

00568
rej. 4



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

División de Estudios de Posgrado

Estimados de Costos de Plantas de Proceso por Computadora

TESIS QUE PRESENTA

Ing. Mercedes Yolanda Rafael Morales

Para optar por el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS EN INGENIERIA QUIMICA
(Opción Ingeniería de Proyectos)**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F. Febrero de 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

Se presenta un paquete computacional interactivo, para la determinación rápida de estimados de costo de estudio (+/- 30%), para plantas de proceso. Los estimados de costo se calculan en base a correlaciones, que toman en cuenta los parámetros principales en la construcción y diseño de los diferentes tipos de equipos que integran una planta de proceso. El total de los costos de los equipos principales, sirve de base para determinar los otros costos involucrados en el proyecto, aplicando el método modular desarrollado por K. M. Guthrie y permite finalmente calcular el costo total de la planta de proceso. Los programas están escritos en lenguaje UCSD-FASCAL e implementados en microcomputadora (Apple IIe).

ABSTRACT

An interactive computer program is presented, which permits an process engineer to estimate (+/- 30%) the costs of process plants. The cost estimates are computed using correlations, which consider the main parameters of design and construction of the different classes of equipment that integrate a process plant. The total cost of the main equipment is used as a basis to estimate the other costs involved in the project. This estimation relies on the modular method developed by K. M. Guthrie; hence, the cost of the main equipment allows the engineer to estimate the total cost of the industrial plant. The programs are written in UCSD-FASCAL and microcomputer implemented (Apple IIe).

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
CLASIFICACION DE LOS ESTIMADOS DE COSTOS.	7
I. OBJETIVO DE LA CLASIFICACION.	7
I.1 INTEGRACION DE UN SISTEMA DE ESTIMADO DE COSTOS.	8
I.2 METODOS DE ESTIMACION DE COSTOS.	11
1.2.1 Estimado de orden de magnitud.	13
1.2.2 Estimado de estudio.	14
1.2.3 Estimado preliminar.	14
1.2.4 Estimado definitivo.	15
1.2.5 Estimado detallado.	16
II. ESTIMADO DE ESTUDIO (ESTIMADO DE FACTORES).	19
CAPITULO II	
TECNICA DE MODIFICACION.	20

I. INTRODUCCION.	20
II. CONCEPTO DE MODULO.	22
III. MODULO DE EQUIPO.	23
III.1 MODULO DE PROCESO QUIMICO.	32
III.1.1 Relaciones clave.	37
III.2 MODULO DE MANEJO DE SOLIDOS.	40
III.3 MODULO DE COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO.	40
III.3.1 Costos de Ingenieria	46
III.4 MODULO DE DESARROLLO DEL SITIO.	49
III.5 MODULO DE EDIFICIOS INDUSTRIALES.	51
III.5.1 Costo base del armazon.	52
III.5.2 Factores de ajuste.	53
III.5.3 Servicios para edificio industrial.	53
III.5.4 Estructuras de plantas quimicas.	56
III.6 MODULO DE SERVICIOS INDUSTRIALES.	58

CAPITULO III

CORRELACIONES UTILIZADAS PARA LA ESTIMACION DEL COSTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES QUE INTEGRAN LA PLANTA DE PROCESO.	60
I. OBJETIVO.	60
II. DESARROLLO.	61
III. CORRELACIONES UTILIZADAS.	62
III.1.a Correlación para estimar el costo de intercambiadores de calor.	62
III.1.b Correlación para determinar el costo de intercambiadores especiales.	65
III.2 Correlación para estimar el costo de tanques de almacenamiento.	66
III.3 Correlación para estimar el costo de columnas de destilación.	68
III.4 Correlación para estimar el costo de columnas de absorción.	72
III.5 Correlación para estimar el costo de columnas de destilación de dos diámetros.	75
III.6 Correlación para estimar el costo de recipientes a presión.	73
III.7 Correlación para estimar el costo de bombas centrífugas y el costo del motor eléctrico.	78

III.8	Correlacion para estimar el costo de compresores centrifugos y reciprocanes.	85
III.9	Correlacion para estimar el costo de reactores.	86
III.10	Correlacion para estimar el costo de tanques de mezclado.	88
III.11	Correlacion para determinar el costo de agitadores de turbina.	89

CAPITULO IV

PROGRAMAS DESARROLLADOS PARA LA DETERMINACION DE LOS COSTOS DEL EQUIPO PRINCIPAL DE UNA PLANTA DE PROCESO.

IV.1	Programa del Costo total de la planta.	96
IV.2	Intercambiadores de calor.	103
IV.3	Recipientes a presion.	107
IV.4	Torres de destilacion.	114
IV.5	Columnas de absorcion	120
IV.6	Tanques de almacenamiento.	125
IV.7	Intercambiadores de calor tipo placas.	129
IV.8	Compresores.	130
IV.9	Agitadores.	132
IV.10	Reactores.	135
IV.11	Bombas centrifugas con motor electrico.	137

CAPITULO V

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS PROGRAMAS DE ESTIMACION DE COSTOS.	143
I. INTRODUCCION.	143
II. TABLAS Y GRAFICAS. DE LOS DATOS Y ERRORES.	145
II.1 Tabla de datos de intercambiadores de calor.	148
II.1.1 Grafica area - costo.	148
II.1.2 Grafica area - error %.	149
II.1.3 Grafica area - error dolares.	149
II.2 Tabla de datos de torres de destilacion y absorcion.	152
II.2.1 Grafica peso - costos.	152
II.2.2 Grafica peso - error %.	153
II.2.3 Grafica peso - error dolares.	153
II.3 Tabla de datos de recipientes a presion.	156
II.3.1 Grafica peso - costos.	156
II.3.2 Grafica peso - error %.	157
II.3.3 Grafica peso - error dolares.	157
II.4 Tabla de datos de bombas centrifugas.	160
II.4.1 Grafica de potencia - costos.	160

11.4.2 Gráfica de potencia - error %.	161
11.4.3 Gráfica de potencia - error dolares.	161
CAPITULO XI	
GUIA DEL USUARIO	164
11.1 Ejemplo: Costo de planta	166
CONCLUSIONES.	
	185
BIBLIOGRAFIA.	
	188

INTRODUCCION

Para decidir la realización de un proyecto, sea éste el establecimiento de una nueva planta, una ampliación a la ya existente o la substitución de equipo dañado, es necesario hacer un estimado de costos de cualquiera de las alternativas que se presenten.

