustificación y Horno de Cal

El licor blanco para la digestión, es producido en una planta de caustificación convencional, utilizando clarificadores tipo tanque que proveen clarificación y almacenamiento para los licores verde fuerte, blanco fuerte y blanco débil.

Las escorias del licor verde son lavadas primero en un lavador de escorias y luego en un filtro de tambor. El licor verde clarificado reacciona con cal viva proveniente del horno de cal en un apagador.

Un clarificador de dimensiones similares al clarificador de licor blanco, actúa como clarificador de licor blanco stand-by o como lavador de barro (habitualmente trabajan en serie). Los barro del clarificador de licor blanco son lavados y espesados en un lavador y almacenados en uno de los dos tanques con agitación. Los barro antes de ser

alimentados al horno de cal, son lavados con agua caliente y espesados en un filtro pre-capa.

El líquido separado es enviado nuevamente al sistema de manera de mantener cerrado el ciclo de soda.

El horno de cal es un horno rotativo alimentado con Fuel Oil, con una batería de postenfriadores, un depurador de gases de combustión y un sistema de almacenamiento y manipuleo de óxido de calcio (cal viva).

Secado de pasta y enfardado

La pasta blanqueada es bombeada desde un tanque de almacenamiento de alta densidad, ubicado en la planta de blanqueo, al tanque de mezcla de la máquina de secado, de donde es tomado por la bomba fan y tras su depuración es bombeado a la caja de la máquina. A la entrada de la caja de cabeza la consistencia de la pasta es de 0,9%.

La máquina de secado de pasta consiste en una caja de cabeza con recirculación, un extremo húmedo plano, mesa fourdrinier de 5200 mm de ancho, una primera prensa combinada con rodillo de succión y doble fieltro y una segunda prensa simple de doble fieltro. De la sección de prensas la pasta pasa al secador por túnel de aire que incorpora un enfriador de hoja a la salida. La sequedad de la misma a la salida de la primera prensa es de 41%, a la salida de la segunda prensa es de 45% y a la salida del secador de 90%. De allí la hoja va a un cortador apilador y a una línea de enfardado.

Las hojas que salen del cortador son apilados en fardos de 88 x 75 x 41 cm con un peso aproximado de 240 Kg.

Estos fardos son pesados en una balanza y comprimidos en una prensa de alta velocidad. Los fardos prensados son envueltos, atados y marcados automáticamente.

De allí pasan a un unitizador para luego ser enviados al depósito en unitizados de 8 fardos con un peso total del orden de 1920 Kg.

Evaporación, Caldera de Recuperación y Caldera de Corteza

El licor negro al 16-17% que viene de digestión, es filtrado y bombeado desde los tanques de flasheado del digestor, hacia un tanque de nivel constante donde se realiza una primera extracción de jabón, luego va al tanque de almacenamiento de licor débil, donde también se separa jabón y de allí pasa a tres evaporadores donde se evapora hasta el 30%, de allí se envía al tanque separador de jabón y luego a los tres últimos evaporadores, para seguir evaporando hasta 65%. La capacidad de evaporación es de 247 toneladas de agua por hora.

El sistema de evaporación posee un stripper para remover los compuestos de azufre del condensado proveniente del digestor y los condensados contaminados de los evaporadores. Los gases no condensables originados en la planta de evaporación, junto con los no condensables del digestor, son depurados con licor blanco débil antes de ser quemados en el horno de cal.

El licor negro al 65% es almacenado en los tanques de almacenamiento de licor negro concentrado y bombeado a través del tanque de mezcla (se lo llama así porque es donde se mezcla la ceniza del sulfato de sodio con el licor negro), a la caldera de recuperación para recuperar los químicos y calor. La caldera de recuperación diseñada para quemar 1100000 Kg por día de sólidos secos y producir aproximadamente 180 toneladas por hora de vapor. Los gases de combustión pasan a través de un precipitador electrostático de fondo seco diseñado para retener el 99,9 % de las partículas arrastradas por las mismas al salir de la caldera de recuperación. El fundido de la caldera es enviado al tanque de disolución donde es disuelto en licor blanco débil proveniente de la planta de caustificación y bombeado al clarificador de licor verde. El tanque de disolución del fundido está equipado con un scrubber para depurar los humos.

La caldera de corteza está diseñada para generar 120 toneladas por hora de vapor, utilizando corteza, chips y fuel-oil.

Esta unidad está equipada con un sistema colector de polvo multiciclónico para remover las cenizas arrastradas por los gases de combustión.

El tratamiento del agua de alimentación para las calderas se realiza en una planta de desmineralización.

CAPITULO 3

Materiales y métodos

3.0 Plan de tareas

Objetivos del trabajo

- Organizar el sistema de recolección de datos
- Analizar todos los datos de los distintos sectores o áreas
- Cálculo de las máximas producciones, tiempos improductivos de cada sector o área, fiabilidad.

3.1 Plan de trabajo

El plan de trabajo se divide en las siguientes etapas:

3.2 División del proceso por áreas

Se hace una división de la planta por sectores para poder trabajar en bloques.

3.3 Obtención de los datos y clasificación

Se toman los datos teniendo en cuenta la división hecha en el punto anterior.

3.4 Aplicación de las distintas herramientas

Una vez clasificados todos los datos de los distintos sectores se aplican las distintas herramientas.

3.2 División del proceso por áreas

La optimización de procesos con distintas herramientas se aplica a una planta pasta kraft de fibra larga blanqueada. Por lo tanto para poder llevar a cabo esta tarea como primer paso se divide a la planta por áreas o sectores:

CLORATO	DIOXIDO	DIGESTION
DEPURACION	BLANQUEO	CLEANING
SECADO	EVAPORACION	RECUPERACION
CALDERA DE CORTEZA	CAUSTIFICACION	HORNO DE CAL

Tabla 3.1: Clasificación de tiempos improductivos

Luego se hizo una planilla definitiva con un esquema alfanumérico de cuatro dígitos que se aplicó al período de 1997, con la siguiente clasificación:

1er dígito.	T. Parada total. El área no produce. R. Marcha reducida. El área opera por debajo del MSR.
2do dígito	I. Motivo interno al área E. Motivo externo al área
3er dígito	P. Motivo programado N. Motivo no programado
4to dígito	0. Por motivo de mantenimiento 1. Por motivo eléctrico 2. Por motivo de instrumentos 3. Por motivo mecánico 4. Por motivo operativo 5. Por parada anual 6. Por falta de suministro de algún servicio 7. Por falta de materia prima o de proceso 8. Por falta de capacidad de almacenaje 9. Por falta de personal o de seguridad 10. Obras de Ingeniería

La planilla utilizada para volcar los datos tiene el siguiente formato:

AREA:

HORA		PRODUCCIÓN		CODIFICACIÓN				DESCRIPCIÓN
DESDE	HASTA	DESDE	HASTA	T/R	I/E	P/N	Nº	

Teniendo las clasificaciones hechas se aplica a las áreas de clorato, dióxido, digestión, depuración, blanqueo, cleaning, secado, evaporación, caldera de recuperación, caldera de corteza, caustificación y horno de cal.

Los datos de tiempos improductivos y producciones se extraen del área Control de Producción. La producción de evaporación (alimentación de sólidos secos) se calcula con los datos de la planilla diaria de ese sector.

Los tiempos improductivos por paradas se clasifican en: por motivos internos y por motivos externos. En las paradas por motivos internos se tiene: por mantenimiento, por motivos operativos y por otras paradas. En mantenimiento se incluye: por motivos eléctricos, mecánicos y de instrumento. En paradas operativas se tienen en cuenta las operativas propiamente dichas y por puesta en marcha. Estos tres tipos de paradas por motivos internos se dividen a su vez en previstas y no previstas.

Los tiempos productivos se clasifican en: el total (todo el período analizado); el operativo (el total menos la parada general) y el disponible (el total menos todas las paradas).

Las producciones se clasifican en: producción anual; media en tiempo operativo (la producción anual dividida por el tiempo operativo); media en tiempo disponible (la producción anual dividida por el tiempo disponible); y máxima sostenible (MSR, el percentil 90 de todas las producciones diarias en tiempo operativo del año).

El tiempo improductivo equivalente por marcha reducida se divide en: por motivos internos y por motivos externos. Actualmente no se dispone de información para calcular estos tiempos en forma separada. Para calcular el tiempo improductivo total por marcha reducida se considera que cada sector trabaja durante todo el tiempo disponible a una marcha reducida igual a la media en tiempo disponible.

3.4 Aplicación de las distintas herramientas

3.4.1 Cálculo de Disponibilidad y Utilización

Se trabaja con los períodos de 1995, 1996 y 1997 .

El cálculo de disponibilidad se realiza por el sistema simplificado en donde solo tiene en cuenta los tiempos improductivos internos por paradas (no se dispone de los tiempos improductivos por motivos internos y por marcha reducida). La utilización se calcula por el sistema simplificado (tiempos improductivos internos y externos por paradas) y por el sistema riguroso (tiempos improductivos internos y externos por paradas y por marcha reducida).

Se calculan las producciones de secado teniendo en cuenta la producción máxima sostenible de cada sector y el balance de masa (relación entre la producción anual de secado y la producción anual del sector).

3.4.2 Cálculo de la probabilidad de falla de las distintas plantas (Fiabilidad)

Se aplica a las plantas de dióxido, digestión, depuración, blanqueo y secado para el año 1995.

Se realiza el estudio de fiabilidad de cada una estas plantas procesando los tiempos de marcha entre fallas (entre paradas no previstas por mantenimiento) y hasta la falla (entre parada programa para mantenimiento).

Se aplica tratamiento estadístico a los datos disponibles de cada sector para conocer cual es el modelo que mejor se ajusta para calcular la fiabilidad de cada uno de los sectores en estudio.

Con el método de Kolmogorov-Smirnov se obtiene lo siguiente:

Dist. Exponencial	Lambda	DN KS	Nivel Significancia
Dioxido	6.3×10^{-5}	0.263	0.375
Digestión	8.8×10^{-5}	0.155	0.803
Depuración	1.1×10^{-4}	0.171	0.664
Blanqueo	1.2×10^{-4}	0.107	0.975
Secado	2.4×10^{-4}	0.082	0.553

Distribución Normal	X	Sd	DN KS	Nivel Significancia
Dioxido	15860.8	20243.9	0.219	0.607
Digestión	11396.5	11966.9	0.238	0.290
Depuración	8945.06	7471.99	0.171	0.667
Blanqueo	8140.85	8623.12	0.190	0.463
Secado	4225.85	4242.89	0.189	0.002

Distribución Weibull	Alfa	Beta	DN KS	Nivel Significancia
Dioxido	0.656	12274.9	0.190	0.778
Digestión	0.902	10851.6	0.131	0.933
Depuración	0.849	8413.35	0.207	0.423
Blanqueo	0.954	7970.26	0.105	0.978

Secado	0.914	4052.76	0.067	0.785
--------	-------	---------	-------	-------

Se observa que el modelo que mejor se ajusta en todos los casos es la distribución de Weibull, a excepción de la planta de Depuración a la cual se ajusta mejor la distribución Normal.

Tomando estos modelos se calculan los parámetros de la ecuación de fiabilidad correspondiente para un 95 % de confianza y se grafican las curvas de fiabilidad.

3.4.3 Cálculo de la probabilidad de falla de un equipo: Turbina (Fiabilidad)

Llevando la aplicación de la herramienta fiabilidad a un solo equipo, tomamos uno cuya fiabilidad tiene que ser 100%, ya que al fallar el mismo se detiene completamente el proceso provocando pérdida de la producción hasta tanto se ponga en marcha nuevamente.

Para ello se trabaja con datos de la turbina desde la puesta en marcha, en el año 1982.

Como primer paso se hace un historial de la turbina, cuando se puso en servicio (fecha y hora), cuanto tiempo estuvo en servicio (fecha y hora), horas fuera de servicio, la causa por la que quedó fuera de servicio y el tipo de causa que provocó la salida de servicio (salida súbita por distintas causas o fallas y por parada general para mantenimiento anual).

Las fallas de la turbina la clasificamos de la siguiente manera (Tabla 3.2):

Tabla 3.2 Clasificación de tipos de fallas

Número	Tipo de falla	Frecuencia	TOTAL HORAS
2	Protección Generador		
3	Bajo vacío		
4	Limitador de carga		
5	Falla eléctrica		
6	Falla válvula admisión		
7	Sistema de control		
8	Actuador Houdaille		
9	Error operativo		
10	Falla controlador vapor de sellos		
11	Fuente alimentación		
12	Falla panel BBC		
13	Baja presión aceite control		
14	Disparo por alta presión		
15	Pérdida Aceite		
16	Sin determinar		
17	Tensión de comando		
18	Falla Mecanismo de regulación válvulas		
19	Falla válvula Hp N2		
21	Servoválvula		
22	Válvula Hp1		
23	Válvula Hp 4		
24	Bomba principal de aceite		
25	Arbol Mp fuera control		
26	Empuje axial		
27	Externas		
28	Trabajos eléctricos programados		
29	Instalación placa de estrangulación		
30	Transmisor ángulo		

También se trabaja tomando distintos períodos de funcionamiento de la turbina, desde la puesta en marcha en 1982, tomando las horas trabajadas con los tiempos entre fallos (MTBF) que existieron hasta las paradas generales para mantenimiento anual.

Se aplica tratamiento estadístico a los datos disponibles de cada uno de los períodos de marcha de la turbina para conocer cual es el modelo que mejor se ajusta para calcular la fiabilidad.

Aplicando el método de Kolmogorov-Smirnov, testeando las distribuciones de Erlang, Exponencial, Normal y de Weibull, se concluye que en la mayoría de los períodos la distribución que mejor se ajusta es la de Weibull. (Tabla V.5).

En algunos períodos (6,11 y 13) no se puede hacer ningún tratamiento estadístico por ser insuficiente la cantidad de datos disponibles.

CAPITULO 4

Resultados y Discusión

4.1 Tiempos improductivos, cálculo de MSR, Disponibilidad y Utilización.

En los anexos I, II y III (períodos 1995,1996 y 1997 respectivamente), se presentan: tabla de producciones diarias por área para el cálculo de MSR, tabla de tiempos improductivos, disponibilidad y utilización, tabla de cálculo de producciones de secado, tabla con los días con más de un área a producción máxima sostenible, tabla con el listado de producciones superior o igual a la máxima sostenible, gráfico de tiempos improductivos, gráfico de tiempos improductivos por paradas, gráfico de tiempos de paradas por motivos internos, gráfico de tiempos improductivos por mantenimiento, gráfico de tiempos improductivos por paradas operativas, gráfico de tiempos improductivos por otras paradas, gráfico de disponibilidad y utilización por paradas, gráfico de utilización total y los gráficos de producción en función del tiempo operativo de cada área.

4.1.1. Período 1995

En el gráfico I.1 de tiempos improductivos, por paradas y por marcha reducida se destacan con los valores más altos la planta de clorato y la caldera de corteza. Estos dos sectores también tienen los valores más altos de tiempos improductivos por marcha reducida, los cuales son producto de las característica de estos sectores. Las plantas de evaporación y recuperación son las que tienen los valores más bajos de tiempos improductivos mientras que dióxido y evaporación son las que tienen los menores valores de tiempos improductivos por marcha reducida. Dióxido es el único sector en donde el tiempo improductivo por marcha reducida es menor que el tiempo improductivo por paradas. Cleaning no se considera en el análisis porque no se disponen de los datos de producción de ese sector.

En el gráfico I.2 de tiempos improductivos por paradas, los valores más altos lo presentan las plantas de dióxido y secado, mientras que los valores más bajos los tienen evaporación y recuperación.

En el gráfico I.3, las plantas de Dióxido y secado presentan los valores más altos de tiempos improductivos de paradas por motivos internos. Dentro de las paradas por motivos internos por mantenimiento se destacan clorato y secado, por paradas por

motivos operativos se destacan dióxido y secado, y por otras paradas se destacan digestión, depuración, blanqueo y cleaning.

En el gráfico I.4, de tiempos improductivos por mantenimiento no previsto se destaca secado. En digestión, depuración y cleaning se observa que los valores de tiempos improductivos de mantenimiento por paradas no previstas superan a las previstas en el mismo rubro.

En el gráfico I.5, de tiempos improductivos por paradas operativas no prevista nuevamente secado presenta el mayor valor. En dióxido son similares los valores por paradas previstas y no previstas por motivos operativos.

Observando el gráfico I.7, teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de disponibilidad lo presentan la caldera de corteza, recuperación y evaporación, en tanto que los más bajos son de dióxido y secado y también teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de utilización son de evaporación y recuperación, y los más bajos los tienen dióxido y secado.

En la relación de utilización por disponibilidad, los valores más altos (que son los que indican cuello de botella) lo presentan cleaning, evaporación y recuperación.

En el gráfico I.8 de utilización total (teniendo en cuenta paradas y marcha reducida) los mayores valores son de evaporación y recuperación, y los más bajos son de clorato y caldera de corteza.

En los gráficos desde I.9 hasta I.19, de producción en función del tiempo operativo se observa que evaporación y recuperación presentan los mayores porcentajes de tiempo operativo con producción mayor a la media en tiempo operativo. Los valores más bajos son de clorato y caldera de corteza.

Los sectores de caustificación y horno de cal son los que tienen mayor cantidad de días corridos con producción igual o superior a la máxima sostenible.

Durante 15 días en el año, digestión, depuración y blanqueo operaron con una producción igual o superior a la máxima sostenible en forma simultánea. Caustificación y horno de cal hizo lo mismo durante 10 días, mientras que evaporación y recuperación durante 5 días.

Al multiplicar la relación entre la producción anual de secado y la producción anual de cada sector por la producción máxima sostenible de ese sector, se obtiene la producción de secado en base a la capacidad de cada sector. El menor valor de producción de

secado obtenido de esta forma indica lo que se puede producir con toda la planta y en consecuencia el sector con la que se obtiene dicha producción es el que determina la capacidad de la planta. La producción máxima sostenible más baja se obtiene con evaporación (Tabla I.3).

4.1.2 Período 1996

En el gráfico II.1 de tiempos improductivos por paradas y por marcha reducida se destacan con los valores más altos la planta de clorato, como así también la planta de clorato y la de caldera de corteza tienen los valores más altos por marcha reducida. Las plantas de caustificación y recuperación son las que tienen los valores más bajos de tiempos improductivos mientras que dióxido es la que tiene el menor valor de tiempos improductivos por marcha reducida.

En el gráfico II.2, de tiempos improductivos por paradas, los valores más altos lo presentan las plantas de dióxido y secado, mientras que los valores más bajos los tienen la caldera de corteza y recuperación.

En el gráfico II.3, los sectores de dióxido, secado, horno de cal, evaporación y clorato, presentan los valores más altos de tiempos improductivos de paradas por motivos internos. Dentro de las paradas por mantenimiento los valores más altos lo presentan clorato, secado, evaporación y horno de cal.

En el gráfico II.7, teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de disponibilidad lo presentan la caldera de corteza y recuperación, en tanto que el más bajo lo presenta el horno de cal y también teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de utilización son de la caldera de corteza y recuperación, y los más bajos los tienen dióxido y secado.

En la relación de utilización por disponibilidad, los valores más altos (que son los que indican cuello de botella) la recuperación y la caldera de corteza.

En el gráfico II.8 de utilización total (teniendo en cuenta paradas y marcha reducida) los mayores valores son de dióxido, caustificación y recuperación, y el más bajo es de clorato.

Al multiplicar la relación entre la producción anual de secado y la producción anual de cada sector por la producción máxima sostenible de ese sector, se obtiene la producción de secado en base a la capacidad de cada sector. El menor valor de producción de secado obtenido de esta forma indica lo que se puede producir con toda la planta y en consecuencia el sector con la que se obtiene dicha producción es el que determina la

capacidad de la planta. La producción máxima sostenible más baja para el período 1996 se obtiene con la planta de caustificación (Tabla II.3)

4.1.3. Período 1997

En el gráfico III.1 de tiempos improductivos, por paradas y por marcha reducida se destacan con los valores más altos la planta de clorato, la caldera de corteza y cleaning. La caldera de corteza y cleaning tienen los valores más altos de tiempos improductivos por marcha reducida. La planta de caustificación es la que tiene el valor más bajo de tiempos improductivos por paradas, mientras que dióxido, evaporación y horno de cal son las que tienen los menores valores de tiempos improductivos por marcha reducida.

En el gráfico III.2 de tiempos improductivos por paradas, los valores más altos lo presentan las plantas de evaporación y secado, mientras que los valores más bajos los tienen caustificación y horno de cal.

En el gráfico III.3, las plantas de Dióxido y secado presentan los valores más altos de tiempos improductivos de paradas por motivos internos. Dentro de las paradas por motivos internos por mantenimiento se destacan clorato y secado, por paradas por motivos operativos se destacan dióxido, evaporación y caldera de corteza,

En el gráfico III.5, de tiempos improductivos por paradas operativas los mayores valores lo presentan las plantas de dióxido, evaporación y caldera de corteza y en tiempos improductivos por paradas operativas no previstas la caldera de corteza presenta el mayor valor.

Observando el gráfico III.7, teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de disponibilidad lo presentan la caldera de corteza y depuración y también teniendo en cuenta solo las paradas, los mayores valores de utilización son de evaporación, caustificación y horno de cal.

En la relación de utilización por disponibilidad, los valores más altos (que son los que indican cuello de botella) lo presentan caustificación y horno de cal.

En el gráfico III.8 de utilización total (teniendo en cuenta paradas y marcha reducida) los mayores valores son de dióxido, caustificación y horno de cal, y el más bajo es de cleaning.

En los gráficos desde III.9 hasta III.20, de producción en función del tiempo operativo se observa que evaporación y horno de cal presentan los mayores porcentajes de tiempo

operativo con producción mayor a la media en tiempo operativo. Los valores más bajos son de clorato y caldera de corteza.

Al multiplicar la relación entre la producción anual de secado y la producción anual de cada sector por la producción máxima sostenible de ese sector, se obtiene la producción de secado en base a la capacidad de cada sector. El menor valor de producción de secado obtenido de esta forma indica lo que se puede producir con toda la planta y en consecuencia el sector con la que se obtiene dicha producción es el que determina la capacidad de la planta. Para el período de 1997, la producción máxima sostenible más baja se obtiene con la planta de horno de cal (Tabla III.3).

4.2 Cálculo de fiabilidad por sectores

En la Tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los sectores analizados de los parámetros a utilizar para poder calcular la fiabilidad de cada una de ellas.

	Dióxido	Digestión	Depuración	Blanqueo	Secado
Modelo de ajuste	Weibull	Weibull	Normal	Weibull	Weibull
Alfa Beta	0.656- 12274.9	0.902- 10851.6		0.954- 7970.26	0.914- 4052.76
Media y σ			8945.06- 7471.9		
Tiempo de marcha para 90 % de probabilidad de falla, días	30	19	15	13	7

Tabla 4.1 Cálculo de Parámetros de la Fiabilidad

En el anexo IV se presentan los gráficos de fiabilidad donde se indica el tiempo de marcha que corresponde para una probabilidad de falla del 90 %.

En el gráfico IV.5 de la planta de secado se observa que para un tiempo de marcha sin parada por mantenimiento igual o superior a 7 días se tiene una probabilidad de falla igual o superior al 90 %. Esto indica la conveniencia de prever paradas para el mantenimiento de las partes que con más frecuencias provocan fallas. El tiempo de marcha sin paradas por mantenimiento no debería superar al tiempo que corresponde a una probabilidad de falla del 90 %.

En los gráficos IV.2, IV.3 y IV.4 se observan que los tiempos de marcha para una probabilidad de falla del 90 % de las plantas de digestión, depuración y blanqueo son 19, 15 y 13 días respectivamente.

En el gráfico IV.1 se observa que la planta de dióxido es la que presenta el mayor tiempo de marcha para una probabilidad de falla del 90 %, pero en este caso se debe tener presente que en las paradas operativas previstas (lavados) se realizan mantenimientos con lo cual resulta difícil calcular los tiempos de marcha sin paradas por mantenimiento.

4.3 Cálculo de fiabilidad de la turbina

En primer lugar se hizo una división por períodos de la marcha de la turbina, con la duración de cada período y los tiempos de reparación de cada uno de ellos (tabla V.1), las paradas programadas (tabla V.2), la cantidad de fallas que existieron (tabla V.4), para poder así calcular la fiabilidad del equipo.

Se observa en los gráficos presentados en la tabla V.5. que para los distintos períodos ha habido un aumento de la fiabilidad, que tiene que ver con las mejoras tecnológicas que se han introducido en la máquina a través del tiempo. También se ve que para un determinado tiempo t la fiabilidad ha aumentado en forma ascendente y considerable. A partir de esto se construye un gráfico comparativo para tres períodos representativos, en el cual se observa la tendencia a aumentar de la fiabilidad (Gráfico V.1).

También se observa un aumento de la disponibilidad de la turbina (tabla V.6), como resultado de las mejoras operadas a través del tiempo.

4.4 Aplicación de una Herramienta a un solo sector.

En el anexo VI se presenta un ejemplo de aplicación de una de las herramientas: determinar la producción máxima sostenible de la planta de horno de cal, a efectos de conocer cual es la performance de la misma luego de la puesta en marcha de la parada general de 1995. Se aplicó al período desde el 11/09/95 hasta el 31/08/96. El MSR obtenido fué de 236.3 Tn. Se observó que fué menor a la obtenida en el período del 1/1/95 al 31/12/95 (253 Tn).

4.5 Comparación de períodos

Se hizo una comparación de los tres períodos, y se observó que los tiempos improductivos en general han disminuído y que la utilización total de todos los sectores ha aumentado (gráficos VII.1, VII.2 y VII.3).

CAPITULO 5

Conclusiones

Se ha dado un gran paso adelante con la implementación de la clasificación y codificación de los tiempos improductivos de cada uno de los sectores intervinientes en el proceso de fabricación de pasta. Actualmente luego de trabajar con varios períodos estamos en una etapa final donde se trabaja en conjunto el área de control de producción con el área de sistemas, para implementar una base de datos definitivo, al cual se puede acceder en forma directa según el código del área para volcar los datos que luego serán procesados para obtener un informe diario de la situación.

Con el cálculo de los MSR de cada uno de los sectores también se obtiene información acerca de cual es el sector que limita la producción final.

Utilizando el concepto de fiabilidad se logró rehacer el cronograma de paradas programadas mensuales, sabiendo cuanto tiempo operaría un sector hasta llegar a la falla, para poder disminuir los tiempos improductivos totales.

Como resultado de la aplicación de las herramientas se observó que en el período de 1995 el cuello de botella de la planta era el sector de evaporación, en el año 1996 era el horno de cal. En función a esto y otros estudios externos, se tomó la decisión de ampliar estos sectores para obtener una mayor utilización y disponibilidad de la planta.

Se debe seguir trabajando en el desarrollo en conjunto de todas estas herramientas para poder así lograr la mayor disponibilidad y mejor utilización de cada uno de los sectores que intervienen en el proceso de fabricación de pasta.

Referencias Bibliográficas

- 1 - M.R. Sanclemente "Analysis of Downtime and Equipment slowback key to mill optimization", , Maintenance Planning Strategies, Pulp and Paper, 1992
- 2 - Aurell-Isacson "Lost-time analysis: Key to improved production line performance", Pulp and Paper, Vol. 10, 1982
- 3 - Stephen Barber "RAM Technique for reduces Downtime", Chemical Engineering, June 1996 (ps 136-140)
- 4 - Fiabilidad, Manual del Ingeniero Industrial, MAYNARD
- Antonio Lozano Conejero "Confiabilidad", 1969
- 5 - Fundamentos de la Teoría y del Cálculo de Fiabilidad de elementos y dispositivos de automatización y técnica de cálculo (Bostov, 1972)
- 6 - Utilización del Análisis de proceso en el incremento de la eficiencia de la fábrica de cartón y cartulina de Santa Cruz por vía computacional, CUBA, 1995
- 7 - Antonio Creus Sole "Fiabilidad y Seguridad de procesos industriales", 1991
- 8 - Baldin, Furlanetto, Reversi y Turco "Gestión de Maquinas", Manual de mantenimiento de instalaciones industriales, 1982
- 9 - Keneth Patrick "Maintenance Planning Strategies", 1992
- 10 - Mantenimiento, El papel, Julio-Agosto, 1995
- 11 - T. Elkan "Fiabilidad, Mantenibilidad y Seguridad del Producto", American Society for Quality Control, 1994
- 12 - Z. Gaal and Z. Kovacs "Relibility of chemical technological systems II", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 13 - pp 271-286, 1985)
- 13 - G. Gruhn, W. Neumann and R. Seidel "Reliability analysis of complex chemical engineering systems", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 11 - pp 275-282, 1983)
- 14 - A. Bencsik and Z. Gaal "Relationship pf reliability and safety in chemical technological systems", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 17 - pp 141-151, 1989)
- 15 - E. Nowotniok, "Possibilities for the application of mathematical methods for the determination of an optimal maintenance policy for technological systems", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol.15 - pp 365-375, 1987)
- 16 - J. Vondran and J. Kardos "Bestimmung der verfogbarkeit einer kapazitatsgeteilten parallelsaltung mit interner kapazitatsreserve", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 3 - pp 565-576, 1975)

- 17 - J. Biehounek "The Throughput availability of a capacity-divided parallel connection with internal capacity reserve", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 6 - pp 369-382, 1978)
- 18 - J. Biehounek, J. Vondran and B. Krause "On the availability of a capacity-divided parallel connection with reserve elements", Hungarian Journal of Industrial Chemistry (Vol. 8 - pp 395-406, 1980)
- 19 - N. Takama, A. Kinoshita, "Reliability analysis by a Descomposition and integration method", World Congress of Chemical engineering, TOKIO, 1986 (TAKAMA-WATANABE)
- 20 - Scenna y Leone "Sistemas expertos basados en reglas para diagnosis de fallas en plantas de procesos", 1994
- 21 - Scenna y Tarifa "Obtención automática de la base de conocimiento de un sistema experto para diagnóstico de fallas en plantas químicas", 1994

ANEXO I

PERIODO 1995

7/10/95	40715	15365	803	803	700	779.6	1163	1248	1796	2304	220050
8/10/95	43026	16480	826	826	808	795.99	1310	1276	1778	2544	220050
9/10/95	30007	15563	817	817	745	795.86	1316	1280	1616	2448	209200
10/10/95	28684	11321	739	739	684	445.05	1194	811	1804	1793	192277
11/10/95	8945	15512	641	641	644	737.75	1368	1132	1848	2400	148877
12/10/95	47806	13722	835	835	695	718.65	1316	1249	1768	2178	151949
13/10/95	32286	15372	596	596	664	774.91	1194	1144	1704	2189	204806
14/10/95	18742	14718	840	840	744	742.11	1367	1109	1930	2225	182987
15/10/95	36842	15363	852	852	778	733.11	1401	1171	1744	2550	189181
16/10/95	36108	15546	898	898	820	816.01	1343	1275	1446	2582	209490
17/10/95	30205	15945	824	824	787	808.6	1379	1271	1282	2582	220050
18/10/95	25015	15840	628	628	799	700.26	1036	1300	1135	2142	210034
19/10/95	19905	10096	763	763	464	429.93	1285	1310	948	2460	189338
20/10/95	27694	15338	759	759	745	790.71	1263	1303	1519	2382	209599
21/10/95	39260	14997	859	859	799	818.81	1423	1298	1772	2364	203285
22/10/95	36486	14554	762	762	776	813.64	1415	1282	1830	2729	213349
23/10/95	37934	14097	836	836	822	829.11	1379	1279	1650	2688	214207
24/10/95	18822	15643	846	846	828	752.74	1322	1259	1130	2478	228338
25/10/95	35936	16014	897	897	789	800.17	1389	1281	1582	2418	229995
26/10/95	38456	16083	908	908	846	681.93	1369	1298	1752	2298	191697
27/10/95	34586	13179	0	867	789	833.79	1360	1323	1666	2448	224608
28/10/95	33007	15763	0			825.67	1371	1332	1636	2322	220050
29/10/95	38466	15654	867		792	778.4	1329	1199	1752	2288	229570
30/10/95	32271	16190	809	809	792	833.72	1339	1324	1628	2352	208342
31/10/95	28296	16215	823	823	840	824.47	1399	1283	1698	2382	220050
1/11/95	32726	16224	901	901	872	734.23	1412	1285	1596	2286	220050
2/11/95	31977	13420	801	801	605	602.7	1355	1185	1620	2304	220050
3/11/95	30695	15354	848	848	799	832.33	1319	1209	1730	2340	220050
4/11/95	30493	16488	805	805	765	783.59	1329	1234	1672	2064	220050
5/11/95	35492	16209	860	860	747	869.08	1346	1315	1680	2292	214728
6/11/95	44052	15950	851	851	792	793.68	1317	1268	1602	2448	233906
7/11/95	23364	14163	854	854	808	726.93	1170	1285	1548	2427	220050
8/11/95	48130	14844	895	895	688	791.27	1312	1316	1902	2304	220050
9/11/95	38298	15348	842	842	793	749.81	1310	1315	1686	2436	191608
10/11/95	32091	12125	829	729	715	731.2	1300	1351	1394	2736	230449
11/11/95	41576	15516	782	782	755	716.94	1290	1256	1526	2465	227849
12/11/95	33692	15282	827	827	792	810.68	1299	1151	1748	2448	225437
13/11/95	34578	15604	865	824	791	805.09	1233	1201	1776	2364	197516
14/11/95	34848	16020	909	865	811	755.58	1210	1175	1840	2568	225250
15/11/95	38060	14259	909	909	776	380.55	1079	1105	1758	2484	222122
16/11/95	30857	12192	303	303	444	797.74	884	790	1948	1452	207180
17/11/95	42789	15723	650	650	697	690.68	1277	1256	1906	2112	207615
18/11/95	44234	15929	866	866	797	792.77	1073	1277	1920	2430	206430
19/11/95	30136	16186	817	817	753	799.25	1307	1272	1658	2592	227681
20/11/95	44219	15936	836	836	793	766.69	1329	1285	1910	2490	220879
21/11/95	14186	15406	801	801	749	787.85	1255	1265	1466	2448	220050
22/11/95	34425	16267	853	853	777	745.49	1310	1237	1826	2352	220050
23/11/95	39334	13823	904	904	789	752.94	1332	1281	1920	2040	178343
24/11/95	43848	16612	776	776	722	807.82	1245	1204	1890	2592	220050
25/11/95	41248	15396	852	852	794	774.94	1225	1245	1916	2592	225435
26/11/95	37939	16140	858	858	810	766.12	1238	1298	1772	2592	220050
27/11/95	43128	16536	813	813	778	787.31	1225	1342	1864	2592	220050
28/11/95	38525	15922	813	813	811	679.34	1200	1288	1516	2496	236649
29/11/95	31795	11920	821	821	590	610.62	1124	1237	1496	2592	220050
30/11/95	32889	15274	817	817	883	814.95	1208	1290	1830	2538	220050
1/12/95	32609	16393	846	846	792	806.39	1299	1290	1756	2448	228233
2/12/95	32237	16960	853	853	796	788.48	1273	1283	1940	2562	209599
3/12/95	37631	17220	816	816	831	799.39	1290	1259	2100	2592	209599
4/12/95	42329	15670	803	803	799	839.74	1180	1255	2126	2502	209599
5/12/95	30508	10360	688	688	494	310.28	896	900	1902	1896	177163
6/12/95	27439	14247	772	772	667	748.85	1223	1273	1700	2484	199414
7/12/95	21340	16487	813	813	751	798.5	1232	1273	1752	2592	200019
8/12/95	32698	15893	859	859	803	800.73	1307	1250	2148	2592	216999
9/12/95	46352	15497	833	833	810	809.46	1352	1261	2112	2592	235597
10/12/95	39976	16448	730	780	806	813.49	1315	1287	2162	2592	219125
11/12/95	39445	16051	794	794	795	772.98	1305	1270	2230	2592	219998
12/12/95	38632	16246	854	854	818	832.12	1331	1365	2136	2856	222598
13/12/95	41203	13768	965	965	777	369.11	1306	1268	1966	2814	211341
14/12/95	33246	15487	745	745	737	814.67	1291	1335	1680	2736	214824
15/12/95	29801	12807	746	746	516	835.17	1238	1321	1572	2664	214824
16/12/95	33743	15472	852	852	843	796.11	1276	1296	1800	2448	217655
17/12/95	36884	16076	813	813	882	726.13	1272	1292	1816	2585	218308
18/12/95	42607	15100	875	813	744	812.26	1238	1325	1942	2712	223046
19/12/95	37967	15870	848	848	786	854.74	1255	1307	2010	2382	186074
20/12/95	27016	14331	856	856	707	709.78	1233	1287	1262	2670	224602
21/12/95	22082	14765	794	794	773	783.96	1282	1317	1456	2736	224770
22/12/95	28943	13525	867	867	852	664.63	1282	1354	1686	2736	221455
23/12/95	41852	15546	626	626	679	598.76	1140	1355	1824	2736	224770
24/12/95	43725	16451	703	703	721	830.02	1324	1328	1708	2820	224770
25/12/95	36609	16249	816	911	789	835.99	1311	1292	2064	2880	224770
26/12/95	40389	15768	700	723	641	629.37	1331	1242	2008	2754	223943
27/12/95	31131	13417	645	617	682	666.9	1195	909	2207	1908	220050
28/12/95	39882	16332	823	834	755	821.29	1283	1317	1946	2628	227849
29/12/95	32487	15853	826	845	759	780.77	1213	1071	1844	2736	220050
30/12/95	40082	16585	793	744	759	765.4	1273	1283	1910	2700	220050
31/12/95	37025	16142	807	832	779	766.66	1264	1341	1716	2634	220050
TOTAL	11726508	5083848	266960	266041	249686	250453	438244	424352	627869	854455	75949664

TABLA I.2 TIEMPOS IMPRODUCTIVOS, DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION 01/01/95 - 31/12/95 -

AREA	CLOPATO	DIOXIDO	DIGESTION	DEPURACION	BLANQUEO	CLEANING	SECADO	EVAPORACION	RECUPERACION	CALDERA DE CORTEZA	CAUSTIFICACION	HORNO DE CAL	
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR PARADAS													
PARADAS PREVISTAS													
1	Mantenimiento	8095	1975	970	395	2595	600	4420	2150	2160	900	990	2670
2	Eléctrico				85	45						6	
3	Instrumento				70								
4	Mecánico	1310	170	500	75	250	155	23	370	370			95
5	Operativas	1154	6035		115			332	2185	2185	2435		60
6	Parada general	26130	23730	23960	24000	23640	25055	25662	29325	29325	20745	15000	27200
7	Otras áreas												
8	Falta programa								145	145		1215	
9	Puesta en marcha	520		635				288	1035	1035	3060		
10	Otras paradas	3825	4710	6275	7615	6625	8030	3378	890	890			6345
11	Total (f1 + a + f10)	41034	36620	32340	32355	33155	33740	34301	36100	36100	27140	17211	36270
12	Total sin p/general (f11 - f6)	14904	12890	8380	8355	9515	8685	8439	6775	6775	6395	2211	9070
13	Por motivos internos (f12 - f7 - f8)	14904	12890	8380	8355	9515	8685	8439	6630	6630	6395	996	9070
14	Por motivos externos (f7 + f8)	0	0	0	0	0	0	0	145	145	0	1215	0
15	Mantenimiento (f1 + a + f4)	9405	2145	1470	625	2890	655	4443	2520	2520	900	996	2665
16	Operativas (f5 + f9)	1674	6035	635	115	0	0	618	3220	3220	5495	0	60
PARADAS NO PREVISTAS													
18	Eléctrico		60	520	660	1160		1251				290	130
19	Instrumento	5	465	60				77	551				
20	Mecánico	805	170	1785	1185	1619	2385	2209	275	275	1220	85	315
21	Operativas		6255	30	475	70	65	7030	180	180		355	1700
22	Otras áreas	6353	9725	11460	14555	11420	4112	10128	4612	4612	5247	15505	8690
23	Falta materia prima		2730					40	330	330		50	
24	Falta personal								30	30			
25	Puesta en marcha	260		710				786	932	932	910		
26	Otras paradas	415	765	2624	1514	1205	390	1631	1345	1345	175	2285	520
27	Total (f18 + a + f26)	7838	20170	17189	18389	15474	7029	23626	7704	7704	7552	18570	11355
28	Por motivos internos (f27 - f22 - f2)	1495	7715	5729	3834	4054	2917	13458	2732	2732	2305	3015	2665
29	Por motivos externos (f22 + a + f24)	6353	12455	11460	14555	11420	4112	10168	4972	4972	5247	15555	8690
30	Mantenimiento (f18 + a + f20)	810	695	2365	1865	2779	2462	4011	275	275	1220	375	445
31	Operativas (f21 + f25)	260	6255	740	475	70	65	7816	1112	1112	910	355	1700
PARADAS PREVISTAS Y NO PREVISTAS													
32	Total de paradas (f11 + f27)	48872	56790	49529	50744	48629	40769	57927	43804	43804	34692	35781	47625
33	Total sin p/general (f32-f6)	22742	33060	25559	26744	24989	16714	32065	14479	14479	13947	20781	20425
34	Por motivos internos (f13 + f28)	16389	20605	14109	12189	13569	11602	21897	9362	9362	8700	4011	11735
35	Por motivos externos (f14 + f29)	6353	12455	11460	14555	11420	4112	10168	5117	5117	5247	16770	8690
36	Mantenimiento (f15 + f30)	10215	2840	3835	2470	5669	3117	8454	2795	2795	2120	1371	3110
37	Operativas (f16 + f31)	1934	12290	1375	590	70	65	8434	4332	4332	6405	355	1760
PARADAS POR MOTIVOS INTERNOS													
38	Mantenimiento (f15 + f30)	10215	2840	3835	2470	5669	3117	8454	2795	2795	2120	1371	3110
39	Operativas (f16 + f31)	1934	12290	1375	590	70	65	8434	4332	4332	6405	355	1760
40	Otras paradas (f10 + f26)	4240	5475	8899	9129	7830	8420	5009	2235	2235	175	2285	6865
41	Total (f13 + f28)	16389	20605	14109	12189	13569	11602	21897	9362	9362	8700	4011	11735
TIEMPOS PRODUCTIVOS													
42	Total	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600
43	Operativas (f42-f6)	499470	501870	501640	501600	501960	500545	499738	496275	496275	504853	510600	498400
44	Disponibles (f42-f32)	476728	468810	476071	474856	476971	484831	487673	481796	481796	490908	489619	477975
DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION POR PARADAS													
45	Disponibilidad (1-(f34/f43))	0.967	0.959	0.972	0.976	0.973	0.977	0.956	0.981	0.981	0.983	0.992	0.976
46	Utilización (1-(f33/f43))	0.954	0.934	0.949	0.947	0.950	0.969	0.936	0.971	0.971	0.972	0.959	0.969
47	Utilización / Disponibilidad (f46/f45)	0.987	0.974	0.976	0.970	0.977	0.992	0.979	0.989	0.989	0.989	0.967	0.982
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR MARCHA REDUCIDA													
PRODUCCION													
48	Unidad	Tn	Tn	ADT	ADT	ADT	ADT	ADT	Tn	Tn	Tn	m3	Tn
49	Enero-Diciembre 1995	11727	5083	244962	243721	227263		250510	438244	425128	624869	854455	75950
50	Media en tiempo operativo (f49*14)	33.8	14.6	703	700	652	0	722	1272	1234	1782	2410	219
51	Media en tiempo disponible (f49*14)	35.4	15.6	741	739	686	0	771	1310	1271	1833	2512	229
52	Máxima sostenible (percentil 90)	41.5	16.5	806	806	761		836	1387	1351	2160	2880	253
53	Percentil de la media en tiempo oper	41.8	27.7	30.1	30.0	30.6		32.8	25.4	19.9	42.9	33.8	29.4
TIEMPO IMPRODUCTIVO EQUIVALENTE POR MARCHA REDUCIDA POR MOTIVOS INTERNOS Y EXTERNOS													
54	Tiempo improductivo(f44*(1-f51/f5)	69833	25168	38422	39424	46933	#DIV/0!	36173	26806	28662	74329	62592	45692
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PARADA Y POR MARCHA REDUCIDA													
55	Tiempo improductivo total (f54+f3)	92575	58228	63991	66168	71922	#DIV/0!	68238	41285	43141	88276	83373	66117
UTILIZACION POR PARADAS Y POR MARCHA REDUCIDA													
56	Utilización (1-(f33 + f54)/f43))	0.815	0.884	0.872	0.868	0.857	#DIV/0!	0.863	0.917	0.913	0.825	0.837	0.867