El estimado de costos de una planta de proceso, juega un papel muy importante para que se aprueben o no las etapas de: planeación, ingeniería y construcción de dicha planta, ya que estas etapas se encuentran fuertemente ligadas dentro de la realidad económica en la que se lleve a cabo el proyecto; no solamente para iniciarlo, sino para adicionar nuevos equipos o por las modificaciones que se tienen que realizar a los servicios ya existentes, en base a esto la gerencia puede aprobar el trabajo y proporcionar el financiamiento que sea necesario.

El estimado de costos le permite aprobar el trabajo y formar las bases del flujo de caja sobre el periodo de riesgo propuesto, a través de la etapa de la ingeniería del proceso así como del proceso económico en la evaluación del proyecto. Para llevar acabo las etapas mencionadas, es necesario contar con la siguiente información :

A. Ingeniería de proceso.

- Especificación de los diagramas de flujo
- Balance de Materia y de Energía
- Tamaño de Equipo

B. Información económica.

- Costo del Equipo
- Estimado del Costo de Inversión
- Estimado del Costo de Operación
- Pronóstico del volumen y precios de venta
- Cálculos de riesgo y análisis de sensibilidad

Los estimados de costos son predicciones y por lo tanto solamente son aproximaciones del costo que pueda tener un proyecto para poder llevarlo a cabo. El no reconocer esto, lo cual ocurre de manera usual, conduce a serias equivocaciones entre los responsables que quieren terminar el proyecto en el costo estimado.

Es esencial que el ingeniero de proyectos entienda el mecanismo económico en la determinación de los estimados de costos, ya sea para aprobar o desaprobar el proyecto mismo. En una sociedad competitiva, el producto o servicio, debe cumplir con la condición de ser factible de realizar a un costo mínimo y con la mejor calidad posible. Un producto o servicio que requiere de

una entrada continua de dinero o materiales, hace que el producto sea de mayor valor o menor retorno en el capital de inversión, lo que conduce a que este pueda no ser aprobado.

Los principios de la ingeniería de costos, son usados en la mayoría de los problemas de inversión de capital, pero al relacionar estos con la industria de procesos químicos, representan un desafío debido a la variedad y complejidad de los proyectos que se presentan.

Para la determinación del estimado de costos es necesario tomar en consideración las instalaciones dentro de la planta, que básicamente son las unidades principales de proceso y las instalaciones fuera de planta, las cuales están integradas por: Preparación del sitio, edificios industriales, instalaciones para almacenamiento, plantas auxiliares, tuberías, instalaciones de servicios. Estas instalaciones nos proporcionarán la inversión total del capital.

Una compañía típica de ingeniería de diseño, tiene concentrados a especialistas en una división o grupo que son los encargados de efectuar los estimados de costos. Este grupo ejecuta la evaluación económica, estimados y control de costos de un proyecto determinado en sus diferentes fases, esto es, desde la planeación y evaluación del estimado preliminar, de la ingeniería de detalle, hasta la construcción y arranque de la planta.

Para lograr este propósito, el grupo de estimación es asistido por otras secciones de ingeniería que actualiza y revisa las bases de diseño, para proporcionar especificaciones estables de los procesos, equipo, arreglo de equipos, edificios, etc. Dependiendo del tipo de estimado, que se haya realizado, se tendrán las bases para dar ordenes competitivas o para controlar el costo de un proyecto, una vez que este haya sido aprobado. En firmas de ingeniería pequeñas, un solo individuo puede ejecutar las funciones relacionadas con la estimación y control de los costos del proyecto.

Al inicio de un proyecto, por lo general, no se tiene información disponible, excepto que se conozcan plantas similares de menor capacidad y se tenga fácil acceso a la ingeniería básica o que el proceso sea muy conocido. Es por esto que el primer estimado que se puede realizar, generalmente sea deficiente en detalles y nos arroje una exactitud de $\pm 40\%$; a medida que se van conociendo mas datos, se puede ir mejorando el estimado, hasta que la predicción en los costos nos de una exactitud de $\pm 3\%$, siendo este último el estimado detallado, en el cual ya se conocen esquemas completos y especificaciones (prácticamente toda la ingeniería de detalle).

Cuando la información disponible no es la suficiente para desarrollar algún tipo de estimado, se puede recurrir a datos de costo que provengan de archivos individuales, de un banco de datos, de cotizaciones proporcionadas por los vendedores, por correlaciones de costos ya existentes o por publicaciones en la

literatura especializada. El resultado final del estimado dependera de la información utilizada y por lo tanto nos indicara la exactitud que tendra dicho estimado.

Es práctica común que en las compañías de ingeniería cuando se inicia un proyecto, se requiere de una gran cantidad de horas-hombre para poder efectuar el tipo de estimado solicitado por el cliente y de esta forma la factibilidad de realizar el proyecto; esta demanda de horas-hombre, por lo general, tiende a aumentar de manera significativa el costo del proyecto.

Tomando en consideración lo anterior, en el presente trabajo se desarrolla una metodología, que nos permite poder realizar un estimado de estudio con una predicción en el estimado de +/- 30%. Esta metodología requiere la determinación de los costos del equipo principal de la planta.

Para determinar el costo de los equipos se han utilizado y determinado correlaciones específicas de datos reportados en la literatura, las cuales nos relacionan los parámetros mas significativos o dimensiones críticas en el diseño del equipo como son: área de transferencia de calor, potencia, peso de la coraza, etc. Implementando estas correlaciones mediante programas de computadora, es posible realizar el estimado de costos de una manera mas rápida, conservando la exactitud necesaria, pretendiendo con esto obtener un ahorro significativo de las horas-hombres requeridas para el estimado de costos, lo anterior da como resultado que el costo total del proyecto disminuya.

Los resultados de las correlaciones que se utilizan en el presente trabajo para la determinación del costo del equipo, se comparan con cotizaciones de proveedores varios para obtener su confiabilidad. Teniendo como resultado que el margen de exactitud se conserva para los equipos costeados.

Una vez que han sido determinados los costos del equipo principal, se aplicará el método modular para la estimación de costos desarrollado por Kenneth M. Guthrie [12], el cual requiere que se establezca una serie de módulos de costo. Siendo uno de ellos el módulo de costo de proceso químico, el cual contendrá todos los costos del equipo mayor del proceso tales como: Intercambiadores de calor, columnas de destilación, bombas centrífugas, recipientes a presión, etc. Estos módulos deberán de multiplicarse por factores que se especifican especificados para cada uno de ellos en el estudio preliminar, siendo la suma total de los módulos la que nos proporciona el costo total del proyecto.

CAPITULO I

CLASIFICACION DE LOS ESTIMADOS DE COSTOS

1.- OBJETIVO DE LA CLASIFICACION

En este capítulo se presenta la clasificación mas aceptada en la actualidad, para los estimados de costos [14].

La estimación de costos es relativamente nueva ya que a partir de 1948 y 1949 se iniciaron las primeras publicaciones en los Estados Unidos de Norteamérica, sobre los primeros análisis de costo de equipo y de capital, así como, las relaciones entre las capacidades de plantas industriales y los costos que estas implican. Pero existe una gran discrepancia en los criterios tomados para definir la exactitud de cada uno de estos estimados.

Es necesario entonces, tener una idea precisa de lo que debemos entender por estimación de costos. Para esto nos referiremos a la definición que de estimación de costos hacen Aries y Newton [2], quienes la definen como el "Arte de predecir el futuro económico de un proyecto, basado en relaciones empíricas y metodológicas".

Según esta definición, la estimación de costos es el primer factor a considerar, y es por lo tanto uno de los principales a evaluar en el estudio de factibilidad del proyecto, así como los estudios de alternativas, las autorizaciones del presupuesto, los programas financieros, etc. La estimación de costos comprende no solo los costos de ingeniería y construcción, sino también los costos de operación y mantenimiento de las obras e instalaciones, así como los de planeación; ya que el éxito o el fracaso de una inversión se decide en gran parte, en las etapas de estudio del proyecto, así como en la realización del proyecto mismo.

Al realizar el proyecto para el diseño de plantas de proceso, ya sea por la nueva creación de esta o por alguna modificación requerida al proceso ya existente, es necesario realizar un examen cuidadoso en el desarrollo del diseño y de la construcción de la planta en sus etapas preliminares, es decir, se tienen que tomar básicamente en consideración, el análisis del proceso químico, la ingeniería de proceso y el aspecto económico para propósitos de escrutinio.

En el desarrollo del diseño y construcción de una planta química, tanto el aspecto de ingeniería como el económico, tienen que ser evaluados con respecto a criterios económicos específicos, para determinar los costos de inversión los cuales deben estar fundamentados en bases que sustenten los valores obtenidos y que servirán para un reporte estadístico

básico en la estimación de costos de los futuros procesos.

Este reporte, se tendrá que referir a los métodos utilizados en la estimación del costo de la planta en cuestión. Estos métodos son también utilizados en las diferentes fases del proyecto por lo cual podrían tener variantes y sofisticaciones que dependeran del grado tecnológico del grupo o compañía que realice el estimado.

Dentro de las actividades que se desarrollan, de manera más general para la realización de un estimado de costos tenemos las siguientes: Civiles, Mecánicas, Eléctricas y de Instrumentación. Hay que tomar en consideración que para la realización de los estimados de inversión se necesitan dos aspectos principales, que se deben de realizar de manera sucesiva, siendo estos:

- Integración de un sistema de estimado de costos
- Métodos de estimación de costos a utilizar

los cuales se detallan a continuación:

1.1.- INTEGRACION DE UN SISTEMA DE ESTIMADO DE COSTOS:

Para la integración del estimado de costos de un proyecto es necesario considerar las siguientes etapas:

1. Determinar el objetivo del estimado.

Se necesita tener el conocimiento definido de lo que se pretende hacer o producir.

2. Seleccionar el método de estimación.

Se deberá plantear cual será el método a seguir para desarrollar el proyecto.

3. Determinar el lugar para realizar el proyecto.

Esta información será útil para poder cuantificar mano de obra, acarreos, etc.

4. Inspeccionar físicamente el terreno.

En esta etapa es necesario conocer las condiciones del terreno, tales como: tipo de terreno, facilidades de servicios, comunicaciones, etc.

5. Planear y programar el estimado.

Una vez analizada la información disponible se planeará el tipo de estimado que se va a desarrollar, el personal requerido, la programación y programación de las actividades que se tienen que desarrollar.

6. Definir el alcance del trabajo.

En esta etapa se deben de considerar los aspectos requeridos, para desarrollar el estimado de costos tales como:

- Objetivo del estudio.
- Bases de diseño.
- Especificaciones de equipo y materiales.
- Edificios, secciones de mano de obra y almacenamiento, requerimientos de servicios auxiliares y generales.
- Diagramas de flujo del proceso.
- Lista de equipo principal.

1.2- METODOS DE ESTIMACION DE COSTOS

El estimado de inversión de capital para un proyecto, puede variar desde un estimado de prediseño basado en poca información, efectuando el tamaño del proyecto propuesto, hasta el estimado detallado preparado con especificaciones y diagramas completos.

Entre estos dos extremos de estimados de inversion de capital, existen una gran cantidad de ellos, los cuales varian en exactitud dependiendo de la etapa de desarrollo en que se encuentre el proyecto. Estos estimados han tenido una gran variedad de nombres y se les ha clasificado de diferentes maneras. Para estandarizar los nombres y las designaciones del porciento de exactitud, la Asociación Americana de Ingenieria de Costos, ha establecido la siguiente clasificación de los tipos de estimados y su exactitud mas probable:

TIPO DE ESTIMADO	EXACTITUD +/- %
ORDEN DE MAGNITUD (ESTIMADO DE RELACION)	40
ESTUDIO (ESTIMADO DE FACTORES)	25
PRELIMINAR (ESTIMADO DE AUTORIZACION DEL PRESUPUESTO)	12
DEFINITIVO (ESTIMADO PARA CONTROL DEL PROYECTO)	7
DETALLADO (ESTIMADO DE FIRMA)	5

El énfasis que se ponga en la realización de cualquiera de estos estimados dependerá en gran medida del uso final que se le vaya a dar al estimado y el requerimiento de un total exacto o de la necesidad de detalles para efectuar el control de costos. Se puede decir que si no se requieren detalles, no se deben desperdiciar esfuerzos realizando un estimado por factores o un estimado definitivo con el propósito de obtener un poco más de exactitud en la cifra total.