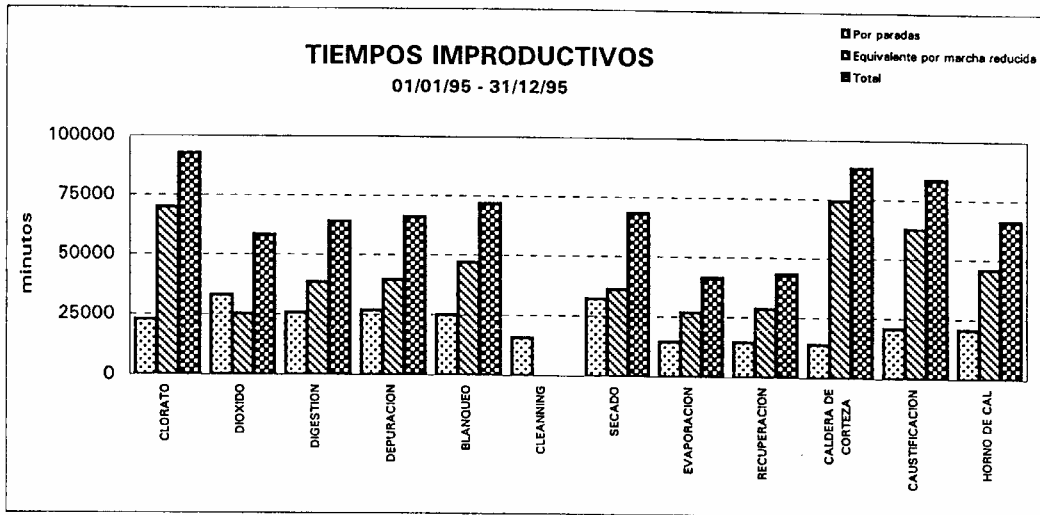


Gráfico I.1

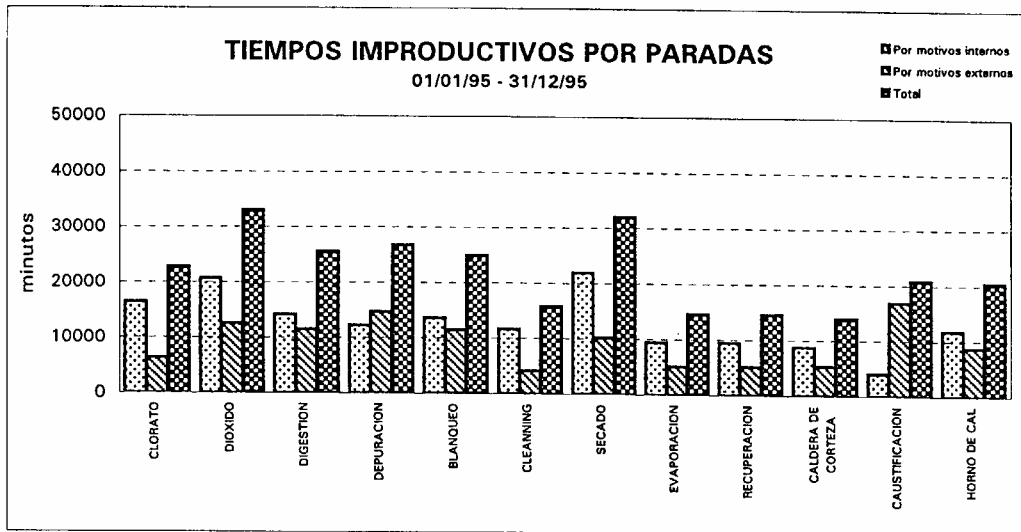


Gráfico I.2

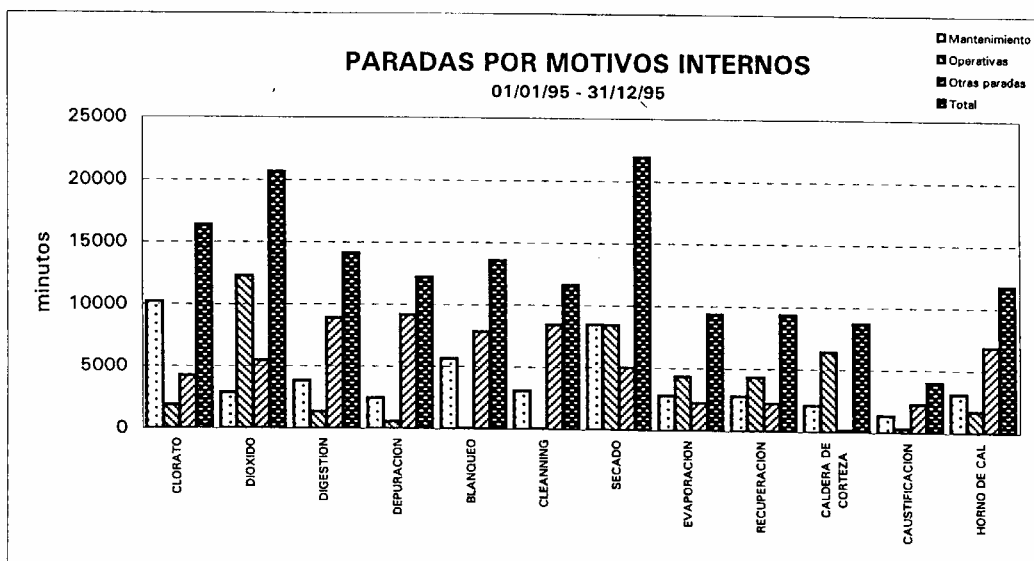


Gráfico I.3

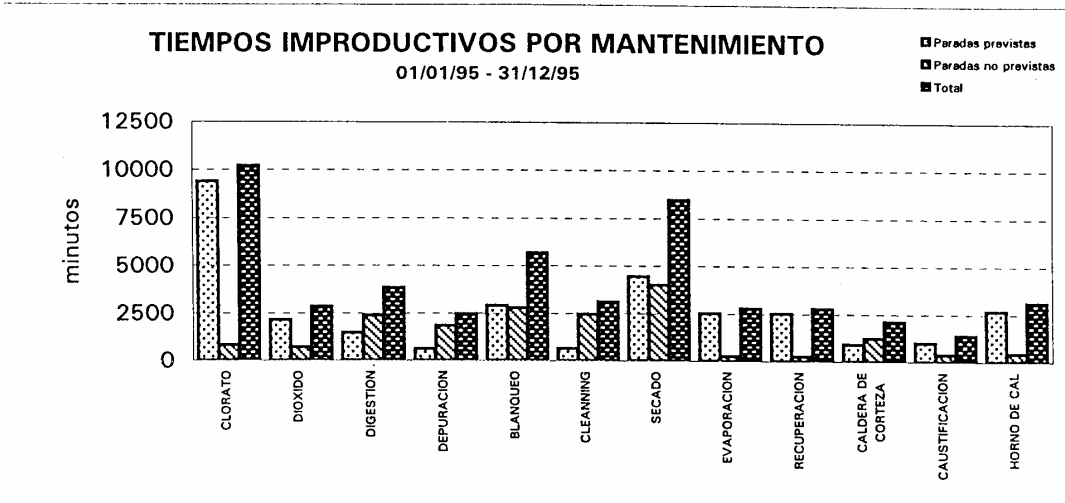


Gráfico I.4

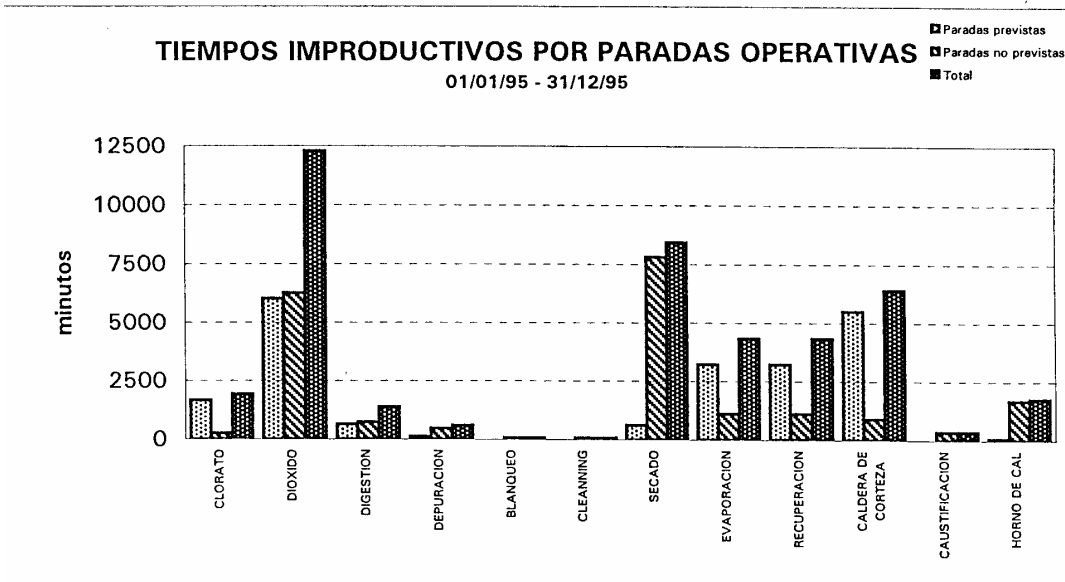


Gráfico I.5

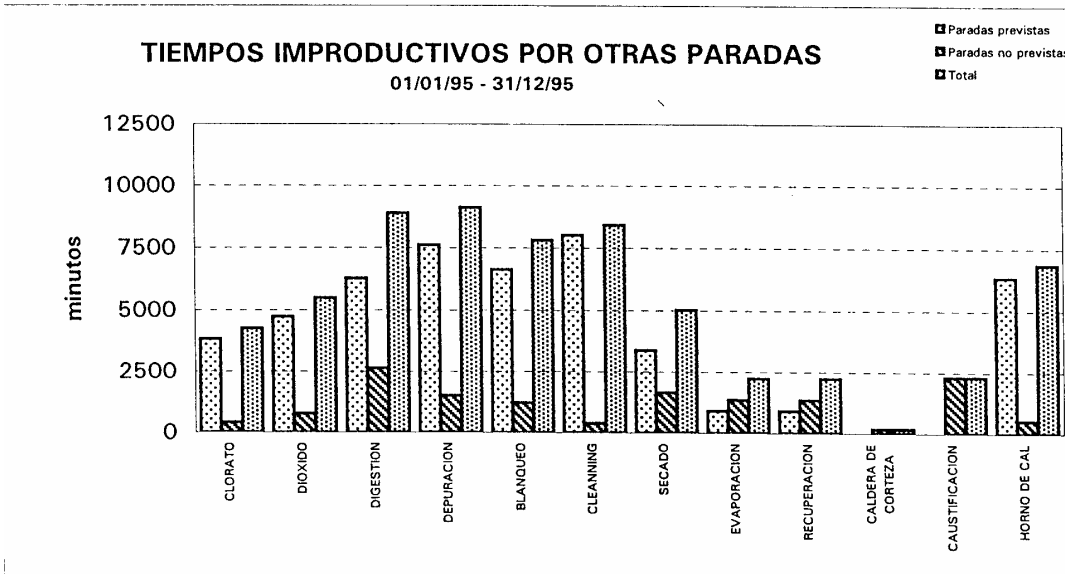


Gráfico I.6

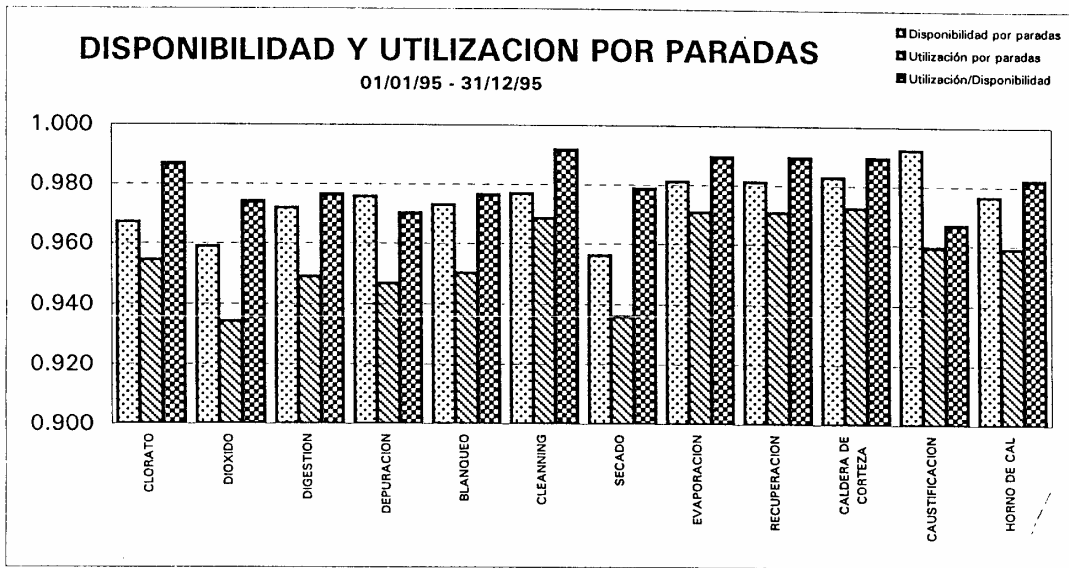


Gráfico I.7

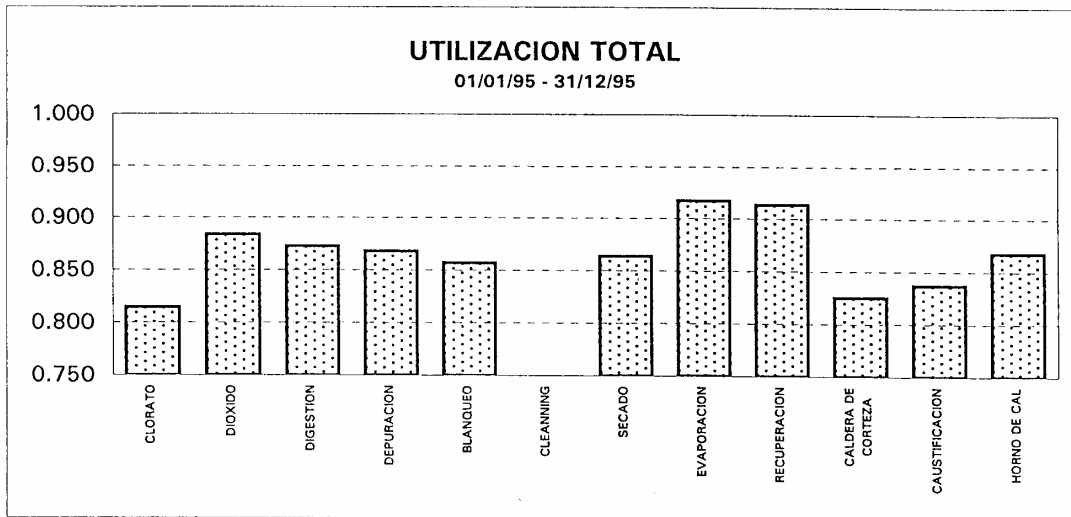


Gráfico I.8

CLORATO DE SODIO
Año 1995

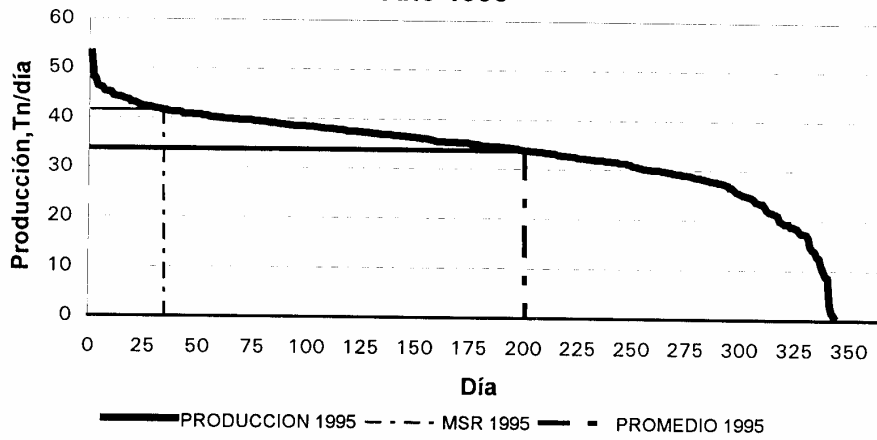


Gráfico I.9

DIOXIDO DE CLORO
Año 1995

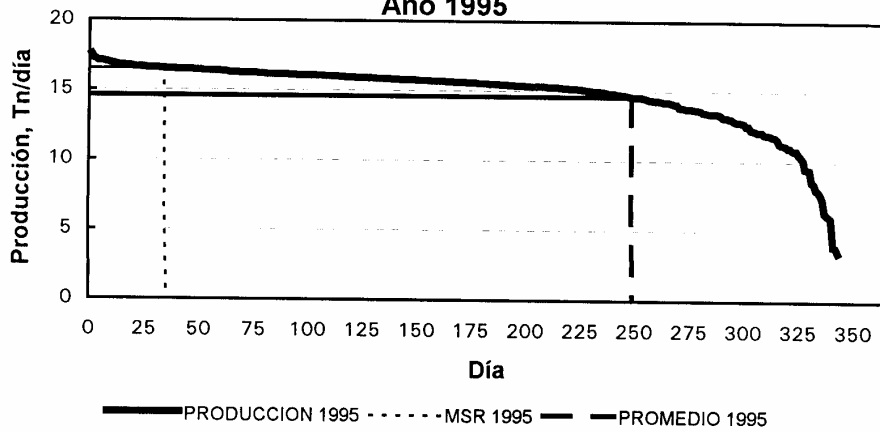


Gráfico I.10

DIGESTION
Año 1995

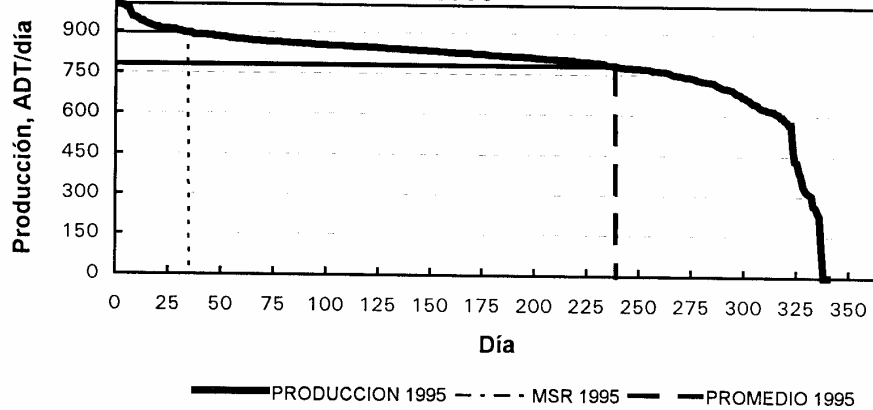


Gráfico I.11

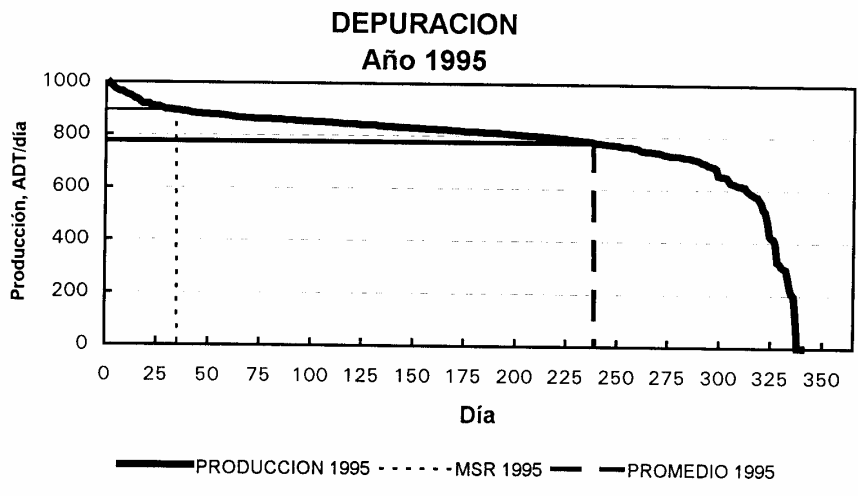


Gráfico I.12

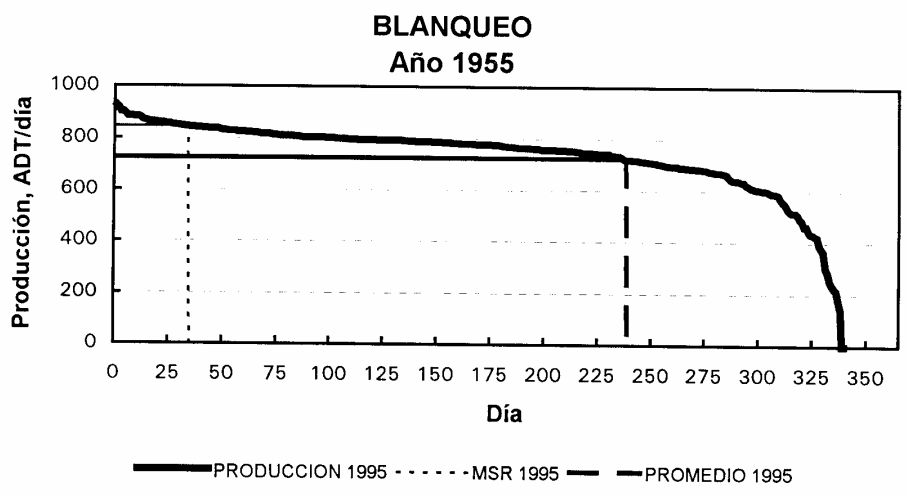


Gráfico I.13

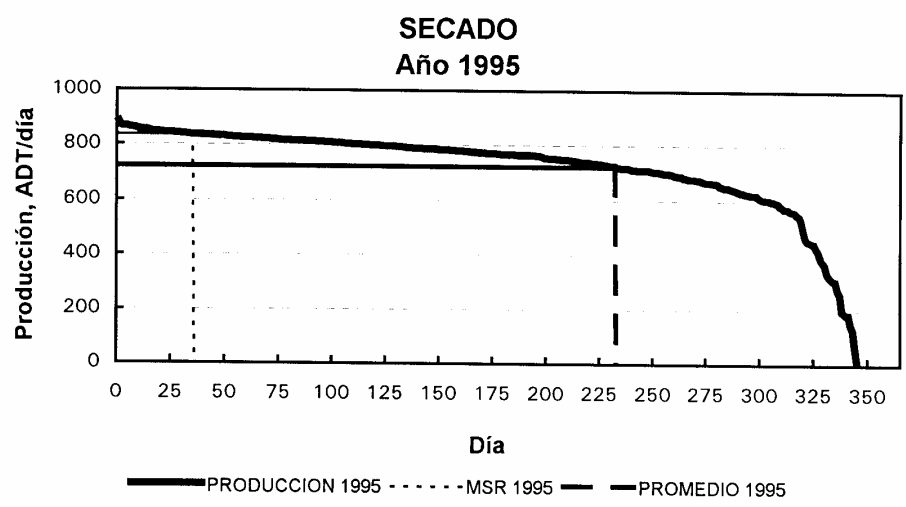


Gráfico I.14

**EVAPORACIÓN
Año 1995**

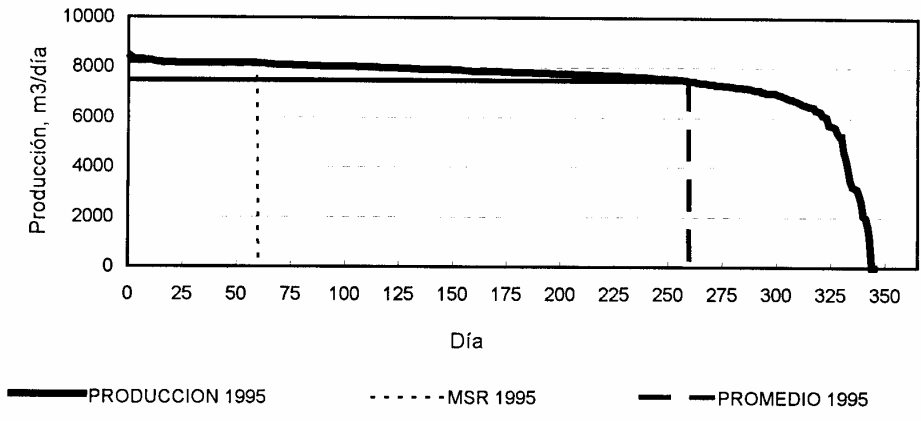


Gráfico I.15

**RECUPERACIÓN
Año 1995**

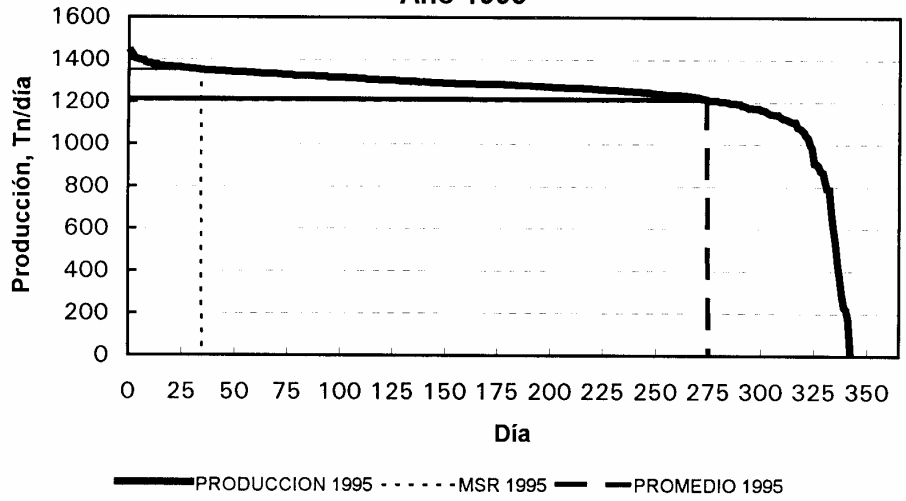


Gráfico I.16

**CALDERA DE CORTEZA
Año 1995**

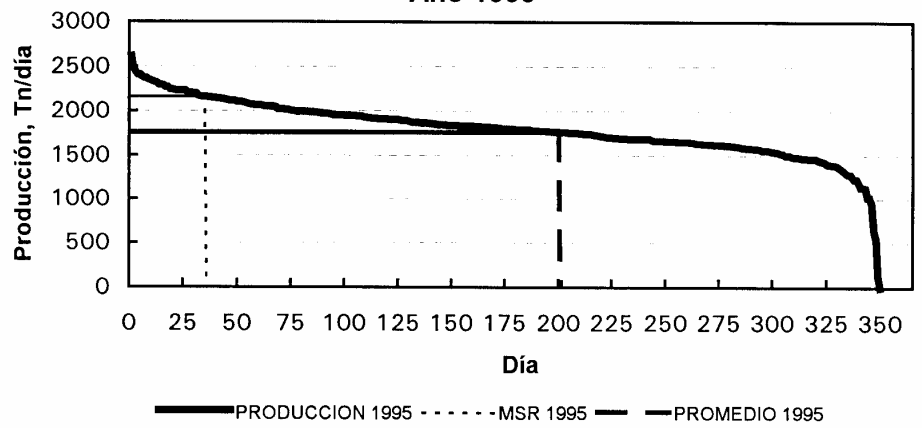


Gráfico I.17

CAUSTIFICACIÓN Año 1995

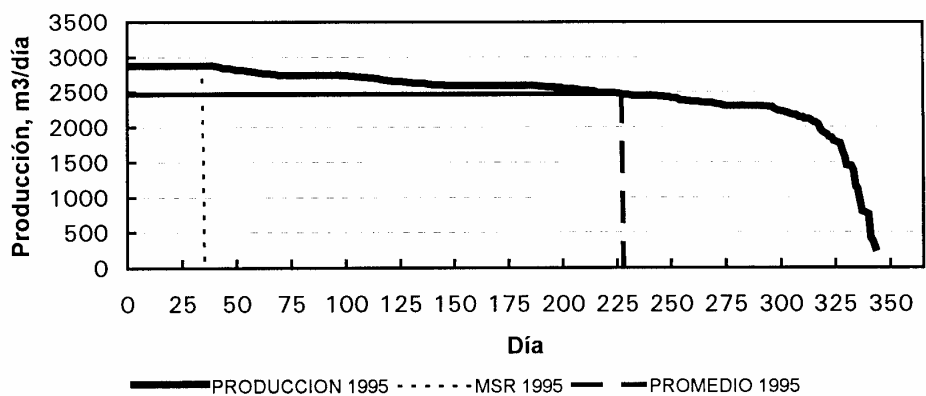


Gráfico I.18

HORNO DE CAL Año 1995

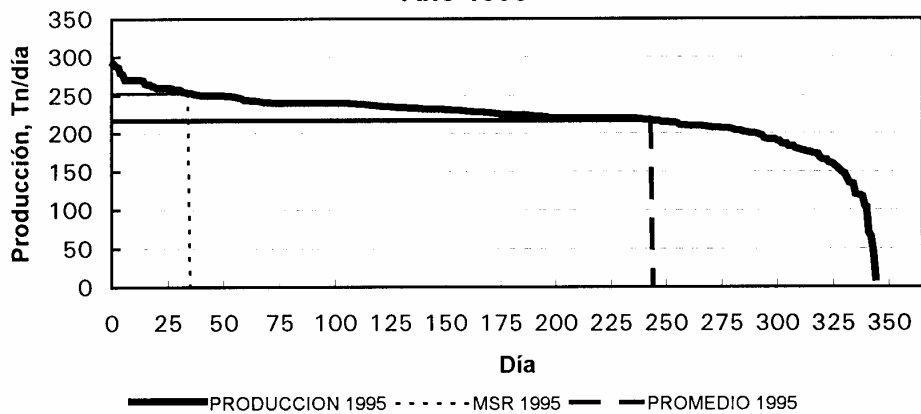


Gráfico I.19

ANEXO II

PERIODO 1996

AREA	CANTIDAD DE BOMBAS	NUMERO DE CILINDROS	DENSIDAD	DENSIFICACION	NUMERO	CILINDRO	NUMERO	INYECCION	RECUPERACION	CANTIDAD DE COPULADO	NUMERO DE OIL	
FECHA	Tn	Tn	ADT	ADT	ADT	ADT	ADT	m3	Tn	Tn	m3	Tn
23/10/96	26.4	1.8	346	247								938
24/10/96	9.7	8.5	322	272	105	105	43	5240		1672	472	30
25/10/96	39.8	9.4	640	606	525	525	548	7420	1209	2042	1992	142
26/10/96	40.5	12.3	401	477	551	551	513	6570	1269	1532	2064	212
27/10/96	19.1	12.9	768	748	598	598	633	7720	1267	1532	2552	173
28/10/96	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/10/96	19.1	6.4	273	246	352	330	323	3400	0	1504	992	119
30/10/96	38.2	12.5	712	739	633	583	514	8500	1247	1745	2592	227
31/10/96	37.3	15.2	806	818	832	780	795	8640	1256	1884	2776	230
1/11/96	41.0	14.1	852	872	859	802	715	8560	1208	2032	2688	225
2/11/96	42.1	15.3	838	844	861	786	837	8404	1298	2224	2584	223
3/11/96	34.7	14.6	837	827	835	813	733	8440	1270	1654	2496	216
4/11/96	31.5	15.4	752	758	782	696	842	8640	1257	1728	2496	235
5/11/96	28.3	15.4	861	860	812	650	521	8640	1328	1546	2496	243
6/11/96	32.3	13.6	799	752	789	821	855	8640	1351	1808	2496	245
7/11/96	38.3	14.6	846	879	851	836	862	8640	1406	2021	2144	174
8/11/96	36.8	15.9	830	803	857	835	854	8640	1327	1834	2880	236
9/11/96	26.0	11.7	837	746	683	673	796	8640	1358	1643	2904	244
10/11/96	33.1	16.6	755	864	870	789	783	8560	1264	1914	2152	240
11/11/96	34.6	16.9	777	750	878	840	831	8640	922	2366	2520	240
12/11/96	18.6	16.3	901	922	893	826	691	8674	1267	1700	2488	232
13/11/96	40.2	13.2	849	751	662	625	693	8692	1394	1692	2496	232
14/11/96	35.9	15.4	826	836	819	763	782	8760	1316	1964	2600	237
15/11/96	37.2	16.8	914	965	965	876	830	8856	1225	2268	2504	238
16/11/96	36.6	16.6	889	911	917	859	794	8832	1266	2016	2496	242
17/11/96	30.7	17.0	807	799	914	849	714	8832	1245	1822	2496	227
18/11/96	34.0	15.9	874	867	875	825	861	8002	1340	1890	2624	215
19/11/96	28.4	12.8	807	683	608	620	672	8928	1222	1612	2688	215
20/11/96	31.1	16.9	830	854	864	804	798	8952	1307	1694	2688	215
21/11/96	33.7	16.8	832	857	875	838	850	8966	1343	1920	2680	202
22/11/96	38.3	15.6	891	926	872	786	855	8776	1288	2046	2880	237
23/11/96	38.5	16.5	836	793	884	862	850	8736	1293	2094	2848	237
24/11/96	36.0	16.3	896	895	848	778	837	8764	1318	2214	2520	233
25/11/96	39.2	16.6	930	920	858	717	549	8912	1331	1878	2624	211
26/11/96	31.1	12.7	477	499	658	727	859	5368	1207	2010	1768	135
27/11/96	43.7	15.8	891	891	831	782	831	8044	1294	1914	2688	222
28/11/96	35.0	16.5	850	825	833	795	786	8700	1314	2024	2688	225
29/11/96	33.2	16.4	940	958	927	859	853	8466	1285	1930	2688	223
30/11/96	40.8	14.7	892	877	798	762	773	7820	1196	1758	2688	228
1/12/96	30.8	14.0	864	831	862	802	727	8748	1260	1838	2496	220
2/12/96	26.8	15.7	815	796	810	711	730	8756	1302	1746	2600	209
3/12/96	37.9	15.7	837	834	800	780	861	8756	1350	1398	2688	225
4/12/96	38.7	16.4	907	909	917	853	869	8824	1343	1838	2688	201
5/12/96	32.7	15.7	994	1010	989	889	670	8100	1338	1328	2608	189
6/12/96	11.8	15.2	675	647	676	600	646	6808	1059	720	2008	178
7/12/96	35.6	15.9	861	793	787	774	860	8818	1212	1982	2688	181
8/12/96	37.7	16.5	901	906	879	842	827	8720	1350	1928	2688	220
9/12/96	43.2	16.1	794	847	847	755	829	8708	1334	1940	2688	220
10/12/96	35.9	15.9	864	870	905	866	777	7970	1350	2172	2408	217
11/12/96	35.5	15.9	836	873	861	852	830	7618	1244	1922	2616	210
12/12/96	33.9	11.4	757	633	641	586	736	8192	1220	1892	2328	210
13/12/96	38.7	14.8	889	851	846	818	812	8704	1401	1996	2688	213
14/12/96	35.2	11.6	687	702	686	634	612	5816	979	2036	2064	181
15/12/96	41.6	14.6	865	862	868	839	847	8982	1370	2340	2584	203
16/12/96	30.3	16.5	873	890	891	838	859	9040	1408	1862	2792	234
17/12/96	30.1	15.4	923	923	915	836	761	9076	1396	2128	2616	240
18/12/96	0.0	14.5	891	856	899	719	657	9048	1278	2134	2688	240
19/12/96	36.5	14.2	904	907	864	806	817	8648	1292	2076	2576	219
20/12/96	32.0	13.1	864	799	811	775	841	8820	1256	2106	2688	237
21/12/96	34.5	16.9	850	845	837	827	837	9024	1323	2224	2688	239
22/12/96	38.4	17.1	867	872	867	813	838	9024	1335	2244	2584	245
23/12/96	38.4	17.8	876	860	876	852	847	8896	1372	1926	2688	238
24/12/96	38.3	17.8	864	874	886	828	825	8928	1337	2320	2800	238
25/12/96	42.4	17.3	894	920	928	752	776	9024	1291	2218	2880	246
26/12/96	41.1	16.4	863	876	876	854	824	9024	1313	2182	2880	238
27/12/96	33.7	11.6	874	809	777	780	840	9024	1330	2276	2864	246
28/12/96	32.3	15.0	847	824	834	743	713	9004	1286	2160	2688	249
29/12/96	30.6	15.3	888	870	856	846	845	8450	1333	2300	2688	244