Tampoco se le deberá dar el enfoque de estimado de detalle a un estimado cuyas bases de información sean pobres y tengan un alto grado de incertidumbre. El tipo de estimado a utilizar dependerá también de las herramientas de estimación, el tiempo y el dinero disponibles para poder efectuar la estimación.

1.2.1 Estimado de orden de magnitud.

Propósito:

Para toma de decisiones administrativa concernientes a la factibilidad del proyecto y para realizar estudios posteriores.

Rango de error:

Esta considerado entre $\pm 7-40\%$

Información requerida:

Tipo de Proceso, calidad y cantidad del producto principal,

diagrama de flujo del bloque básico.

Método:

Usualmente esta basado en información de costos previos, relación o curvas de capacidad-costo para procesos similares.

I.2.2. Estimado de estudio.

Propósito:

Para búsqueda y desarrollo, planeación y como guía para intereses futuros. Se utiliza algunas veces para presupuestar.

Rango de error:

Esta considerado entre, +/- 25%

Información requerida:

Diagramas de flujo preliminar, lista del equipo mayor con información de tamaño, facilidad de servicios, facilidades generales y requerimientos auxiliares.

Método:

Estimación para el costo total de la planta usando una serie de factores basados en el costo del equipo mayor.

I.2.3. Estimado preliminar.

Propósito:

Principalmente para la autorización del presupuesto del

proyecto.

Rango de error:

Esta considerado entre, +/- 12%

Información requerida:

Diagrama de flujo del proceso terminado, lista del equipo mayor del proceso con información del tamaño del equipo, facilidades de servicio, requerimientos de servicios auxiliares.

Método:

La estimación se realiza con unidades individuales de equipo, utilizando relaciones del equipo costo/capacidad, presión, costo/libras de acero, etc.

1.2.4. Estimado definitivo.

Propósito:

Principalmente para tener el control del proyecto.

Rango de error:

Esta considerado entre, +/- 6%

Información requerida:

Se requiere una lista completa de las especificaciones del equipo con esquemas.

Método:

Es un método preliminar para las cantidades finales de costos del equipo y mano de obra. Ajuste por tiempo, tamaño y localización.

I.2.5. Estimado detallado

Propósito:

Principalmente para tener un control del presupuesto del proyecto.

Rango de error:

Esta considerado entre, +/- 3%

Información requerida:

Se conocen las condiciones específicas del lugar. Se tiene la utilidad definida del proyecto, los requerimientos de los servicios auxiliares, el almacenamiento y manejo del producto esta definido.

Método:

Este estimado se prepara con especificaciones mas detalladas, diagramas de flujo completos, etc. Ademas de utilizar las cotizaciones proporcionadas por los vendedores.

II.- ESTIMADO DE ESTUDIO (ESTIMADO DE FACTORES)

Es necesario profundizar un poco más, en lo que se debe esperar del estimado de estudio, ya que es el que se desarrolla en el presente trabajo.

El estimado de estudio combina un estimado de orden de magnitud con factores específicos de un proyecto en particular, tales como: localización, productividad de trabajo, desarrollo del sitio,

disponibilidad de materiales de construcción e inventario. En varias ocasiones, los servicios de soporte requieren de su localización para estimar también su costo y ser sumado al costo total de la inversión.

Este tipo de estimado se realiza cuando el dueño comienza a pensar seriamente en la construcción de la planta. Esta basado en la capacidad de la planta y en una lista de equipo de los servicios de soporte, y usualmente sirve como base para la selección de un proceso.

Su exactitud depende principalmente de la exactitud de los factores de costo que sean utilizados, tomando como base el costo del equipo mayor. Ahora bien, estos costos se pueden determinar ya sea mediante información disponible de costos de los equipos de otros procesos, de un archivo de costos de equipo, cotizaciones directas con los proveedores de equipo o bien mediante una serie de correlaciones que nos permitan determinar el costo de los equipos principales del proceso.

Las características que nos presenta el estimado son las siguientes:

a).- La estimación se hace tomando en consideración, la relación entre las dimensiones físicas, que se puedan utilizar de forma fácil en correlaciones o superficies, para determinar el costo del equipo principal.

b).- Requiere de un dimensionamiento preliminar del equipo.

c).- Puede predecir los valores de materiales, mano de obra, etc.

d).- Produce estimados mas exactos

Las ventajas que proporciona este tipo de estimado son:

- Se efectua para un diseño específico.
- Se realiza en un tiempo menor que el requerido para un estimado definitivo

Desventajas del estimado:

- Su grado de variación del error esta dentro de +/- 25%
- Se deben de considerar todos los elementos que impliquen un costo en el proyecto.
- No proporciona detalle de materiales
- Provoca en el estimador una tendencia a no realizar ajustes.

Este tipo de estimado, se realiza después de que se ha terminado la fase de planeación de un proyecto de inversión, ya que al término de dicha fase, se puede considerar que han sido depuradas y analizadas todas las alternativas, por lo que en

este punto, es necesario contar con la aprobacion de la gerencia para continuar con el proyecto. De manera general estos estimados se basan en un diseño que teóricamente ya no variarían en los conceptos básicos y fundamentales, pero aun así adolecen de detalles específicos y suficientes.

CAPITULO II

TECNICA DE MODULOS

I. INTRODUCCION

De manera frecuente, se generan diversos estudios de costos, que son posteriormente analizados para diferentes procesos, antes de que pueda surgir la estructura de algún proyecto. Es importante en esta etapa, tener un estimado de costo de capital lo mas exacto posible; y tambien es importante el uso de técnicas de estimación que sean consistentes, para que así, las alternativas generadas puedan ser comparadas bajo las mismas bases y además se puedan realizar comparaciones entre los proyectos.

Además se tienen que reconocer los riesgos, en que se pueden incurrir, sobre todo en situaciones de poca estabilidad económica, gran inflación, costos que varían de una manera drástica, etc.

La técnica de estimación por módulos que se utiliza en el presente trabajo y el cual será descrito en este capítulo es el desarrollado por K. M. Guthrie [12], para estimar el costo de

una unidad o planta instalada: este método fue desarrollado basándose en datos retroalimentados de 42 proyectos de planta de proceso.

La técnica de estimación de costo por módulo, se utiliza cuando existe una lista de costo de equipos, aunque estos costos estén determinados a partir de hojas de datos o de cualquier otro mecanismo confiable.