30/12/96	27.7	14.3	641	701	718	738	823	7146	1270	2024	1872	241
31/12/96	33.2	15.2	748	777	787	690	743	8204	1241	2150	2704	242
TOTAL	12475.9	5392.0	281319	278866	278363	261918	260105	2681356	449378	752752	913854	75458
Promedio	35.5	15.3	796.9	790.0	790.8	744.1	738.9	7639.2	1283.9	2126.4	2603.6	215.0

MSR POR AREA DESDE 01/01/96 HASTA EL 31/12/96

Por día	43.2	17.1	896	898	889	838	841	8648	1420	2419	2880	240
Por hora	1.80	0.71	37.3	37.4	37.0	34.9	35.0	360.3	59.2	100.8	120.0	10.0

MSR POR AREA DESDE PARADA GENERAL OCTUBRE/96 HASTA EL 31/12/96

Por día	40.8	16.9	901	920	914	853	856	9024	1362	2226	2810	243
Por hora	1.70	0.70	37.6	38.3	38.1	35.5	35.7	376.0	56.7	92.8	117.1	10.1

TABLA II.2 TIEMPOS IMPRODUCTIVOS, DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION 01/01/96 - 31/12/96 -

AREA	CLORATO	DIOXIDO	DIGESTION	DEPURACION	BLANQUEO	CLEANING	SECADO	EVAPORACION	RECUPERACION	CALDERA DE CORTEZA	CAUSTIFICACION	HORNO DE CAL
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR PARADAS												
PARADAS PREVISTAS												
1	Mantenimiento	8572	2410	3397	1970	4130	1625	4164	2170		3315	9070
2	Eléctrico		270		30			175				105
3	Instrumento		310									
4	Mecánico	50	605	695	40			225	570	615		70
5	Operativas	1285	4640		595	905	450	847	1368			
6	Parada general	21120	21350	21445	21385	21785	21680	21585	21820	20510	17520	21970
7	Otras áreas								210			
8	Falta programa											
9	Puesta en marcha	930	185	685				172	2180		1125	4065
10	Otras paradas			1050	1833	230	1760	55			540	150
11	Total (f1 + a + f10)	31957	29770	27272	25853	27050	25515	27223	28318	20510	19260	25825
12	Total sin p/general (f11 - f6)	10837	8420	5827	4468	5265	3835	5638	6498	0	1740	3855
13	Por motivos internos (f12 - f7 - f8)	10837	8420	5827	4468	5265	3835	5638	6288	0	1740	3855
14	Por motivos externos (f7 + f8)	0	0	0	0	0	0	0	210	0	0	0
15	Mantenimiento (f1 + a + f4)	8622	3595	4092	2040	4130	1625	4564	2740	0	615	3315
16	Operativas (f5 + f9)	2215	4825	685	595	905	450	1019	3548	0	1125	4065
PARADAS NO PREVISTAS												
18	Eléctrico		205		242	350	60	819	1323	735		265
19	Instrumento	25	190		45	255		407	85			90
20	Mecánico	345	360	410	713	120	826	2106	2886	2180	1810	1275
21	Operativas	600	7185	575	668	335	140	4637	1045			290
22	Otras áreas	6780	8721	8500	11798	9091	10075	8474	2955			8170
23	Falta materia prima				230	350		25				
24	Falta personal	160										
25	Puesta en marcha			429				799	560	390	395	690
26	Otras paradas	135		3660	1020	290	810	210	60			245
27	Total (f18 + a + f26)	8045	16661	13574	14716	10791	11911	17477	8914	3305	2205	10245
28	Por motivos internos (f27 - f22 - f23 - f24)	1105	7940	5074	2688	1350	1836	8978	5959	3305	2205	2075
29	Por motivos externos (f22 + a + f24)	6940	8721	8500	12028	9441	10075	8499	2955	0	0	8170
30	Mantenimiento (f18 + a + f20)	370	755	410	1000	725	886	3332	4794	2915	1810	1540
31	Operativas (f21 + f25)	600	7185	1004	668	335	140	5436	1605	390	395	290
PARADAS PREVISTAS Y NO PREVISTAS												
32	Total de paradas (f11 + f27)	40002	46431	40846	40569	37841	37426	44700	37232	23815	21465	36070
33	Total sin p/general (f32-f6)	18882	25081	19401	19184	16056	15746	23115	15412	3305	3945	14100
34	Por motivos internos (f13 + f28)	11942	16360	10901	7156	6615	5671	14616	12247	3305	3945	5930
35	Por motivos externos (f14 + f29)	6940	8721	8500	12028	9441	10075	8499	3165	0	0	8170
36	Mantenimiento (f15 + f30)	8992	4350	4502	3040	4855	2511	7896	7034	2915	2425	4855
37	Operativas (f16 + f31)	2815	12010	1689	1263	1240	590	6455	5153	390	1520	290
PARADAS POR MOTIVOS INTERNOS												
38	Mantenimiento (f15 + f30)	8992	4350	4502	3040	4855	2511	7896	7034	2915	2425	4855
39	Operativas (f16 + f31)	2815	12010	1689	1263	1240	590	6455	5153	390	1520	290
40	Otras paradas (f10 + f26)	135	0	4710	2853	520	2570	265	60	0	0	785
41	Total (f13 + f28)	11942	16360	10901	7156	6615	5671	14616	12247	3305	3945	5930
TIEMPOS PRODUCTIVOS												
42	Total	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600
43	Operativos (f42-f6)	504480	504250	504155	504215	503815	503920	504015	503780	505090	508080	503630
44	Disponibles (f42-f32)	485598	479169	484754	485031	487759	488174	480900	488368	501785	504135	489530
DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION POR PARADAS - año 1996												
45	Disponibilidad (1-(f34/f43))	0.976	0.968	0.978	0.986	0.987	0.989	0.971	0.976	0.993	0.992	0.988
46	Utilización (1-(f33/f43))	0.963	0.950	0.962	0.962	0.968	0.969	0.954	0.969	0.993	0.992	0.972
47	Utilización/Disponibilidad (f46/f45)	0.986	0.982	0.983	0.976	0.981	0.980	0.983	0.994	1.000	1.000	0.984
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR MARCHA REDUCIDA												
PRODUCCION												
48	Unidad	Tn	Tn	ADT	ADT	ADT	ADT	ADT	m3	Tn	Tn	m3
49	Enero-Diciembre 1996	12746	5392	281319	278866	278363	261918	260105	2681356	449378	752752	913854
50	Media en tiempo operativo (f49*1440/f43)	36.4	15.4	804	796	796	748	743	7664	1281	2133	2613
51	Media en tiempo disponible (f49*1440/f44)	37.8	16.2	836	826	822	773	779	7906	1290	2150	2688
52	Máxima sostenible (percentil 90)	43.2	17.1	896	898	889	838	841	8674	1420	2419	2860
53	Percentil de la media en tiempo operativo											
TIEMPO IMPRODUCTIVO EQUIVALENTE POR MARCHA REDUCIDA POR MOTIVOS INTERNOS Y EXTERNOS												
54	Tiempo improductivo (f44*(1-f51)/f52)	60735	25106	32634	37852	36867	38100	35536	43227	46078	56031	32603
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PARADA Y POR MARCHA REDUCIDA												
55	Tiempo improductivo total (f54 + f33)	79617	50187	52035	57036	52923	53846	58651	58639	49383	59976	46703
UTILIZACION POR PARADAS Y POR MARCHA REDUCIDA												
56	Utilización (1-(f53 + f54)/f43)	0.842	0.900	0.897	0.887	0.895	0.893	0.884	0.884	0.902	0.882	0.907