El procedimiento de la estimación de costo se basa en:

- el establecimiento de un estado comparativo con respecto al costo de equipo
- análisis posterior de un subconjunto (módulo) para el costo de materiales
- análisis de un módulo para mano de obra directa
- análisis de un módulo de costos indirectos en la construcción
- cálculo de márgenes del contratista
- estimación de un valor de provisión (contingencias)

II. CONCEPTO DE MODULO

Se entiende por módulo al subconjunto estandarizado, que tiene una función definida en un sistema.

Para estimar costos en el sistema de una planta de proceso, se descompone dicho sistema en módulos, tal como se muestra en la Tabla 1. Estos módulos agrupan a su vez elementos de costos, los cuales han sido clasificados por Guthrie en seis: cinco de costos directos y uno de costos indirectos:

Módulo de Costos Directos.

1. PROCESO QUINICO
2. MANEJO DE SOLIDOS
3. PREPARACION DEL SITIO
4. EDIFICIOS INDUSTRIALES
5. SERVICIOS AUXILIARES

Módulo de Costos Indirectos.

6. COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO

Un módulo de estimación representa a un grupo de elementos de costo que tienen relaciones y características similares. Cada módulo puede ser integrado o combinado con otros módulos en el nivel de costo de materiales y de labor (M & L), siempre y cuando

los datos sean consistentes en terminos de costo.

Cada módulo de costo directo contiene partidas como costos de equipos, mano de obra de erección, etc., que fueron desarrollados usando técnicas de estimación basados en los datos de costo presentados para el desarrollo del método modular. Después de que todos los costos indirectos fueron establecidos, los costos directos pueden ser afectados para que se transformen en "módulo de barra de costo". tal como se muestra en la Tabla 1, usando para esto el factor de indirectos (que se considera aquí como una constante para un proyecto particular). Esto permitira que puedan ser rapidamente sobesados sin necesidad de ajustar todos los elementos de costo indirecto para cada evaluación.

A continuación se expone la forma de como estan integrados cada uno de los seis módulos, que forman el sistema de la planta de proceso. Para esto es necesario conocer los elementos de costo, que son considerados para formar el módulo de equipo, que es el factor clave para poder desarrollar el método modular.

III. MODULO DE EQUIPO

El módulo de proceso químico esta integrado por la combinación de siete elementos de costos primarios:

- Costo de equipo fob. (1969)
- Materiales directos.

TECNICA DE MODULOS PARA ESTIMACION PRELIMINAR DE COSTOS DE CAPITAL

PROCESO QUIMICO

COSTO DE EQUIPO FOB, E				
Tuberia	* factor de materiales			
Concreto				
Acero				
Instrumentos	* factor de labor			
Electrico				
Aislantes				
Pintura	* factor de costo directo			
Material Auxiliar, m				
MATERIAL DIRECTO, M = (E + m)		← relacion L/M	* factor de modulo sencillo	
Ereccion de material instalacion en campo (equipo)				
LABOR DIRECTA EN CAMPO, L				
COSTO DIRECTO M & L, (E + m + L)			* factor del modulo total	
		←		
		* factor de indirectos	Y	Y
		Y	*	@
		*		

tabla 1

MANEJO DE SOLIDOS

Molino de bolas	
Revolvedoras	
Centrifugas	
Transportadores	
Compresores	
Secadores	
Evaporadores	
Filtros	
Prensas Hidraulicas	
Cribas	
Basculas	
Tolvas	
Tuberia	
Concreto	
Instrumentos	
Electrico	
Material auxiliar (m)	
(Costo estimado directo	
M & L)	

COSTO DE MANEJO DE	
SOLIDOS M & L	

x factor de indirectos

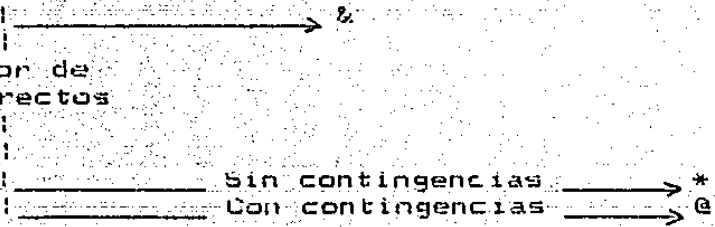


Tabla 1 (cont.)

DESARROLLO DE SITIO

Terreno, deslinde y derecho Desecacion y drenaje Limpieza del sitio Excavacion Nivelacion Registros subterraneos Piloteo Caminos, ancladores y pavimento Estacionamiento Faisaje Cercado Servicios de proteccion contra incendio (Costo estimado directo M & L)
COSTO DEL DESARROLLO DE SITIO M & L

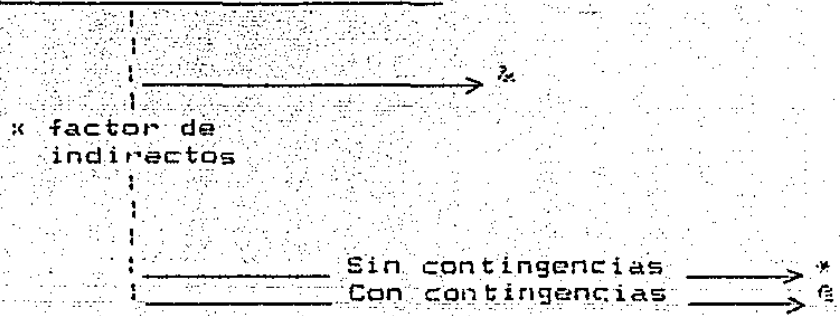


Tabla 1 (cont.)

EDIFICIOS INDUSTRIALES

Oficinas administrativas Laboratorios Servicios medicos Almacén Talleres de mantenimiento Garages Cafeteria Estructuras de acero
(Costo directo estimado M & L)
<hr/> COSTO DE EDIFICIOS M & L

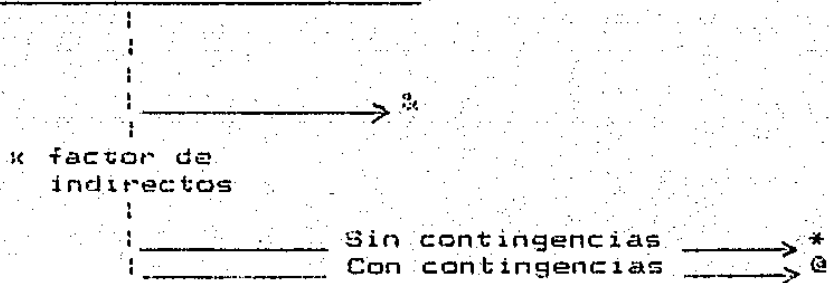


Tabla 1 (cont.)

SERVICIOS AUXILIARES

Vapor, generacion y distribucion
Energia, generacion y distribucion
Torres de enfriamiento, distribucion
Gas y aceite combustibles
Fosas y quemadores
Control de contaminacion
Hidrantes y red contraincendios
Separadores y pozas
Iluminacion de exteriores
Recepcion, almacenamiento, embarque
Automotriz
Ferrocarril
Muelles y embarcaderos
Cisternas
(Costo estimado directo M & L)
COSTO DE SERVICIOS AUXILIARES M & L

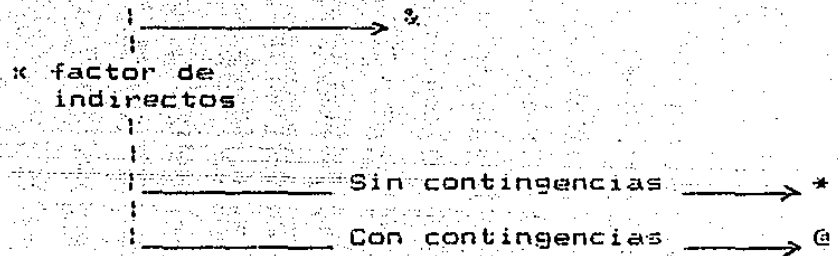


Tabla 1 (cont.)

COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO		
Ventas, otros impuestos		
Fletes U.S., empaçado, ins.	% de	
Fletes oceanicos	material	
Seguro marino	directo,	
Impuestos de importacion	E + m.	
Fletes, seguros, impuestos		
Beneficios laterales	% de	
Capacidad de labor	factores	
Supervision en campo	del costo	% de
Servicios temporales	de labor	
Equipo de construccion	directa	costo
Herramientas pequenas	en campo	
Costos miscelaneos de campo		directo
Sobrecostos de construccion		M & L
Ingenieria de proyectos	% de	
Ingenieria de procesos	factores	
Diseño y dibujos	de costo	
Procuracion	directo	
Construccion de oficinas	de mate-	
Sobrecosto de oficinas	rial	
Costos de ingenieria del contratista		
COSTO INDIRECTO		
COSTO DEL MODULO SENCILLO		
contingencias		
honorarios del contratista		
COSTO DEL MODULO TOTAL		

Tabla 1 (cont.)

- Labor directa de campo.
- Costo directo de materiales y labor.
- Costos indirectos.
- Costo de módulo desnudo.

y catorce elementos de costo secundarios, que están divididos de la siguiente manera.

Costos de materiales directos en campo:

- Tubería.
- Concreto.
- Acero.
- Instrumentación.
- Eléctrico.
- Aislamiento.
- Pintura.

Costos de instalación:

- Material de erección.
- Equipo de erección.

Costos de indirectos:

- Fletes, seguros e impuestos.
- Sobre-costo de construcción.
- Ingeniería.

- Contingencias (lo que falta por considerar de equipo).
- Honorarios del constructor.

Los elementos primarios establecen las relaciones claves, así como la estructura del estimado, y los elementos secundarios completan los detalles cuando es necesario conforme el proyecto se desarrolla.

De esta manera, el módulo de equipo de proceso, representa el costo de una pieza mayor del equipo de proceso (tales como intercambiadores de calor, recipientes a presión, bombas, compresores, etc.) junto con el dinero para materiales de campo, labor de campo, así como los indirectos para instalar el equipo en un circuito de proceso químico. El valor del dinero de cada elemento de costo (excepto indirectos), en un módulo en particular se obtiene del costo del equipo fob., usando factores de relación establecidos de los datos retroalimentados y normalizados para acero al carbón y por magnitud de valores.

Estos factores están localizados en la sección para la determinación de los costos del equipo de proceso. La identificación en cada caso es por el múltiple de la magnitud del dinero.

Módulo

Magnitud de Dinero

\$ 100,000

A	hasta 2
B	2 a 4
C	4 a 6
D	6 a 8
E	8 a 10

El término múltiple, aplica aquí, a el valor total del dinero de un grupo de equipo, tales como todas las intercambiadores, todas las bombas, etc., en un circuito de proceso. Si una pieza del equipo solamente esta considerada, se usan los datos para módulos simples presentados en la Tabla 3.

III.1. MODULO DE PROCESO QUIMICO.

El módulo de proceso químico es una recopilación de múltiples módulos de equipos de proceso al nivel de materiales y labor y representa el costo directo de un circuito de proceso. El costo incluye equipo junto con tuberías e instrumentación, trabajo de acero menor tal como escaleras, plataformas, soportes (o estructuras mayores), cimentaciones y subestructuras de concreto (sin pilotes), aislamiento y pintura.

Debido a la interrelación de muchas variables dentro de este

módulo (tales como mezcla de equipo, relaciones de aleaciones, relación labor/material, magnitud de dinero), es útil ensamblar un estándar o un módulo tipo "norma" de proceso como referencia.

El módulo "norma" de proceso ensamblado aquí, está basado en una mezcla de equipo promedio y la magnitud del dinero así obtenido de los proyectos observados.

TIPO DE EQUIPO	PROMEDIO DEL % TOTAL DEL EQUIPO	PROMEDIO DE LA MAGNITUD DE DINERO, \$
Hornos	14.0	300,000
Intercambiadores	18.0	396,000
Recipientes de proceso (V)	15.0	340,000
Recipientes de proceso (H)	8.0	176,000
Bombas y motores	7.0	154,000
Compresores.....	30.0	660,000
Tanques en sitio.....	8.0	174,000
Equipo total	100.0 %	\$2,200,000

Usando la magnitud de dinero del equipo y el módulo de instalación múltiple en la sección de datos de costo, la integración de costo del elemento primario puede ser realizada en términos del % total del costo del equipo (E), como se muestra en la Tabla 2.