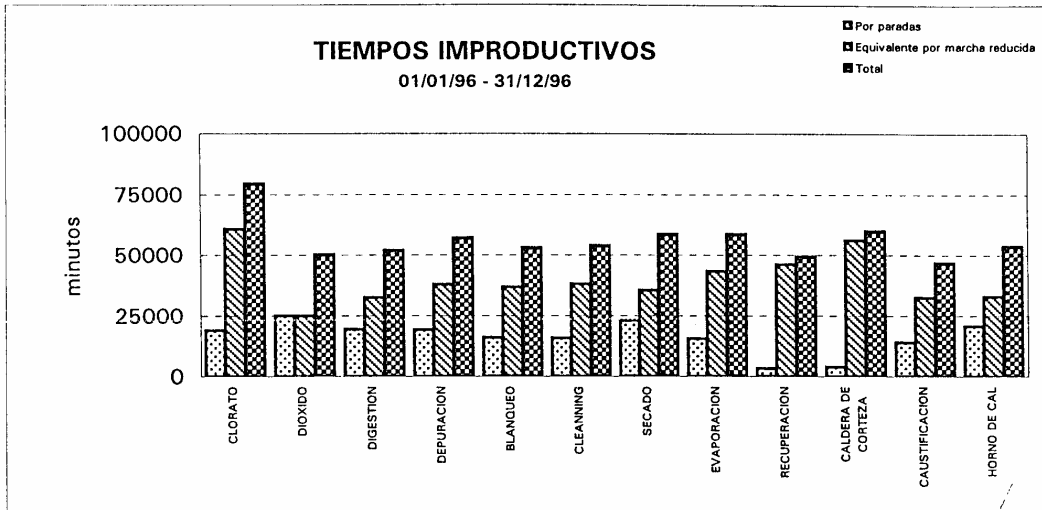


Gráfico II.1

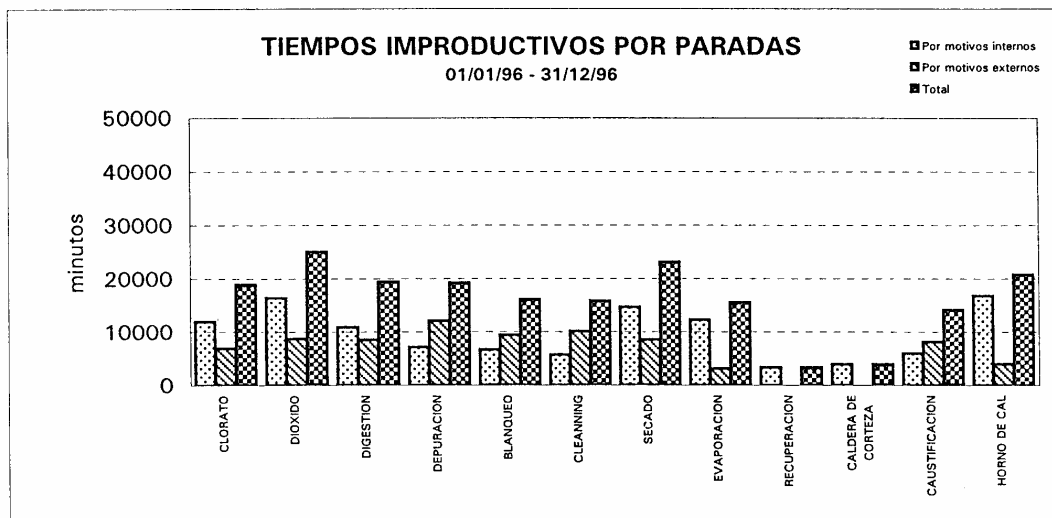


Gráfico II.2

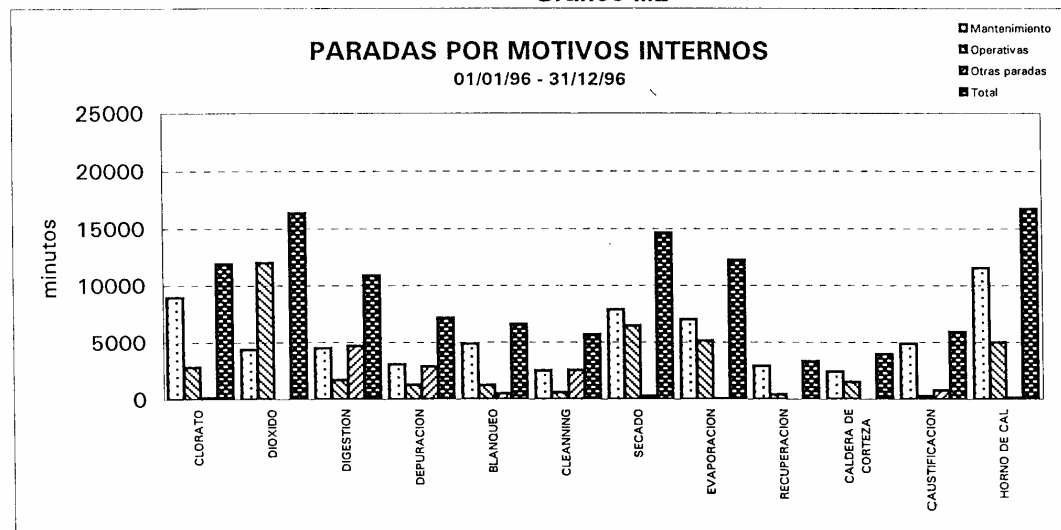


Gráfico II.3

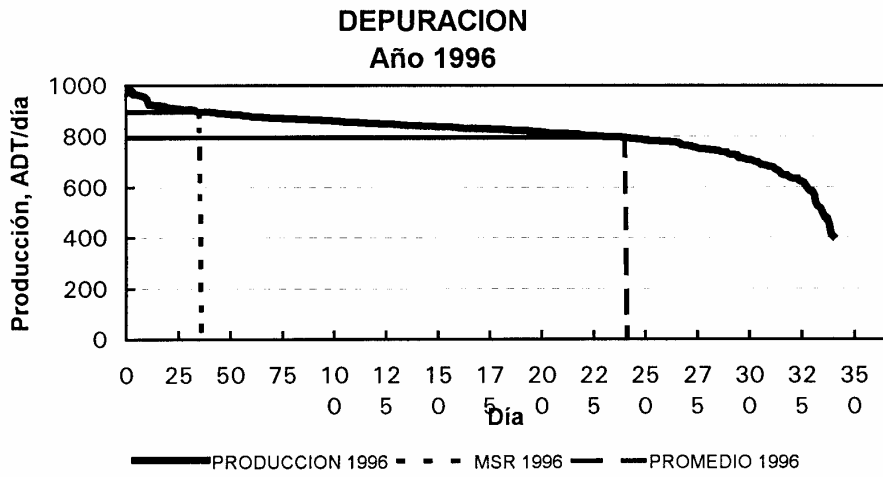


Gráfico II.12

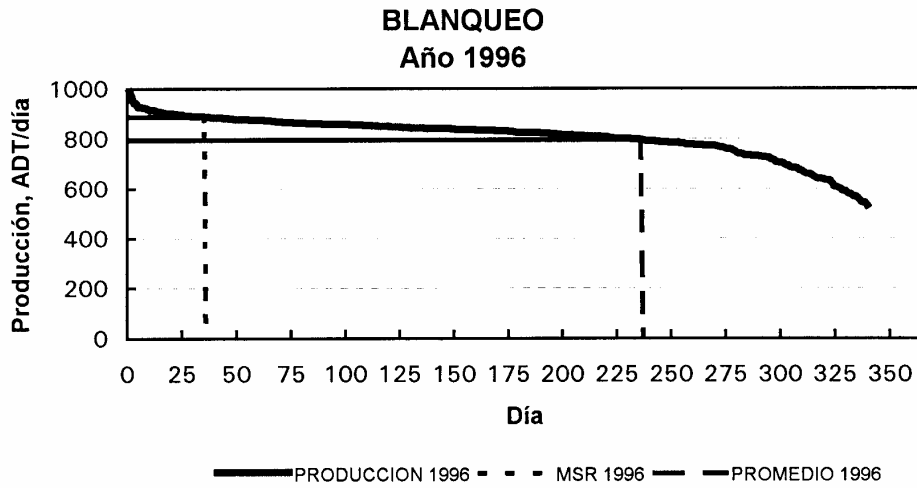


Gráfico II.13

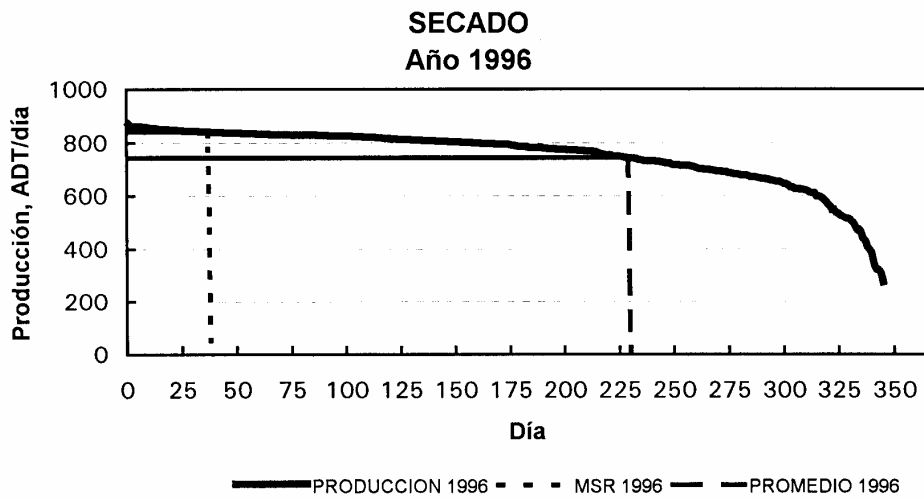


Gráfico II.14

**EVAPORACIÓN
Año 1996**

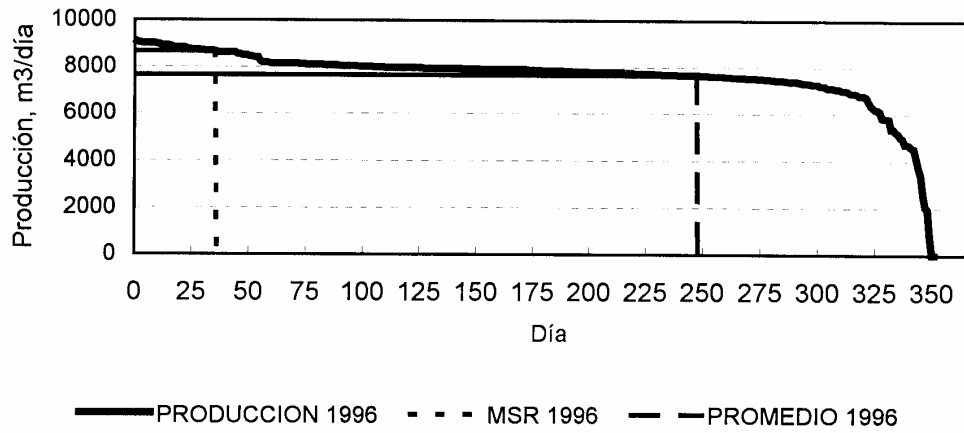


Gráfico II.15

**RECUPERACIÓN
Año 1996**

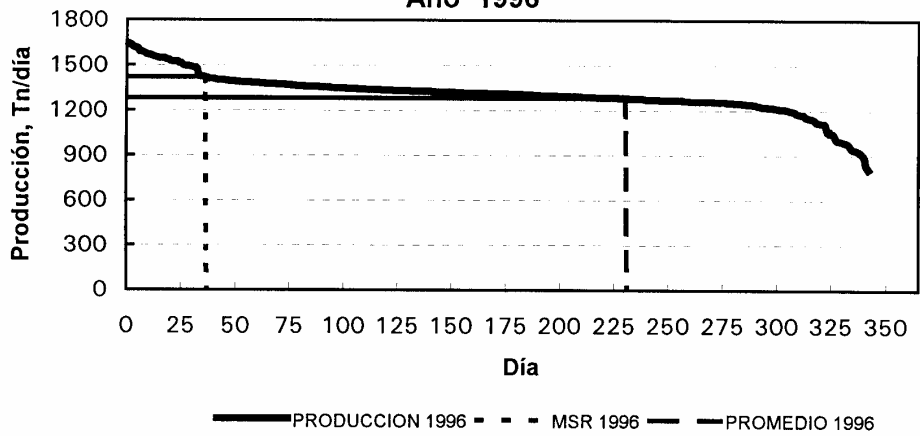


Gráfico II.16

**CALDERA DE CORTEZA
Año 1996**

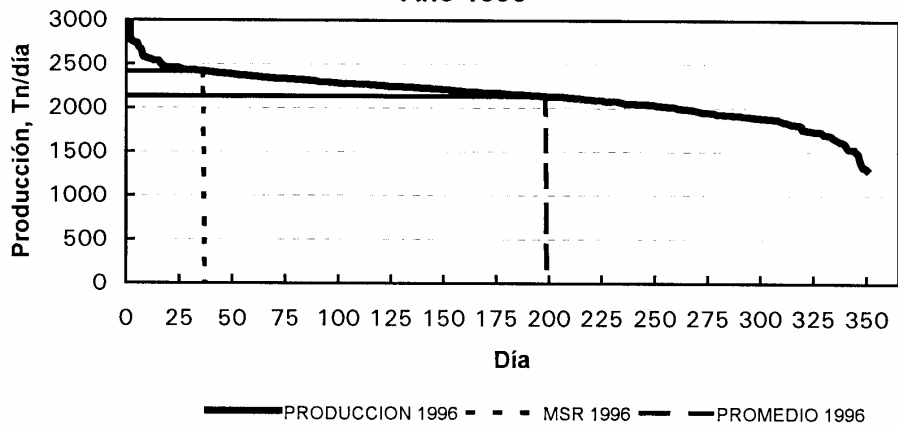


Gráfico II.17

**CAUSTIFICACIÓN
Año 1996**

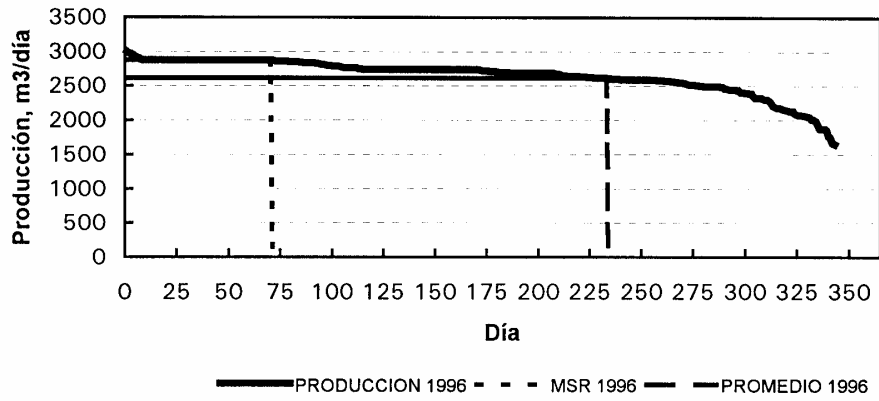


Gráfico II.18

**HORNO DE CAL
Año 1996**

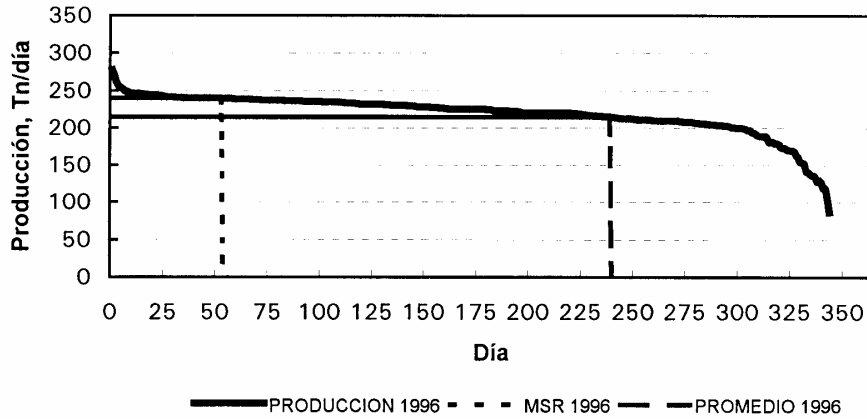


Gráfico II.19

**CLEANNING
1996**

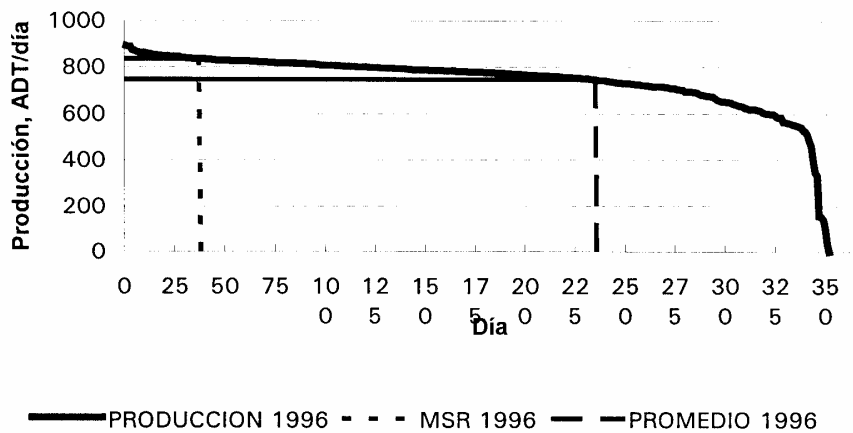


Gráfico II.20

ANEXO III

PERIODO 1997

8/11/97	33.9	16.9	825	833	857	855	873	7968	1390	2030	2880	238.3
9/11/97	23.8	17.0	846	879	826	770	683	7856	1372	2026	2880	243.5
10/11/97	29.8	15.9	843	815	840	790	768	8076	1358	2154	2784	240.9
11/11/97	32.9	11.9	779	724	609	600	678	7698	1459	1972	2880	238.3
12/11/97	33.0	17.0	864	826	863	792	765	7948	1417	1842	2776	202.8
13/11/97	26.5	17.3	719	748	734	686	744	8624	1371	1876	2880	246.1
14/11/97	38.9	17.6	935	961	970	852	829	8364	1464	2082	2880	238.3
15/11/97	33.0	17.2	808	799	823	766	690	8328	1354	2086	2880	235.7
16/11/97	44.0	16.1	886	849	861	847	869	8576	1351	1962	2880	238.3
17/11/97	34.8	16.7	946	898	852	783	858	8380	1499	1834	2624	225.9
18/11/97	36.8	17.1	866	871	850	771	739	7884	1338	1960	2880	235.7
19/11/97	36.3	17.6	836	842	869	795	836	8550	1278	2162	3040	235.7
20/11/97	32.7	18.2	598	689	859	663	580	1120	591	2240	2352	232.5
21/11/97	38.3	15.5	745	681	638	727	829	8280	1212	2338	2144	231.7
22/11/97	39.2	18.1	878	823	808	745	734	8644	1265	2098	2304	231.7
23/11/97	40.1	17.1	722	768	795	798	826	8690	1293	2020	2640	231.7
24/11/97	35.5	16.3	966	922	910	835	844	8604	1505	1856	2848	238.9
25/11/97	38.7	17.3	906	896	889	808	808	8556	1423	1682	3072	231.7
26/11/97	38.9	17.4	883	851	758	659	580	8710	1423	1620	3024	233.7
27/11/97	36.0	17.6	880	876	901	885	888	8684	1485	1866	2944	195.7
28/11/97	16.9	17.6	964	947	947	886	887	8228	1539	1738	3072	234.3
29/11/97	39.2	16.8	864	906	933	873	901	8264	1477	1854	3072	238.9
30/11/97	36.5	14.4	935	935	850	776	807	8132	1505	1942	3072	231.7
1/12/97	36.6	15.8	903	871	854	819	778	8282	1641	1828	3072	242.1
2/12/97	33.8	14.2	614	611	701	612	420	6000	1408	1498	2784	231.7
3/12/97	39.0	12.9	847	784	711	510	542	6210	1487	1440	2432	212.4
4/12/97	37.8	16.3	754	777	761	789	816	7720	1651	1730	2176	234.4
5/12/97	35.1	17.5	761	729	741	825	880	8249	1480	1686	2688	239.8
6/12/97	37.2	17.4	809	808	908	811	860	7320	1516	1840	2880	247.6
7/12/97	38.3	17.2	845	886	845	804	858	8004	1557	1930	2880	239.8
8/12/97	39.2	17.3	860	882	817	789	783	8072	1418	1996	2832	239.8
9/12/97	38.0	17.1	901	863	882	787	799	1886	1493	1930	2688	242.4
10/12/97	36.6	17.0	850	849	881	852	845	8146	1490	2002	2688	245.0
11/12/97	29.8	17.2	924	935	881	813	823	7744	1017	2286	2112	242.4
12/12/97	33.9	17.1	854	815	832	757	618	7296	1629	1938	2576	201.6
13/12/97	38.8	16.6	902	968	962	838	868	8336	1551	1970	2640	232.8
14/12/97	37.2	15.0	802	777	760	814	868	8524	1499	2190	2048	163.9
15/12/97	25.6	15.4	918	882	882	766	779	8560	1684	1866	3072	232.3
16/12/97	32.6	17.2	739	783	820	816	797	6180	1712	1816	2928	159.2
17/12/97	29.6	17.0	853	845	918	805	812	8082	1647	1680	2816	207.8
18/12/97	19.6	13.5	804	704	650	484	447	8000	1212	2040	2384	216.5
19/12/97	31.2	17.5	821	855	848	902	887	8534	1638	2266	2768	239.8
20/12/97	35.8	17.9	918	939	923	832	815	8174	1705	2162	2880	239.1
21/12/97	31.0	16.8	936	890	876	765	867	7064	1440	2142	2880	244.6
22/12/97	18.0	10.4	389	426	483	528	339	1602	872	1786	1622	154.4
23/12/97	38.4	17.5	826	737	830	798	867	7872	1573	2078	2736	231.7
24/12/97	35.1	17.7	903	987	892	820	848	8388	1604	2072	2880	233.3
25/12/97	37.7	17.5	863	859	895	853	844	8430	1588	2040	2880	234.3
26/12/97	39.1	17.5	931	913	868	805	885	8404	1593	1916	2680	234.3
27/12/97	25.6	16.6	914	913	878	867	853	8352	1513	1930	2992	236.9
28/12/97	42.3	17.4	861	801	840	774	769	8576	1725	1882	2880	231.7
29/12/97	39.9	17.3	838	808	744	686	711	8572	1519	1754	2880	231.7
30/12/97	35.5	16.7	805	848	841	743	727	8000	1586	1830	3024	231.7
31/12/97	36.6	17.6	687	569	678	693	715	7850	1493	1866	3072	236.9
TOTAL	12347.0	5667.2	294570.0	291812.0	291699.0	263448.0	274022.5	2798434.0	478201.0	768335.0	990964.8	81823.5
Promedio	34.8	16.0	832.1	824.3	826.3	718.0	769.7	7905.2	1350.9	2152.2	2799.3	230.5
Máximo	55.5	18.5	1172.0	1173.0	1180.0	1064.0	1128.0	9028.0	1725.0	4084.0	3392.0	267.0
Percentil 90	40.8	17.5	922.7	922.0	926.0	866.8	884.5	8668.8	1507.8	2546.4	3072.0	244.6

TABLA III.2 TIEMPOS IMPRODUCTIVOS, DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION 01/01/97 - 31/12/97 -

AREA	CLORATO	DIOXIDO	DIGESTION	DEPURACION	BLANQUEO	CLEANING	SECAO	EVAPORACION	RECUPERACION	CALDERA DE CORTEZA	CAUSTIFICACION	HORNO DE CAL
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR PARADAS												
PARADAS PREVISTAS												
1	Mantenimiento											
2	Eléctrico											
3	Instrumento											
4	Mecánico											
5	Operativas											
6	Parada general	11912	13245	12240	12915	13320	14400	14331	12830	12620	11734	14795
7	Otras áreas											
8	Falla programa											
9	Puesta en marcha											
10	Otras paradas											
11	Total (f1+ a +f10)	11912	13245	12240	12915	13320	14400	14331	12830	12620	11734	14795
12	Total sin p/general (f11 - f6)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Por motivos internos (f12 - f7 - f8)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Por motivos externos (f7+f8)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Mantenimiento (f1+ a +f4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Operativas (f5 +f9)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARADAS NO PREVISTAS												
18	Eléctrico											
19	Instrumento											
20	Mecánico											
21	Operativas											
22	Otras áreas											
23	Falla materia prima											
24	Falla personal											
25	Puesta en marcha											
26	Otras paradas											
27	Total (f18+ a +f26)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	Por motivos internos (f27 - f22 - f23 -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	Por motivos externos (f22+ a+f24)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	Mantenimiento (f18+ a +f20)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	Operativas (f21+f25)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARADAS PREVISTAS Y NO PREVISTAS												
32	Total de paradas (f11+f27)	11912	13245	12240	12915	13320	14400	14331	12830	12620	11734	14795
33	Total sin p/general. (f32-f6)	33993	34320	29993	31783	31499	27392	39163	37102	22163	29201	19908
34	Por motivos internos (f13+f28)	29593	31678	25860	16159	21404	19523	30950	25298	17342	13916	21205
35	Por motivos externos (f14+f29)	18018	33259	17466	28046	23646	17905	16226	22375	13527	26655	12937
36	Mantenimiento (f15+f30)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	Operativas (f16+f31)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARADAS POR MOTIVOS INTERNOS												
38	Mantenimiento (f15+f30)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	Operativas (f16+f31)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	Otras paradas (f10+f26)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	Total (f13+f28)	29593	31678	25860	16159	21404	19523	30950	25298	17342	13916	21205
TIEMPOS PRODUCTIVOS												
42	Total	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600	525600
43	Operativos (f42-f6)	513688	512355	513360	512685	512280	511200	511269	512770	512980	513866	510805
44	Disponibles (f42-f32)	479695	478035	483367	480902	480871	483808	472106	475668	490817	483779	490897
DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION POR PARADAS												
45	Disponibilidad (1-(f34/f43))	0.942	0.938	0.950	0.968	0.958	0.962	0.939	0.951	0.966	0.973	0.958
46	Utilización (1-(f33/f43))	0.934	0.933	0.942	0.938	0.939	0.946	0.923	0.928	0.957	0.943	0.959
47	Utilización /Disponibilidad (f46/f45)	0.991	0.995	0.992	0.969	0.979	0.984	0.983	0.976	0.990	0.969	1.003
TIEMPOS IMPRODUCTIVOS POR MARCHA REDUCIDA												
PRODUCCION												
48	Unidad	Tn	Tn	ADT	ADT	ADT	ADT	ADT	Tn	Tn	Tn	m3
49	Enero-Diciembre 1997	12347	5667	294570	291812	291699	253448	274023	2798434	478201	768335	990964
50	Media en tiempo operativo (f49*1440)	34.6	15.9	826	820	820	714	772	7859	1342	2153	2794
51	Media en tiempo disponible (f49*1440)	37.1	17.1	878	874	874	754	836	8472	1403	2287	2907
52	Máxima sostenible (percentil 90)	40.8	17.5	923	922	926	867	885	8668.8	1508	2546	3072
53	Percentil de la media en tiempo operativo											
TIEMPO IMPRODUCTIVO EQUIVALENTE POR MARCHA REDUCIDA POR MOTIVOS INTERNOS Y EXTERNOS												
54	Tiempo improductivo(f44*(1-f51/f52))	43919	11705	23650	25144	27257	62759	25987	10812	34119	49282	26383
TIEMPO IMPRODUCTIVO POR PARADA Y POR MARCHA REDUCIDA												
55	Tiempo improductivo total (f54+f33)	33993	34320	29993	31783	31499	27392	39163	37102	22163	29201	19908
		77912	46025	53643	56927	58756	90151	65150	47914	56282	78483	46291
UTILIZACION POR PARADAS Y POR MARCHA REDUCIDA												
56	Utilización (1-((f33+f54)/f43))	0.848	0.910	0.896	0.889	0.885	0.824	0.873	0.907	0.890	0.847	0.909

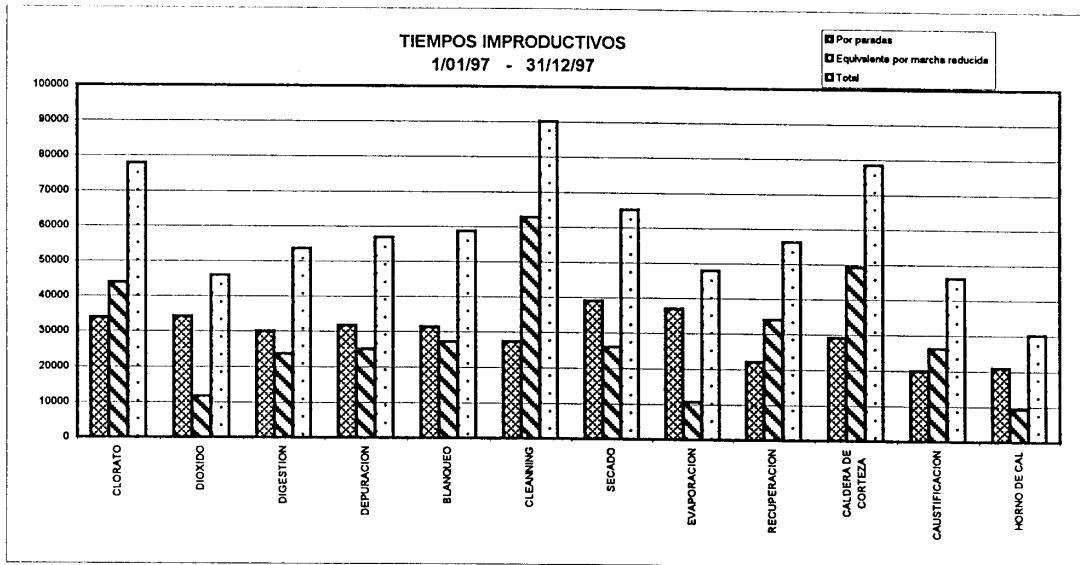


Gráfico III.1

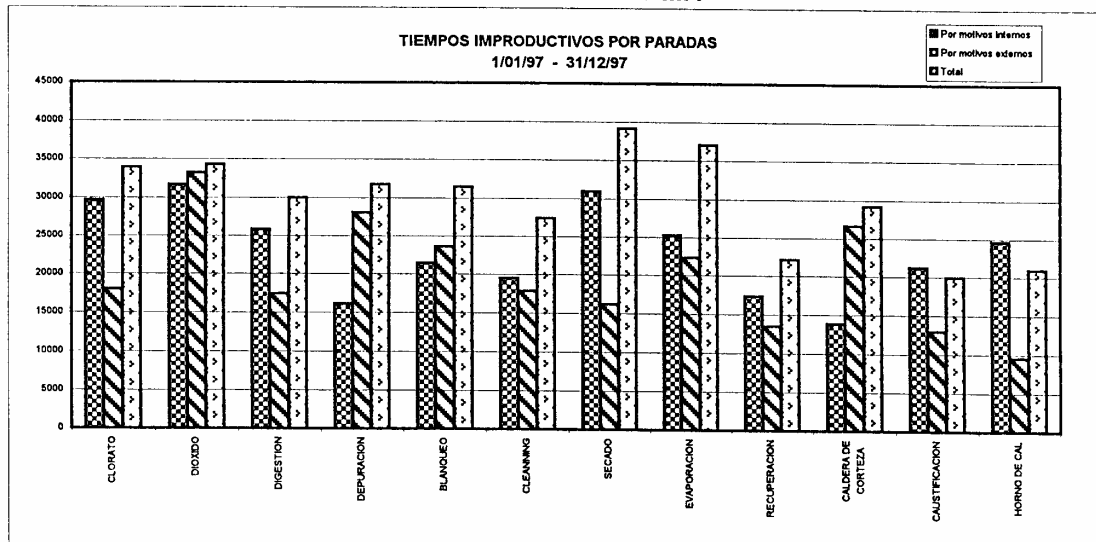


Gráfico III.2

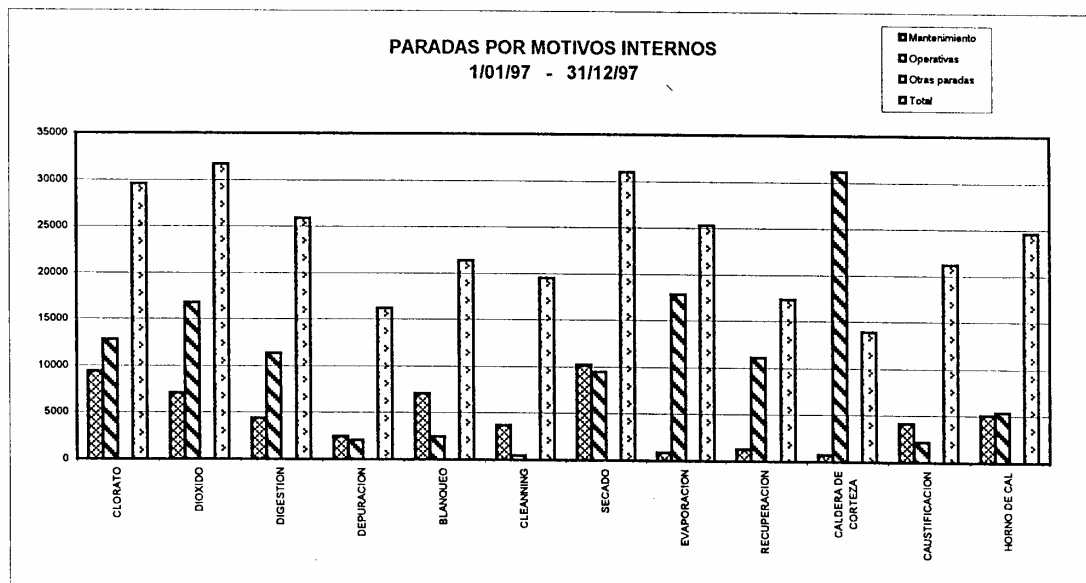


Gráfico III.3

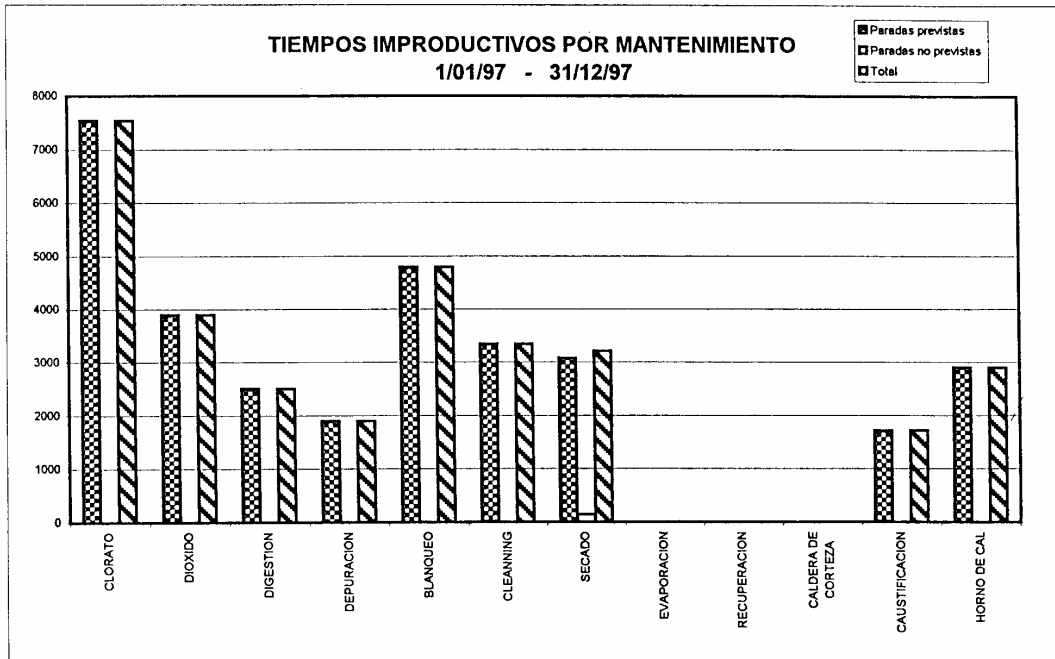


Gráfico III.4

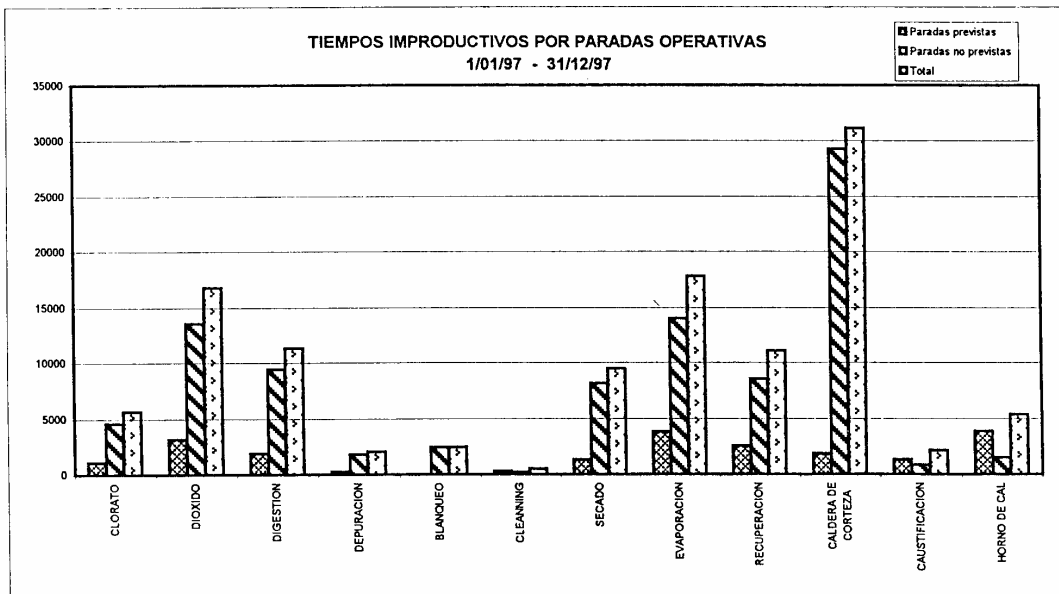


Gráfico III.5

DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION POR PARADAS
1/01/97 - 31/12/97

■ Disponibilidad por paradas
▨ Utilización por paradas
▩ Utilización/Disponibilidad

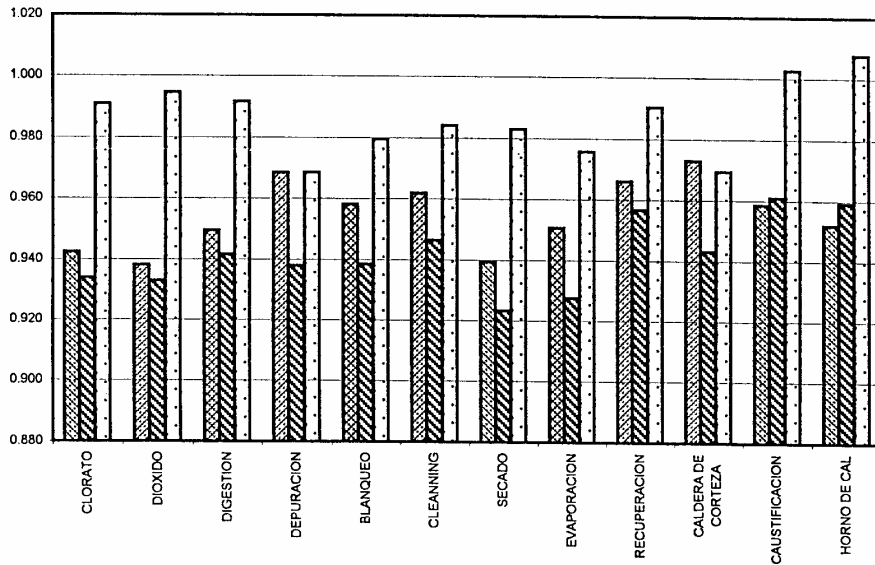


Gráfico III.7

UTILIZACION TOTAL
1/01/97 - 31/12/97

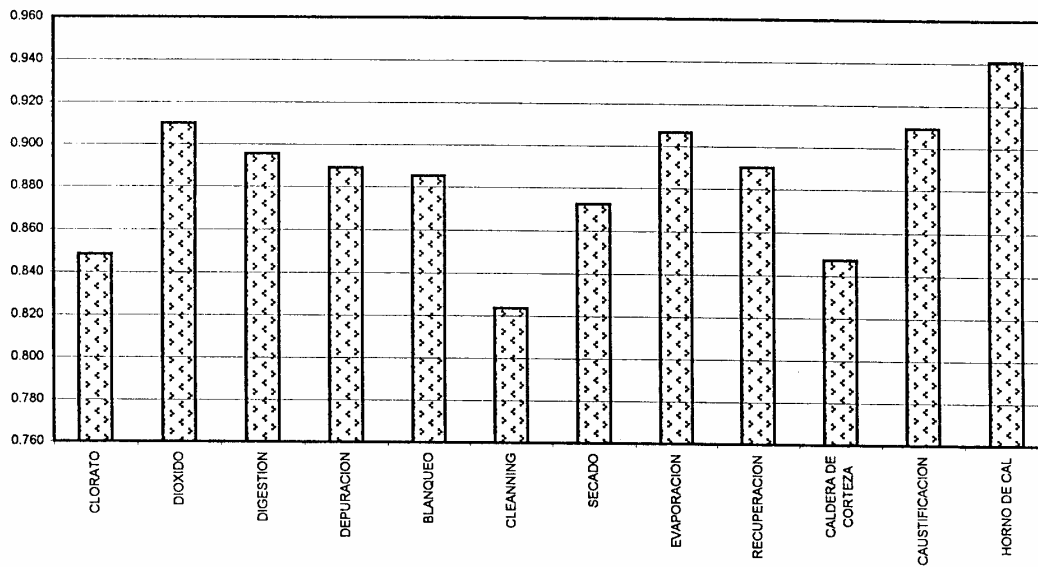


Gráfico III.8

**CLORATO DE SODIO
AÑO 1997**

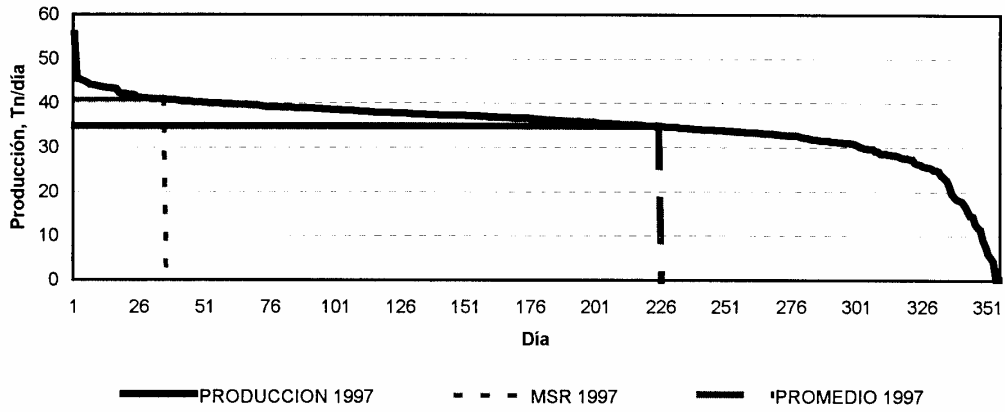


Gráfico III.9

**DIÓXIDO DE CLORO
AÑO 1997**

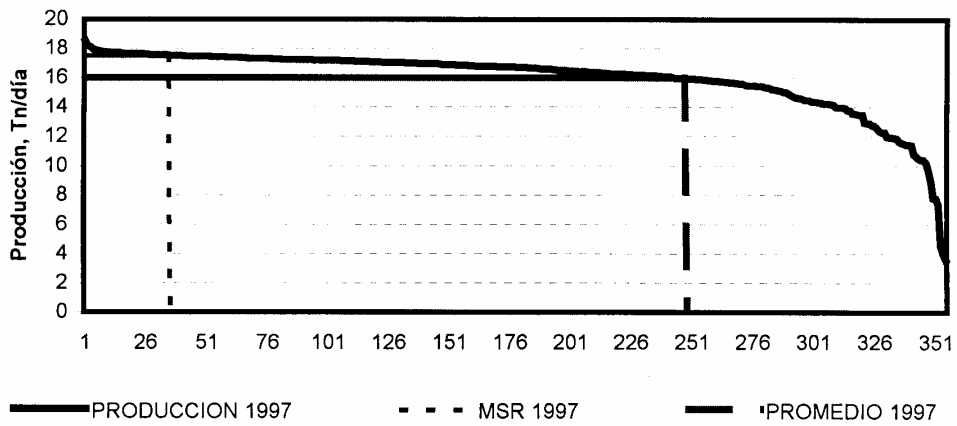


Gráfico III.10

**DIGESTIÓN
AÑO 1997**

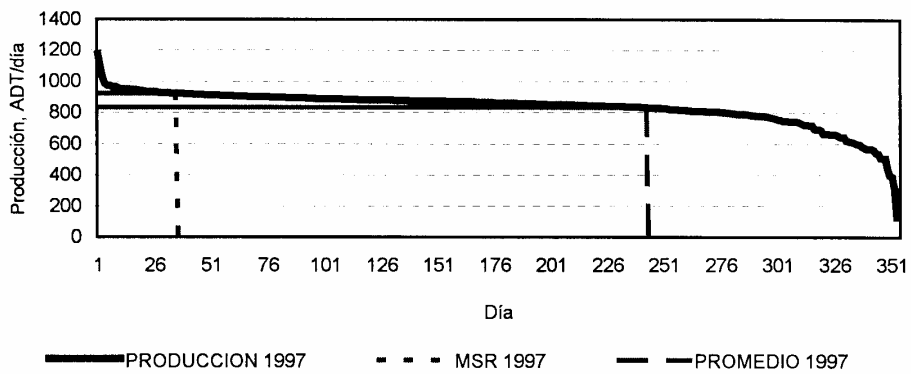


Gráfico III.11

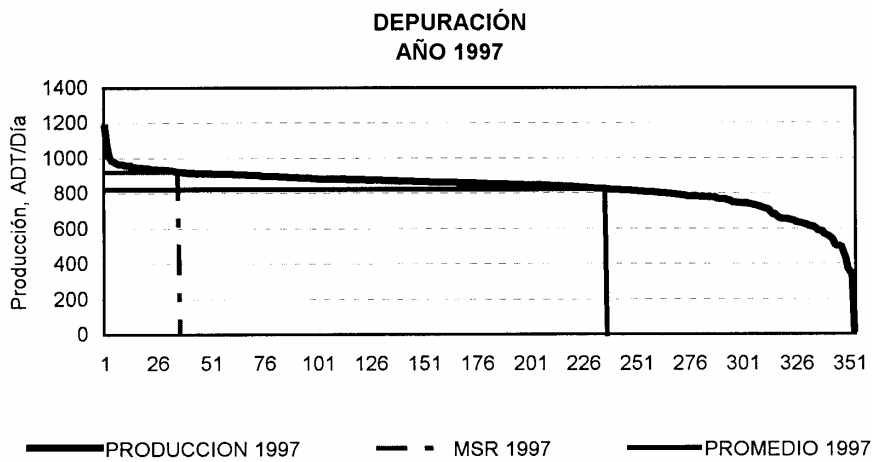


Gráfico III.12

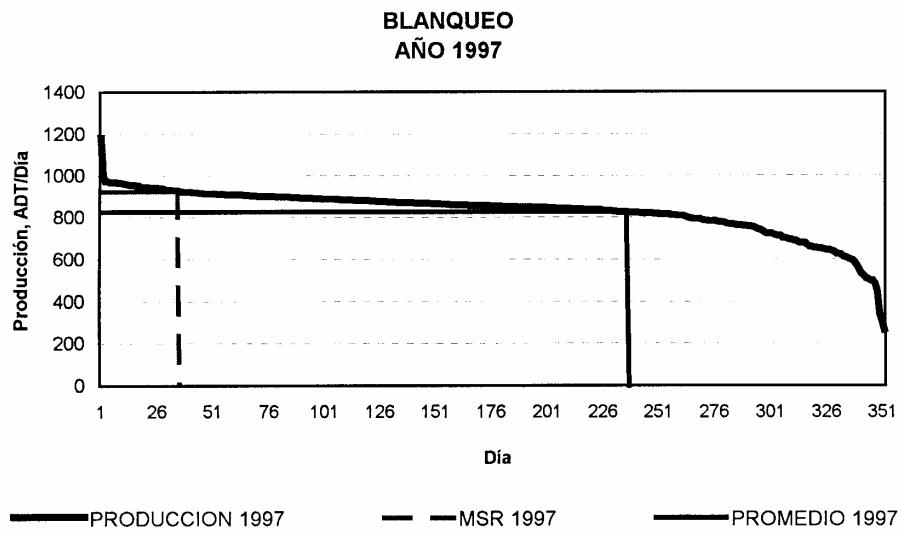


Gráfico III.13

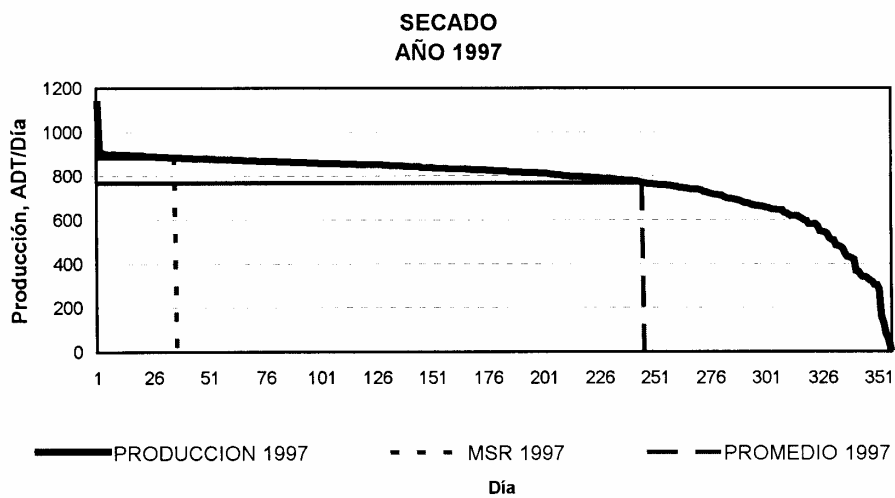


Gráfico III.14

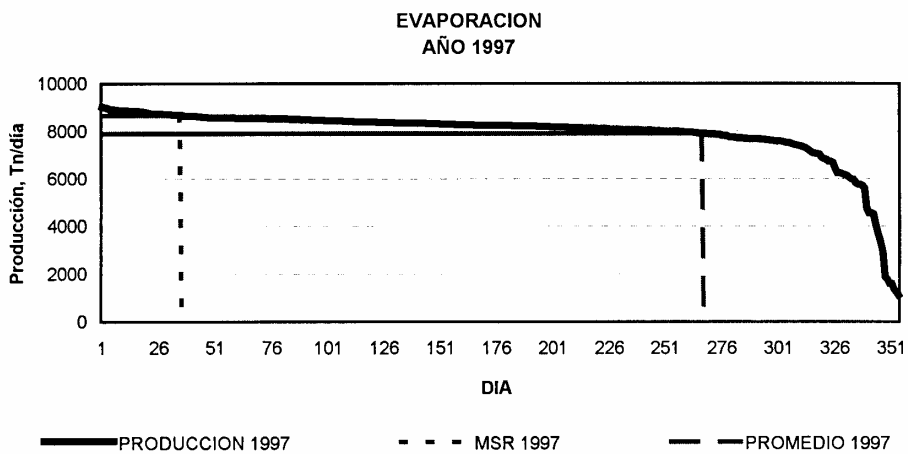


Gráfico III.15

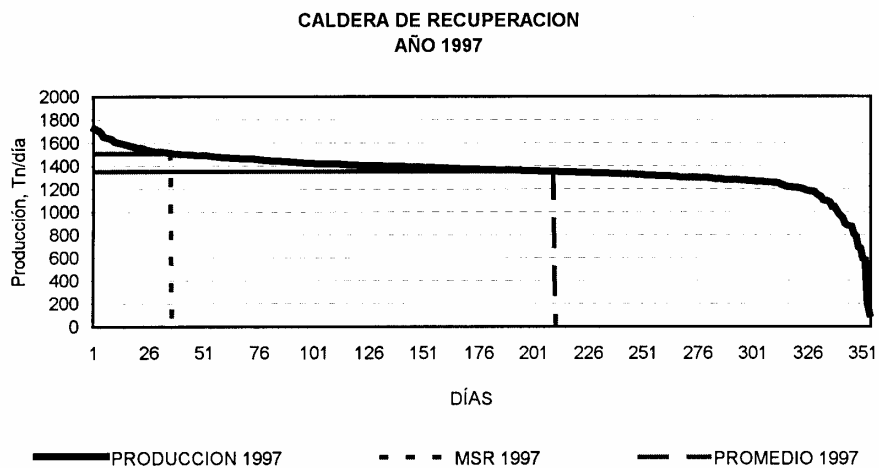


Gráfico III.16

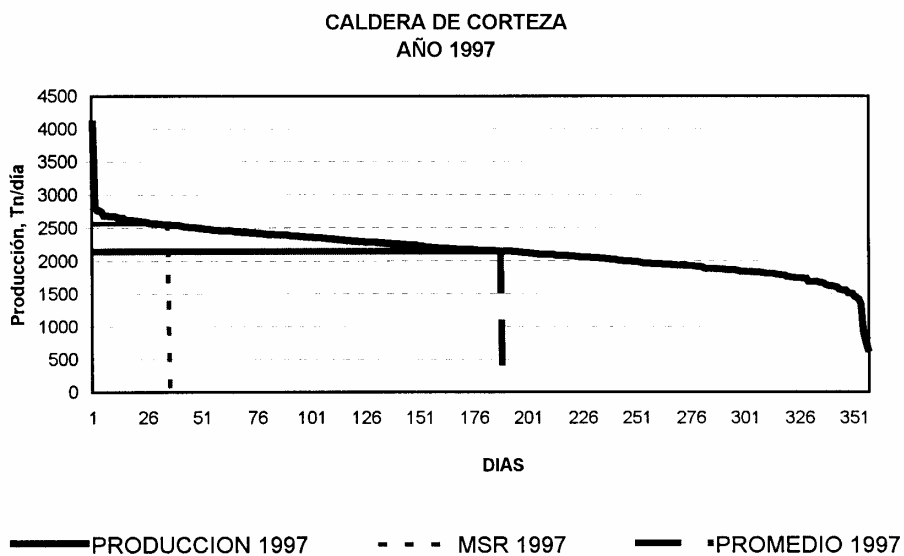


Gráfico III.17

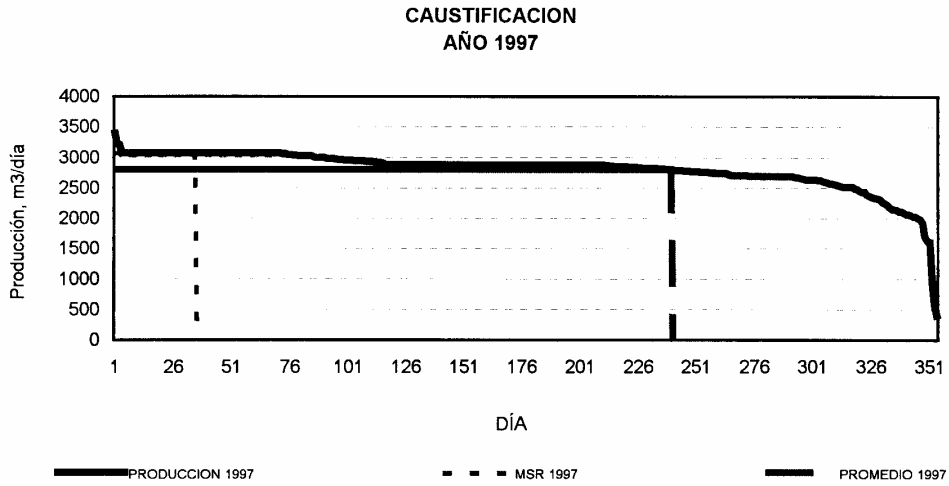


Gráfico III.18

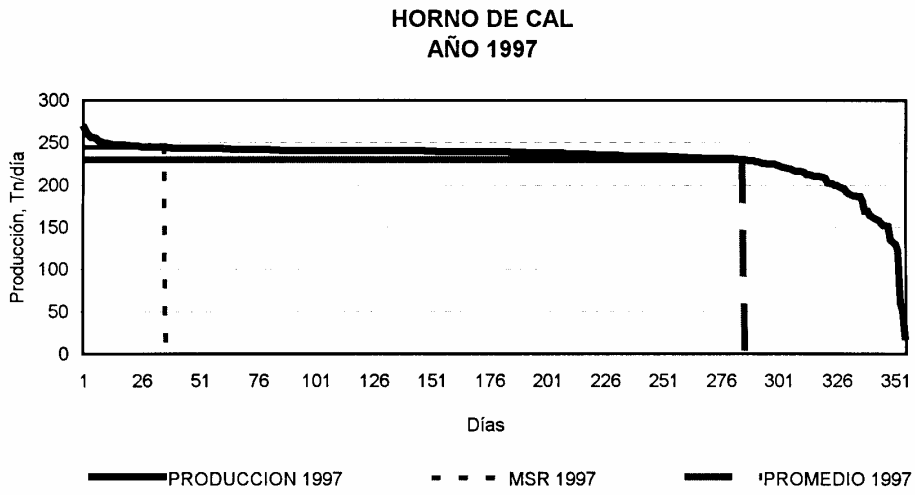


Gráfico III.19

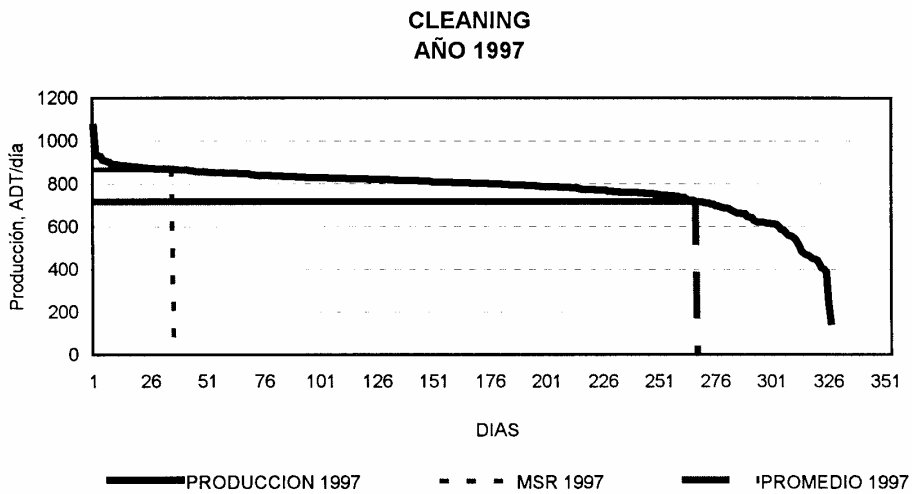


Gráfico III.20

ANEXO IV

FIABILIDAD POR SECTORES

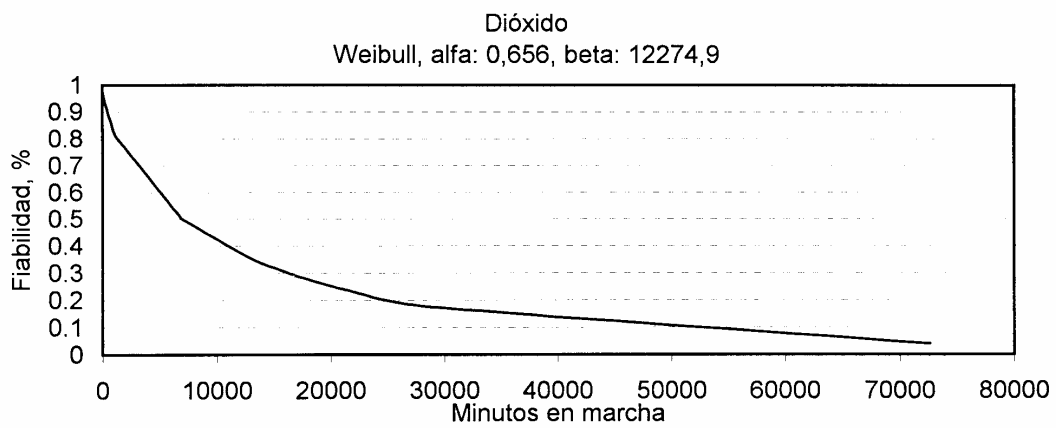


Gráfico IV.1

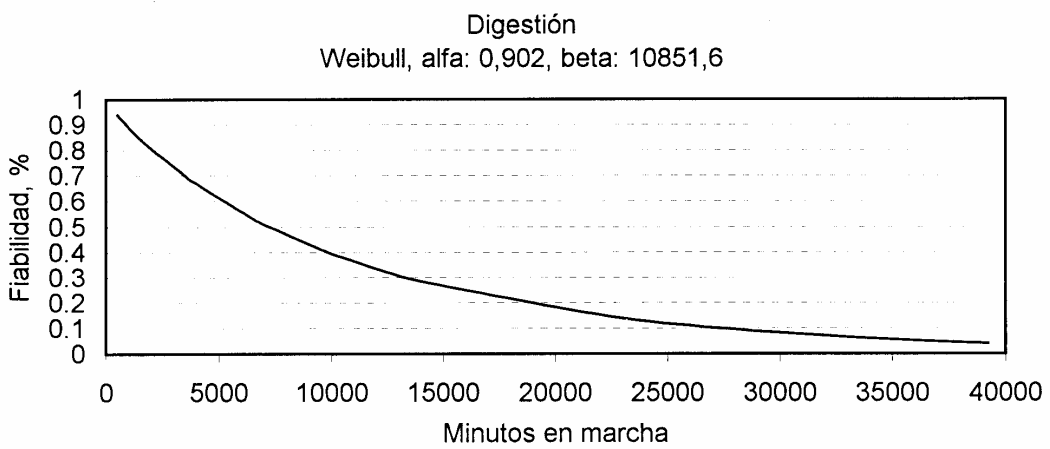


Gráfico IV.2

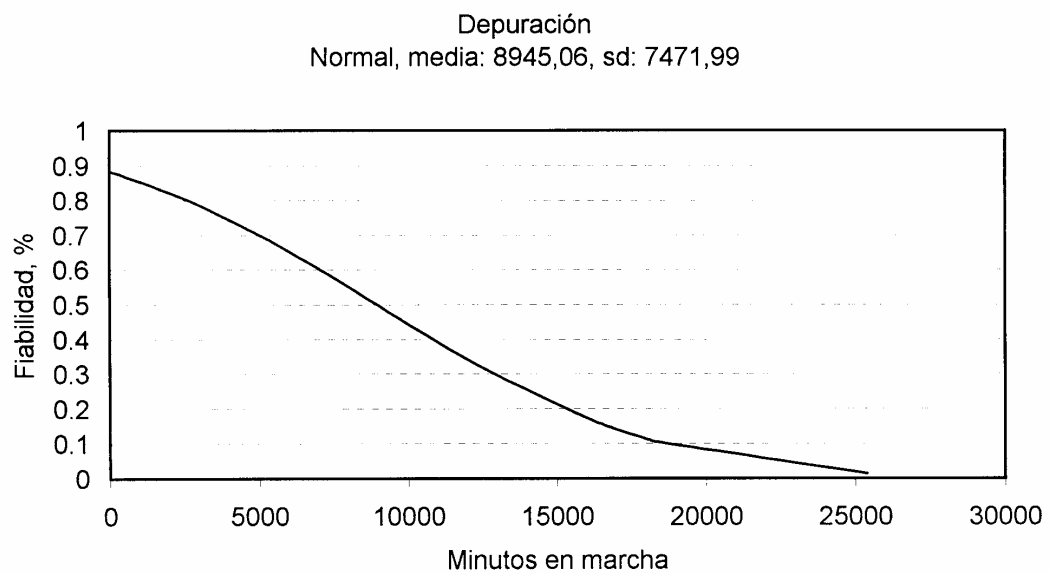


Gráfico IV.3

Blanqueo
Weibull, alfa: 0,954, beta: 7970,26

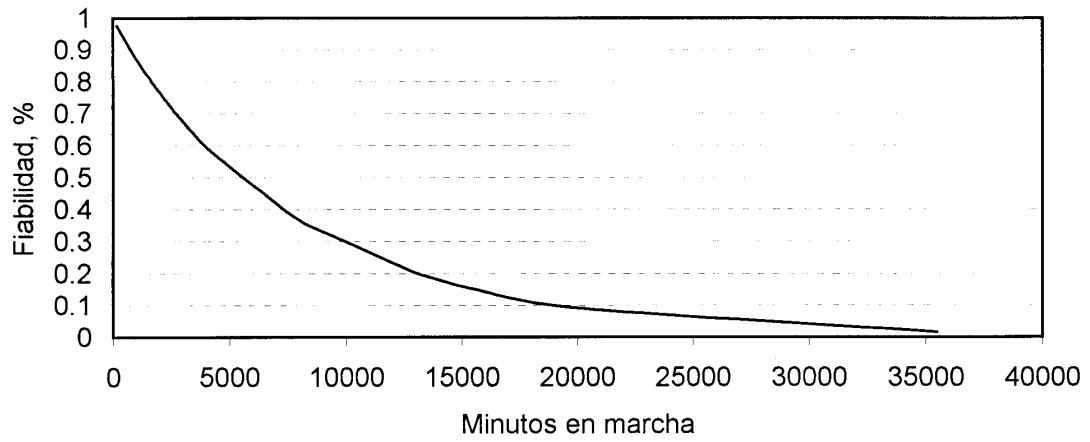


Gráfico IV.4

Secado
Weibull, alfa: 0,914, beta: 4052,76

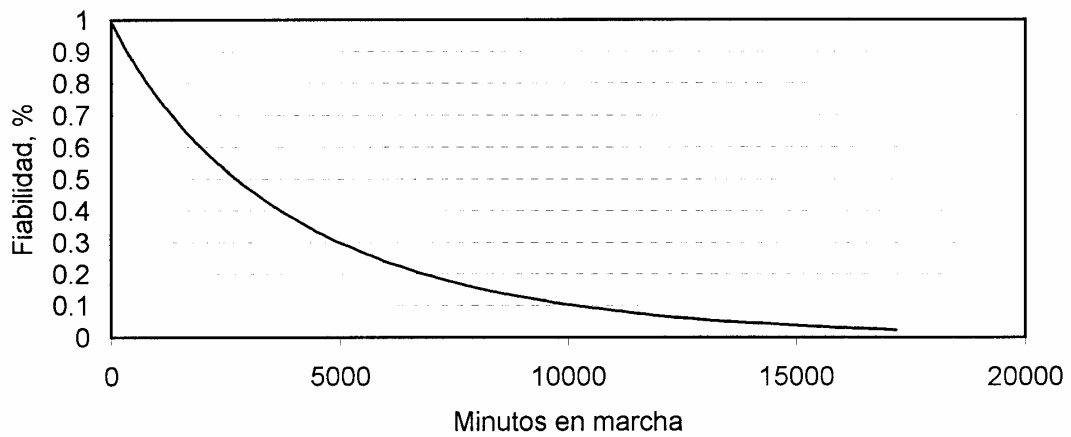


Gráfico IV.5

ANEXO V

ANALISIS DE LA TURBINA

TABLA V.1
Periodos Operativos

Periodo	Arranque	21-sep-82						
	Num Trip	Salida	Arranque	Hora	En Marcha	Dias	Horas	Causa
1	1	19/01/83 4:30	19/01/83 17:40	2884.50		0.55	13.17	2
	2	20/01/83 1:00	20/01/83 2:45	2905.00	20.50	0.07	1.75	3
	3	20/01/83 4:00	20/01/83 10:40	2908.00	3.00	0.28	6.67	3
	4	2/02/83 3:50	2/02/83 6:30	3219.83	311.83	0.11	2.67	3
	5	5/02/83 9:10	5/02/83 10:20	3297.17	77.33	0.05	1.17	3
	6	5/02/83 10:25	5/02/83 11:20	3298.42	1.25	0.04	0.92	3
	7	15/02/83 22:30	16/02/83 3:30	3550.50	252.08	0.21	5.00	4
	8	19/03/83 11:50	19/03/83 13:25	4307.83	757.33	0.07	1.58	5
	9	1/05/83 5:20	2/05/83 16:00	5333.33	1025.50	1.44	34.67	6
	10	22/05/83 4:25	22/05/83 8:50	5836.42	503.08	0.18	4.42	7
	11	26/05/83 16:45	27/05/83 17:50	5944.75	108.33	1.05	25.08	5
	12	19/07/83 8:15	19/07/83 10:15	7232.25	1287.50	0.08	2.00	5
	13	18/08/83 2:00	20/08/83 19:30	7946.00	713.75	2.73	65.50	8
	14	16/11/83 7:10	16/11/83 10:45	10111.17	2165.17	0.15	3.58	7
Duracion	10111.17						168.17	
2	Overhaul	2/12/83 0:00	20/12/83 0:00	10488.00	10488.00	18.00	432.00	0
	1	15/01/84 8:55	15/01/84 9:30	11552.92	1064.92	0.02	0.58	9
	2	26/04/84 12:00	27/04/84 13:05	14004.00	2451.08	1.05	25.08	5
	3	11/05/84 16:30	12/05/84 17:30	14368.50	364.50	1.04	25.00	4
	4	16/08/84 8:00	16/08/84 12:04	16688.00	2319.50	0.17	4.07	10
	5	22/08/84 0:00	22/08/84 3:40	16824.00	136.00	0.15	3.67	8
	6	24/08/84 22:45	25/08/84 0:45	16894.75	70.75	0.08	2.00	10
	7	28/09/84 15:10	29/09/84 21:20	17727.17	832.42	1.26	30.17	11
Duracion	7032.00						90.57	
3	Overhaul	8/10/84 0:00	30/10/84 0:00	17952.00		22.00	528.00	0
	1	12/02/85 13:10	13/02/85 16:00	21013.17	3061.17	1.12	26.83	12
	2	12/02/85 19:30	13/02/85 22:30	21019.50	6.33	1.13	27.00	5
	3	26/04/85 15:00	27/04/85 17:06	22767.00	1747.50	1.09	26.10	9
	4	13/05/85 23:10	14/05/85 23:30	23183.17	416.17	1.01	24.33	13

TABLA V.1
Periodos Operativos

Duracion 11 TurLoop	2	16/03/95 4:18	16/03/95 13:45	109420.30	5223.30	0.39	9.45	13
	3	21/06/95 8:20	21/06/95 11:00	111752.33	2332.03	0.11	2.67	24
	4	20/07/95 0:20	20/07/95 3:15	112440.33	688.00	0.12	2.92	7
							20.78	
		11044.00						
Duracion 12	Overhaul	21/08/95 10:00	5/09/95 0:00	113218.00		14.58	350.00	0
	1	24/06/96 10:30	24/06/96 22:30	120610.50	7392.50	0.50	12.00	24
							12.00	
			9621.88					
Duracion 13	Overhaul	9/10/96 21:53	22/10/96 22:10	123189.88		13.01	312.28	
	1	28/10/96 10:00	28/10/96 12:00	123634.00	444.12	0.08	2.00	21
	2	11/02/97 8:30	12/02/97 11:40	126176.50	2542.50	1.13	27.17	27
	3	2/04/97 20:35	3/04/97 18:30	127388.58	1212.08	0.91	21.92	27
	4	20/06/97 20:00	20/06/97 23:30	129284.00	1895.42	0.15	3.50	27
	5	23/06/97 7:45	23/06/97 9:30	129343.75	59.75	0.07	1.75	27
	6	24/08/97 15:45	24/08/97 19:30	130839.75	1496.00	0.16	3.75	27
			8257.08				2.50	60.08
	Overhaul	1/10/97 23:15	9/10/97 7:30	131759.25		7.34	176.25	
		22/12/97 10:15	22/12/97 14:00	133714.25	2874.50	0.16	3.75	30
	16/02/98 10:30	16/02/98 23:40	135058.50	1344.25	0.55	13.17	21	
						16.92		
		9232.50						
Duracion 14	Overhaul	29/10/98 0:00	4/11/98 7:30	141168.00				

TABLA V.1
Periodos Operativos

Duracion 7 50000Hs	8440.83				0.00			
					0.00			
	Overhaul	5/04/89 23:50	30/04/89 0:30	57335.83	57335.83	24.03	576.67	0
	1	17/05/89 3:40	17/05/89 4:10	58323.67	987.83	0.02	0.50	3
	2	17/05/89 20:20	18/05/89 2:00	58340.33	16.67	0.24	5.67	8
	3	11/12/89 23:00	15/12/89 23:10	63335.00	4994.67	4.01	96.17	23
	4	26/01/90 20:30	27/01/90 8:30	64436.50	1101.50	0.50	12.00	24
5	13/03/90 6:00	13/03/90 10:00	65526.00	1089.50	0.17	4.00	4	
						118.33		
Duracion	12690.50							
8 Operacion Maquina Averia	Overhaul	10/10/90 19:00	27/10/90 19:00	70603.00		17.00	408.00	0
	1	30/10/90 4:45	1/11/90 5:15	71068.75	465.75	2.02	48.50	2
	2	3/02/91 11:55	3/02/91 15:30	73379.92	2311.17	0.15	3.58	14
	3	3/02/91 17:30	3/02/91 23:00	73385.50	5.58	0.23	5.50	14
	4	12/02/91 9:55	8/03/91 18:40	73593.92	208.42	24.36	584.75	29
	5	8/03/91 21:40	9/03/91 0:00	74181.67	587.75	0.10	2.33	7
	6	11/03/91 1:30	11/03/91 6:40	74233.50	51.83	0.22	5.17	2
	7	20/03/91 3:20	20/03/91 12:55	74451.33	217.83	0.40	9.58	2
	8	28/09/91 17:40	29/09/91 0:50	79073.67	4622.33	0.30	7.17	22
	9	2/10/91 9:45	2/10/91 17:10	79161.75	88.08	0.31	7.42	25
	10	11/10/91 7:45	11/10/91 15:00	79375.75	214.00	0.30	7.25	7
	11	10/12/91 8:20	10/12/91 11:20	80816.33	1440.58	0.13	3.00	23
	12	14/03/92 2:40	14/03/92 7:50	83090.67	2274.33	0.22	5.17	7
							689.42	
Duracion	15443.50							
9 Reemplazo Rotor	Overhaul	1/08/92 6:30	17/08/92 14:55	86454.50		16.35	392.42	0