Usando estos datos de costo directo y un factor de costo indirecto de 1.34, el siguiente módulo "norma" de proceso químico (fig. 1) puede ser ensamblado, basándose en porcentaje de costo de equipo. Estos factores pueden ser usados para el trabajo conceptual inicial, haciendo los ajustes proporcionados por las desviaciones conocidas. Cuando los datos estén disponibles, es

DESARROLLO DE UN MÓDULO DE PROCESO UTILIZANDO DATOS DE COSTO DE EQUIPO:

± Magnitud ..	300,000 Hornos	396,000 Inter- cambios	340,000 Recipi- entes	176,000 Recipi- entes	154,000 Bombas y moto- res	660,000 Compre- sores	174,000 Tanques	2,200,000 Modulo total
Costo fob. del Eq. (E)	14.0%	18.0%	15.0%	8.0%	7.0%	30.0%	8.0%	100%
Tubería -----								
Concreto								
Acero								
Instrumen- tación.	> \$1.34	\$1.71	\$2.03	\$1.63	\$1.72	\$1.58	\$1.2	\$1.62
Eléctrico								
Aislamiento								
Pintura								
Materiales del campo (m) ----								
Material direc- to M=(E+m)	18.8	30.78	30.45	13.04	12.04	47.40	9.60	162.0
Material de-- erección.								
Instalación |> \$0.36	\$0.22	\$0.37	\$0.47	\$0.36	\$0.41	\$0.37	\$0.11	
de material-- Labor directa de campo (L)	4.14	11.38	14.31	4.69	4.93	17.53	1.06	58.0
Costo directo M & L	22.94	42.16	44.76	17.73	16.97	64.93	10.66	220.0
Solamente el costo primario de los elementos necesita ser evaluado en esta etapa por la utilización de todos los factores. Los elementos secundarios pueden ser llenados por los factores necesarios del modulo individual.								
Costo del								
Eq. fob. (E).....	14.0%	18.0%	15.0%	8.0%	7.0%	30.0%	8.0%	
Tubería	2.52	8.12	8.92	3.20	2.13	6.13	0.88	
Concreto	1.40	0.99	1.47	0.49	0.28	3.64	0.64	
Acero .....	....	0.54	1.18	....	....	....	....
Instrumentación.	0.56	1.82	1.75	0.48	0.22	2.44	....
Eléctrico.....	0.28	0.36	0.74	0.41	2.17	4.28	....
Aislamiento ...	....	0.86	1.20	0.41	0.18	0.76	....
Pintura .....	....	0.09	0.19	0.05	0.06	0.15	0.08	
Material de campo. m	4.8	12.78	15.45	5.04	5.04	17.40	1.60	
Material de erección	4.14	9.85	12.21	4.08	4.25	14.40	1.00	
Instalación del equipo....	incl	1.53	2.10	0.61	0.68	3.13	0.06	

Nota: Todos los datos estan basados en % del equipo total. E

Tabla 2

MODULOS DE INSTALACIONES PARA UNIDADES SENCILLAS

	Tubo y Coraza	Enfriadores de aire	Recipientes de proceso (V)	Recipientes (H)	Bomba y motor	Compresor y motor
Modulo.....	IIIA	IIIB	IIIC	IIID	IIIE	IIIF
Costo de equipo lab (E).....	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Tuberia.....	46.1	18.2	60.6	42.0	30.5	20.9
Concreto.....	5.1	1.9	10.0	6.3	4.0	12.4
Acero.....	3.1	....	8.0	....	....	....
Instrumentos.....	10.2	4.8	11.5	6.3	3.0	8.3
Electrico.....	2.0	12.0	5.0	5.2	31.0	15.8
Aislante.....	4.9	....	8.0	5.2	2.5	2.6
Pintura.....	0.5	0.6	1.3	0.5	0.8	0.5
Materiales de campo (m).....	71.9	37.5	104.4	65.5	71.8	60.5
Material directo (E+m)....	171.9	137.5	204.4	165.5	171.8	160.8
Material de ereccion.....	55.8	31.5	84.5	53.3	60.5	50.4
Equipo de colocacion.....	9.5	6.4	15.5	10.5	10.4	12.5
Labor directo de campo (L).....	64.3	37.9	100.0	63.8	70.9	62.9
Costo Directo M & L....	236.2	175.4	304.4	229.3	242.7	223.4
Impuestos, seguros y fianzas.....	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Costos indirectos. Costo del modulo sencillo.....	94.4	70.2	121.6	91.7	97.1	89.4
Relacion L/M.....	0.37	0.37	0.42	0.39	0.42	0.39
Factor por material (E+m)...	1.72	1.38	2.04	1.65	1.72	1.61
Factor por costo directo (M&L)....	2.34	1.75	3.04	2.29	2.43	2.23
Factor de indirectos.....	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Factor del modulo.	3.39	2.54	4.34	3.29	3.48	3.21

Nota: Todos los datos estan basados en 100 para equipo. E. Las unidades estan dentro del limites de bateria.

Tabla 2

MODULO TIPICO DE PROCESO QUIMICO "NORMA"