	1	18/08/92 18:10	18/08/92 21:00	86874.17	419.67	0.12	2.83	26
	2	18/08/92 21:30	19/08/92 15:25	86877.50	3.33	0.75	17.92	14
	3	10/03/93 4:00	11/03/93 9:10	91756.00	4878.50	1.22	29.17	26
	4	4/06/93 9:35	4/06/93 13:00	93825.58	2069.58	0.14	3.42	5
	5	23/07/93 19:30	23/07/93 23:30	95011.50	1185.92	0.17	4.00	11
							53.33	
Duracion	14991.08							
10	Overhaul	4/05/94 6:00	18/05/94 6:00	101838.00		14.00	336.00	0
	1	10/08/94 13:00	10/08/94 18:45	104197.00	2359.00	0.24	5.75	24

TABLA V.1
Periodos Operativos

Duración 11 TurLoop	2	16/03/95 4:18	16/03/95 13:45	109420.30	5223.30	0.39	9.45	13
	3	21/06/95 8:20	21/06/95 11:00	111752.33	2332.03	0.11	2.67	24
	4	20/07/95 0:20	20/07/95 3:15	112440.33	688.00	0.12	2.92	7
							20.78	
		11044.00						
Duración 12	Overhaul	21/08/95 10:00	5/09/95 0:00	113218.00		14.58	350.00	0
	1	24/06/96 10:30	24/06/96 22:30	120610.50	7392.50	0.50	12.00	24
							12.00	
			9621.88					
Duración 13	Overhaul	9/10/96 21:53	22/10/96 22:10	123189.88		13.01	312.28	
	1	28/10/96 10:00	28/10/96 12:00	123634.00	444.12	0.08	2.00	21
	2	11/02/97 8:30	12/02/97 11:40	126176.50	2542.50	1.13	27.17	27
	3	2/04/97 20:35	3/04/97 18:30	127388.58	1212.08	0.91	21.92	27
	4	20/06/97 20:00	20/06/97 23:30	129284.00	1895.42	0.15	3.50	27
	5	23/06/97 7:45	23/06/97 9:30	129343.75	59.75	0.07	1.75	27
	6	24/08/97 15:45	24/08/97 19:30	130839.75	1496.00	0.16	3.75	27
			8257.08				2.50	60.08
	Overhaul	1/10/97 23:15	9/10/97 7:30	131759.25		7.34	176.25	
			22/12/97 10:15	22/12/97 14:00	133714.25	2874.50	0.16	3.75
		16/02/98 10:30	16/02/98 23:40	135058.50	1344.25	0.55	13.17	21
							16.92	
		9232.50						
Duración 14	Overhaul	29/10/98 0:00	4/11/98 7:30	141168.00				

TABLA V.2
Paradas Programadas

21-sep-82

Arranque

Salida	Arranque	Horas	Duracion Dias	Horas
1	2/12/83 0:00	20/12/83 0:00	18.00	432.00
2	8/10/84 0:00	30/10/84 0:00	22.00	528.00
3	4/09/85 0:00	16/09/85 0:00	12.00	288.00
4	15/10/86 4:00	26/10/86 16:05	11.50	276.08
5	7/04/88 6:00	19/04/88 7:00	12.04	289.00
6	5/04/89 23:50	30/04/89 0:30	24.03	576.67
7	10/10/90 19:00	27/10/90 19:00	17.00	408.00
8	1/08/92 6:30	17/08/92 14:55	16.35	392.42
9	4/05/94 6:00	18/05/94 6:00	14.00	336.00
10	21/08/95 10:00	5/09/95 0:00	14.58	350.00
11	9/10/96 21:53	22/10/96 22:10	13.01	312.28
12	1/10/97 23:15	9/10/97 7:30	7.34	176.25
				4364.70
				3.31 %

Revisiones

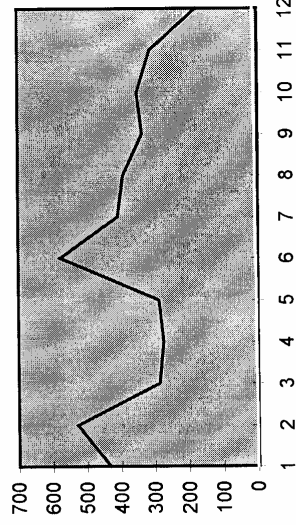


TABLA V.3
Salidas Servicio

Salida	Arranque	Horas	Dias	Horas	Causa
13/11/86 17:50	14/11/86 23:40	36353.83	1.24	29.83	18
20/07/87 16:10	21/07/87 20:02	42328.17	1.16	27.87	5
23/07/87 7:50	23/07/87 9:35	42391.83	0.07	1.75	5
25/12/87 16:30	26/12/87 15:00	46120.50	0.94	22.50	7
27/12/87 1:00	27/12/87 7:30	46153.00	0.27	6.50	14
27/12/87 21:15	28/12/87 15:07	46173.25	0.74	17.87	14
4/01/88 18:23	5/01/88 0:30	46362.38	0.25	6.12	7
8/01/88 6:30	8/01/88 17:30	46446.50	0.46	11.00	21
28/01/88 6:00	28/01/88 11:20	46926.00	0.22	5.33	22
1/07/88 12:55	2/07/88 2:15	50652.92	0.56	13.33	22
11/07/88 9:05	11/07/88 17:45	50889.08	0.36	8.67	11
15/05/89 14:00	17/05/89 2:30	58286.00	1.52	36.50	27
17/05/89 3:40	17/05/89 4:10	58323.67	0.02	0.50	3
17/05/89 20:20	18/05/89 2:00	58340.33	0.24	5.67	8
11/12/89 23:00	15/12/89 23:10	63335.00	4.01	96.17	23
26/01/90 20:30	27/01/90 8:30	64436.50	0.50	12.00	24
13/03/90 6:00	13/03/90 10:00	65526.00	0.17	4.00	4
30/10/90 4:45	1/11/90 5:15	71068.75	2.02	48.50	2
3/02/91 11:55	3/02/91 15:30	73379.92	0.15	3.58	14
3/02/91 17:30	3/02/91 23:00	73385.50	0.23	5.50	14
8/03/91 21:40	9/03/91 0:00	74181.67	0.10	2.33	7
11/03/91 1:30	11/03/91 6:40	74233.50	0.22	5.17	2
20/03/91 3:20	20/03/91 12:55	74451.33	0.40	9.58	2
28/09/91 17:40	29/09/91 0:50	79073.67	0.30	7.17	22
2/10/91 9:45	2/10/91 17:10	79161.75	0.31	7.42	25
11/10/91 7:45	11/10/91 15:00	79375.75	0.30	7.25	7
10/12/91 8:20	10/12/91 11:20	80816.33	0.13	3.00	23
14/03/92 2:40	14/03/92 7:50	83090.67	0.22	5.17	7
18/08/92 18:10	18/08/92 21:00	86874.17	0.12	2.83	26
18/08/92 21:30	19/08/92 15:25	86877.50	0.75	17.92	14
10/03/93 4:00	11/03/93 9:10	91756.00	1.22	29.17	26
4/06/93 9:35	4/06/93 13:00	93825.58	0.14	3.42	5
23/07/93 19:30	23/07/93 23:30	95011.50	0.17	4.00	11
19/01/94 13:15	19/01/94 16:05	99325.25	0.12	2.83	27
10/08/94 8:00	10/08/94 12:25	104192.00	0.18	4.42	27
10/08/94 13:00	10/08/94 18:45	104197.00	0.24	5.75	24
16/03/95 4:18	16/03/95 13:45	109420.30	0.39	9.45	13
21/06/95 8:20	21/06/95 11:00	111752.33	0.11	2.67	24
20/07/95 0:20	20/07/95 3:15	112440.33	0.12	2.92	7
6/09/95 10:00	6/09/95 10:45	113602.00	0.03	0.75	27
24/06/96 10:30	24/06/96 14:30	120610.50	0.17	4.00	24
24/06/96 14:30	24/06/96 22:30	120614.50	0.33	8.00	28
28/10/96 10:00	28/10/96 12:00	123634.00	0.08	2.00	21
11/02/97 8:30	12/02/97 11:40	126176.50	1.13	27.17	27
2/04/97 20:35	3/04/97 18:30	127388.58	0.91	21.92	27
20/06/97 20:00	20/06/97 23:30	129284.00	0.15	3.50	27
23/06/97 7:45	23/06/97 9:30	129343.75	0.07	1.75	27
24/08/97 15:45	24/08/97 19:30	130839.75	0.16	3.75	27
22/12/97 10:15	22/12/97 14:00	133714.25	0.16	3.75	30
16/02/98 10:30	16/02/98 23:40	135058.50	0.55	13.17	21
Fuera de Servicio		1.15 %		1546.60	

TABLA V.4
Fallas

m	Tipo	Frecuencia	TOTAL HS
2	Proteccion Generador	5	104.3
3	Bajo vacio	6	13.6
4	Limitador de carga	5	65
5	Falla electrica	5	120
6	Falla valvula admision	9	34.66
7	Sistema de control	8	54.28
8	Actuador Houdaille	3	74.83
9	Error operativo	3	51.51
10	Falla controlador vapor de sellos	3	31.31
11	Fuente alimentacion	3	42.83
12	Falla panel BBC	2	26.83
13	Baja presion aceite control	2	33.78
14	Disparo por alta presion	6	53.86
15	Perdida Aceite	1	16.75
16	Sin determinar	16	55.33
17	Tension de comando	1	26.75
18	Falla Mecanismo de regulacion valvulas	2	40
19	Falla valvula Hp N2	1	
21	Servovalvula	2	26.16
22	Valvula Hp1	3	
23	Valvula Hp 4	1	
24	Bomba principal de aceite	4	
25	Arbol Mp fuera control	1	
26	Empuje axial	2	
27	Externas	20	447.91
28	Trabajos electricos programados	1	
29	Instalacion placa de estrangulacion	1	
30	Transmisor angulo	1	3.75

TABLA V.5

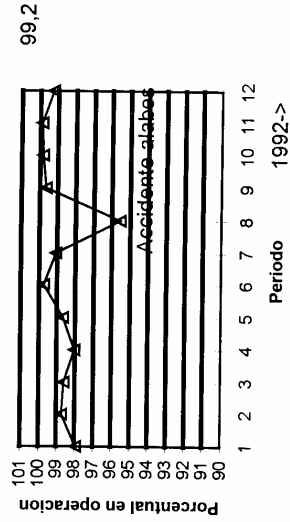
Nº datos	Periodo	Erlang			Exponencial				
		alfa	beta	Dif.Máx. KS	NS	X	KS	NS	X
13	1	1	0.001799	0.207	0.63	555.86	0.207	0.63	555.86
7	2	1	0.00097	0.179	0.977	1034.17	0.179	0.977	1034.17
4	3	0	0			1307.79	0.245	0.969	1307.79
11	4	0	0			845.45	0.419	0.041	845.45
12	5	0	0			940.167	0.433	0.022	940.167
2	6	1	0.00087	0.333	0.979	1141.55	0.333	0.979	1141.55
6	7	0	0			1638.03	0.31	0.72	1638.03
12	8	0	0			1040.64	0.311	0.196	1040.64
5	9	0	0			1711.4	0.198	0.989	1711.4
4	10	2	0.00075	0.275	0.922	2650.58	0.335	0.76	2650.58
1	11	No se realiza el test por insuficiente cantidad de datos							
6	12	1	0.00078	0.28	0.733	1275.1	0.28	0.733	1275.1
2	13	7	0.00331	0.338	0.976	2109.38	0.471	0.766	2109.38

Nº datos	Periodo	Normal			Weibull			Mejor ajuste	
		SD	KS	NS	alfa	beta	KS		NS
13	1	638.7	0.192	0.72	0.638	428.233	0.134	0.973	Weibull
7	2	990.3	0.202	0.937	0.984	1027.47	0.178	0.979	Weibull
4	3	1385	0.24	0.975	0.613	1009.66	0.253	0.96	Normal
11	4	1365	0.321	0.206	0.44	366.956	0.17	0.907	Weibull
12	5	1895	0.429	0.023	0.504	425.125	0.179	0.837	Weibull
2	6	1280	0.26	0.999	1.111	1186.02	0.346	0.969	
6	7	1931	0.409	0.391	0.769	1441.31	0.326	0.66	Exponencial
12	8	1404	0.293	0.253	0.674	797.035	0.159	0.922	Weibull
5	9	1938	0.227	0.959	0.613	1320.9	0.207	0.982	Weibull
4	10	1885	0.311	0.832	1.679	2974.67	0.258	0.953	Weibull
1	11								
6	12	917.8	0.15	0.999	1.239	1349.53	0.25	0.847	Normal
2	13	1083	0.26	0.999	3.157	2372.06	0.346	0.97	Normal

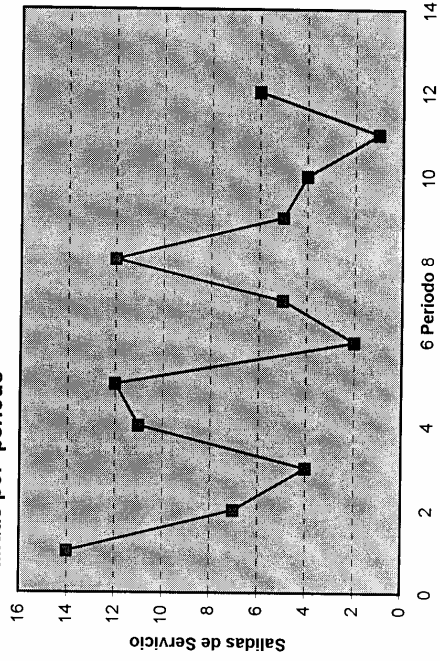
Disponibilidad

Periodo	Duracion	Salidas	Hs Parada	Fs	%	Disponibilidad
1	10111	14	0	208.17	2.05881286	97.94118714
2	7032	7	432	90.57	1.28796928	98.71203072
3	7416	4	528	104.27	1.40601402	98.59398598
4	9460	11	288	185.88	1.96490486	98.03509514
5	12686	12	276	169.93	1.33951692	98.66048308
6	8441	2	289	22	0.28063777	99.73936223
7	12691	5	577	118.33	0.93242977	99.06757023
8	15444	12	408	689.42	4.46414349	95.53585651
9	14991	5	392	53.33	0.3557448	99.6442552
10	11044	4	336	20.78	0.18815647	99.81184353
11	8903	1	350	12	0.13478603	99.86521397
12	8257.08	6	312	60	0.72664884	99.27335116
13						

Disponibilidad de la Turbina Deek



Salidas por periodo



ANEXO VI

Trabajos realizados en distintos periodos con aplicación de las distintas herramientas

17/09/96

A: i G.Traini
De: Investigación y Desarrollo

Ref.: Producción del horno de cal

Objetivo:

Determinar la producción máxima sostenible.

Alcance:

Se aplica al horno de cal desde la puesta en marcha de la parada general de 1995 (11/09/95) hasta el 31/08/96.

Descripción:

Se calcula la producción máxima sostenible y la producción media en tiempo operativo. Se consideran los valores de producción superiores a 240 Tn/día igual a 240 Tn/día.

Resultados:

Producción máxima sostenible:	236.3 Tn.
Producción media operativa:	210.2 Tn.

Se adjuntan gráficos y tabla.

Ing. G. Benítez - Ing. M. Fritzler

HORNO DE CAL

PERIODO 11/09/95-31/08/96

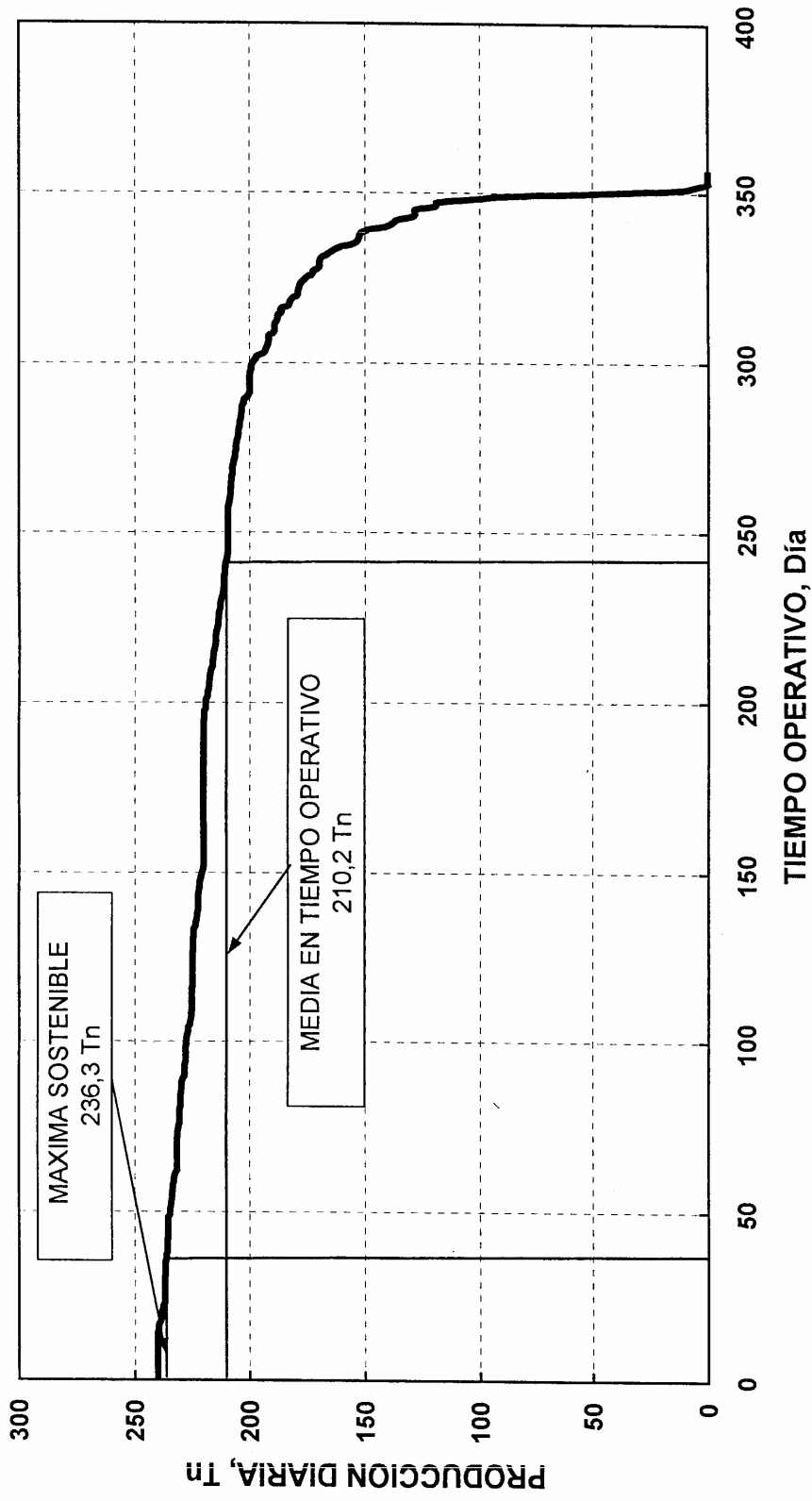


Gráfico VI.1

HORNO DE CAL

PERIODO 11/09/95-31/08/96

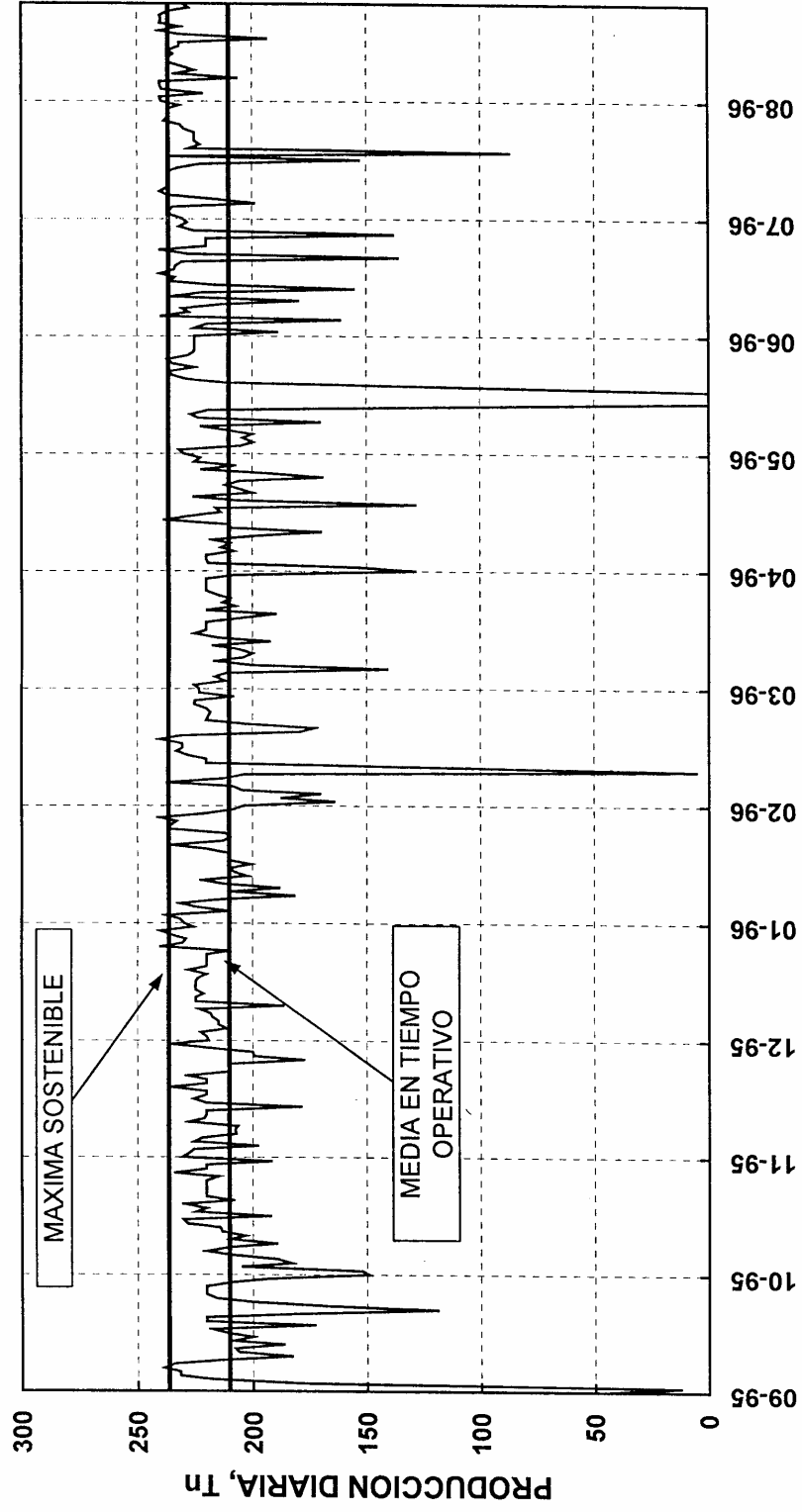


Gráfico VI.2

TABLA VI.1 PRODUCCION DEL HORNO DE CAL

D/A	Tn/DIA	DIA	Tn/DIA	DIA	Tn/DIA	D/A	Tn/DIA	DIA	Tn/DIA	D/A	Tn/DIA	DIA	Tn/DIA	D/A	Tn/DIA	DIA	Tn/DIA	D/A	Tn/DIA
12/09/95	45	21/10/95	203	30/11/95	220	18/02/96	129	29/03/96	220	8/05/96	230	17/06/96	236	27/07/96	225				
12/09/95	176	22/10/95	213	1/12/95	228	19/02/96	220	30/03/96	208	9/05/96	232	18/06/96	222	28/07/96	225				
13/09/95	176	23/10/95	214	2/12/95	210	20/02/96	220	31/03/96	213	10/05/96	205	19/06/96	155	29/07/96	225				
14/09/95	218	24/10/95	228	3/12/95	210	21/02/96	228	1/04/96	215	11/05/96	217	30/07/96	230	30/07/96	230				
15/09/95	231	25/10/95	230	4/12/95	210	22/02/96	233	2/04/96	215	12/05/96	204	21/06/96	236	31/07/96	231				
16/09/95	232	26/10/95	192	5/12/95	177	23/02/96	230	3/04/96	220	13/05/96	200	22/06/96	234	1/08/96	238				
17/09/95	238	27/10/95	225	6/12/95	199	24/02/96	214	4/04/96	220	14/05/96	211	23/06/96	242	2/08/96	237				
18/09/95	234	28/10/95	220	7/12/95	200	25/02/96	246	5/04/96	220	15/05/96	223	24/06/96	234	3/08/96	237				
19/09/95	215	29/10/95	230	8/12/95	217	26/02/96	231	6/04/96	220	16/05/96	170	25/06/96	233	4/08/96	237				
20/09/95	183	30/10/95	208	9/12/95	236	27/02/96	179	7/04/96	208	17/05/96	224	26/06/96	230	5/08/96	232				
21/09/95	206	31/10/95	220	10/12/95	219	28/02/96	173	8/04/96	128	18/05/96	227	27/06/96	136	6/08/96	239				
22/09/95	208	1/11/95	220	11/12/95	220	29/02/96	203	9/04/96	153	19/05/96	219	28/06/96	228	7/08/96	242				
23/09/95	186	2/11/95	220	12/12/95	223	1/03/96	220	10/04/96	220	20/05/96	119	29/06/96	272	8/08/96	221				
24/09/95	209	3/11/95	220	13/12/95	211	2/03/96	219	11/04/96	220	21/05/96	0	30/06/96	220	9/08/96	239				
25/09/95	200	4/11/95	220	14/12/95	215	3/03/96	218	12/04/96	220	22/05/96	0	1/07/96	220	10/08/96	241				
26/09/95	211	5/11/95	215	15/12/95	215	4/03/96	220	13/04/96	208	23/05/96	0	2/07/96	220	11/08/96	241				
27/09/95	218	6/11/95	234	16/12/95	218	5/03/96	225	14/04/96	214	24/05/96	0	3/07/96	138	12/08/96	206				
28/09/95	173	7/11/95	220	17/12/95	210	6/03/96	225	15/04/96	210	25/05/96	103	4/07/96	225	13/08/96	234				
29/09/95	220	8/11/95	220	18/12/95	223	7/03/96	225	16/04/96	211	26/05/96	211	5/07/96	225	14/08/96	225				
30/09/95	220	9/11/95	192	19/12/95	186	8/03/96	223	17/04/96	197	27/05/96	228	6/07/96	228	15/08/96	231				
1/10/95	179	10/11/95	230	20/12/95	225	9/03/96	223	18/04/96	170	28/05/96	235	7/07/96	230	16/08/96	237				
3/10/95	119	11/11/95	228	21/12/95	225	10/03/96	225	19/04/96	210	29/05/96	236	8/07/96	236	18/08/96	237				
3/10/95	166	12/11/95	225	22/12/95	221	11/03/96	212	20/04/96	210	30/05/96	225	9/07/96	236	18/08/96	234				
4/10/95	200	13/11/95	198	33/12/95	225	12/03/96	216	21/04/96	238	31/05/96	235	10/07/96	235	19/08/96	237				
5/10/95	216	14/11/95	225	24/12/95	225	13/03/96	211	22/04/96	227	1/06/96	237	11/07/96	189	20/08/96	232				
6/10/95	220	15/11/95	222	25/12/95	225	14/03/96	140	23/04/96	214	2/06/96	228	12/07/96	216	21/08/96	232				
7/10/95	220	16/11/95	207	26/12/95	224	15/03/96	199	24/04/96	216	3/06/96	225	13/07/96	237	22/08/96	193				
8/10/95	220	17/11/95	208	27/12/95	220	16/03/96	216	25/04/96	128	4/06/96	225	14/07/96	250	23/08/96	232				
9/10/95	209	18/11/95	206	28/12/95	228	17/03/96	204	26/04/96	206	5/06/96	225	15/07/96	237	24/08/96	240				
10/10/95	192	19/11/95	228	29/12/95	220	18/03/96	200	27/04/96	226	6/06/96	225	16/07/96	236	25/08/96	232				
11/10/95	149	20/11/95	221	30/12/95	220	19/03/96	206	28/04/96	200	7/06/96	225	17/07/96	237	26/08/96	247				
12/10/95	152	21/11/95	220	31/12/95	220	20/03/96	164	29/04/96	205	8/06/96	189	18/07/96	237	27/08/96	239				
13/10/95	205	22/11/95	220	1/01/96	220	21/03/96	188	30/04/96	211	9/06/96	225	19/07/96	237	28/08/96	256				
14/10/95	183	23/11/95	178	2/01/96	210	22/03/96	215	1/05/96	206	10/06/96	220	30/07/96	233	29/08/96	227				
15/10/95	189	24/11/95	220	3/01/96	243	23/03/96	225	2/05/96	169	11/06/96	161	31/07/96	223	30/08/96	227				
16/10/95	209	25/11/95	225	4/01/96	230	24/03/96	220	3/05/96	194	12/06/96	246	22/07/96	153	31/08/96	230				
17/10/95	220	26/11/95	220	5/01/96	229	25/03/96	238	4/05/96	222	13/06/96	228	23/07/96	236						
18/10/95	210	27/11/95	220	6/01/96	236	26/03/96	212	5/05/96	207	14/06/96	230	24/07/96	87						
19/10/95	189	28/11/95	236	7/01/96	262	27/03/96	204	6/05/96	204	15/06/96	214	25/07/96	227						
20/10/95	210	29/11/95	220	8/01/96	226	28/03/96	190	7/05/96	223	16/06/96	179	26/07/96	223						

ANEXO VII

Comparación de los períodos 1995-1996-1997

**TIEMPOS IMPRODUCTIVOS
COMPARACIÓN AÑOS 1995-1996-1997**

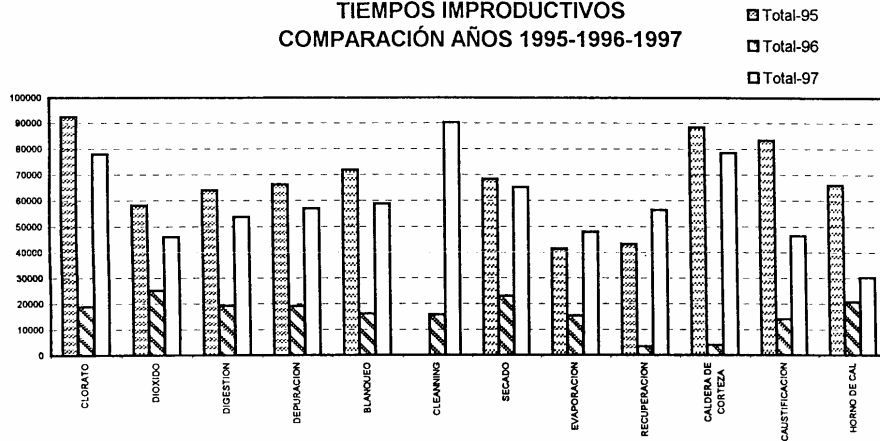


Gráfico VII.1

**DISPONIBILIDAD Y UTILIZACION POR PARADAS
COMPARACION AÑOS 1995-1996-1997**

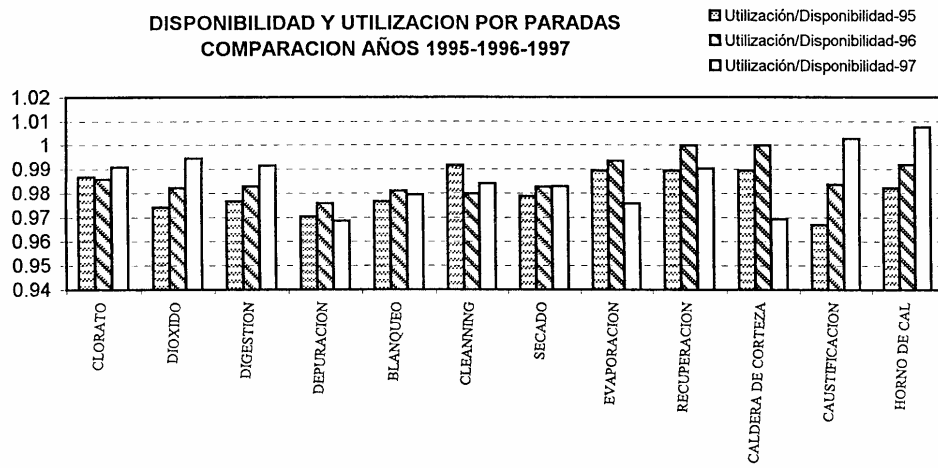


Gráfico VII.2

**UTILIZACION TOTAL
COMPARACIÓN AÑOS 1995-1996-1997**

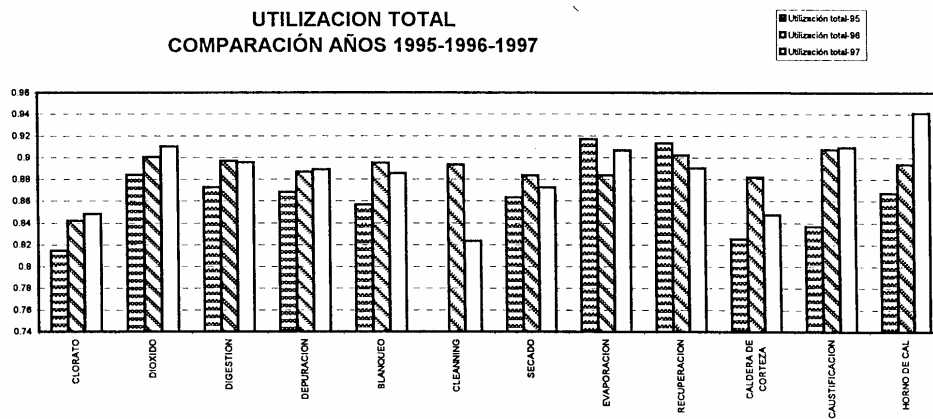


Gráfico VII.3