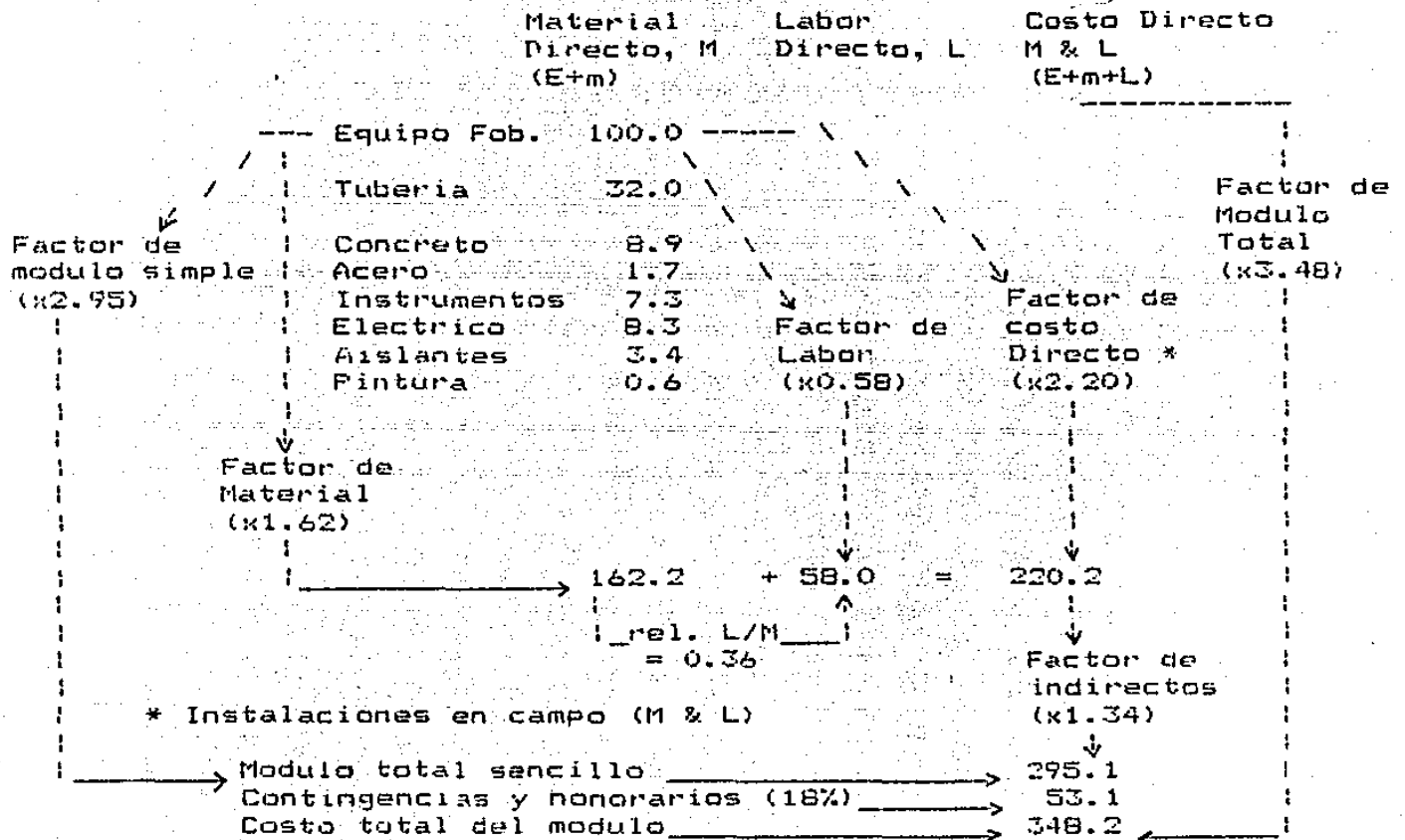


Figura 1

preferible construir el módulo de costo propio.

Los factores de relación están basados en acero al carbón y todos los factores son porcentaje del equipo total.

III.1.1 Relaciones clave.

Las relaciones clave entre los costos primarios de los elementos desarrollados en esta etapa; son esenciales para el rápido ensamble de estimados y proporcionar importantes puntos de comprobación para análisis definitivos o de cotización.

Factor de material:

Indica la relación entre el costo total de equipo (E) y el total de materiales de campo (m) asociados con el equipo. Este factor incluye todos los costos de material directo y debe de variar de 1.42 a 1.75 dependiendo de la complejidad del circuito. El módulo norma marca 1.62.

Factor de labor:

Incluye todo el trabajo de campo para la instalación del equipo así como la erección de los materiales de campo y esto representa el trabajo directo de campo (L) y debe de variar en el rango 0.54 a 0.66 del costo total del equipo, dependiendo básicamente de la relación monetaria entre trabajo y material (L/M). El módulo norma es de 0.58, el valor de trabajo usado aquí no incluye beneficios adicionales o cargos de labor que se consideren en los costos indirectos.

Cociente L/M:

Relaciona el valor de labor directa a valor de materiales directos, esta relación L/M, que varía con cada actividad (vease datos de costo), es una medida importante de productividad y debe de variar en el rango de 0.32 a 0.40, el módulo de norma indica 0.36.

Factor de costo directo (M&L):

Relaciona el valor del equipo fob. (lab.) al costo del equipo junto con el costo de materiales de campo y el trabajo de campo necesario para instalar el equipo en un sitio de obra preparado. Esto representa el costo de instalación en campo para el circuito de proceso y podrá variar dentro del rango de 1.8 a 2.6; el módulo norma indica 2.2.

Factor de costo indirecto:

Incluye todos los elementos de costo indirecto asociados con el módulo o proyecto como se presenta en la Tabla 1, el valor total del dinero de estos elementos es particularmente sensitivo a la relación L/M, la productividad del trabajo, la supervisión de campo, el sitio de localización, la proporción de aleaciones y la magnitud de costo; el rango de variación es de 32% a 45% de costo directo, el factor del módulo norma indica 1.34.

Factor de módulo sencillo:

Incluye todos los elementos de costo directo e indirecto del módulo de proceso; y usado como un multiplicador en el costo del equipo, es una medida del dinero requerido para integrar piezas unicas o múltiples del equipo dentro de un circuito de proceso particular, este factor puede variar entre 2.38 y 3.64; el módulo norma indica 2.95.

Factor de módulo de costo total:

Representa todos los costos estimados en el módulo sencillo, más las contingencias consideradas necesarias para ajustar por partidas no listadas, o con insuficiente definición de alcance (10%-20%) y los honorarios del contratista (usualmente 3%-5%), el módulo norma indica 3.48 y esto incluye facturas del 15% de contingencias y 3% de honorarios.

III.2 MODULO DE MANEJO DE SOLIDOS

Este módulo involucra partidas de equipo mecánico pesado (vease Tabla 1). Aproximadamente 60% de las horas hombre de labor directa es consumida en el manejo y colocación de los equipos, comparado con el 10-15% en el módulo de proceso, cimentaciones y trabajo eléctrico son predominantes en materiales de campo mientras tuberías es un elemento relativamente menor.

La figura 2 es una norma de un módulo de equipo mecánico ensamblado en forma similar a los módulos de proceso.

Los factores de relación son sobre la base de acero al carbón y todos los factores son en % del total de equipos.

Los indirectos del proyecto pueden ser ensamblados, sobre la misma base tal como se hizo con el módulo de proceso químico. Usando el 10.6% del costo directo de material para ingeniería, 52% de costo directo de labor para el sobrecosto de construcción y 3% para los honorarios del contratista.

III.3 MODULO DE COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO

Una vez que los costos directos de material y labor del proyecto han sido calculados, es necesario predecir los costos indirectos para cubrir los trabajos de un contratista para la administración de un proyecto, ingeniería, procuración, supervisión de

MODULO DE EQUIPO MECANICO "NORMA"

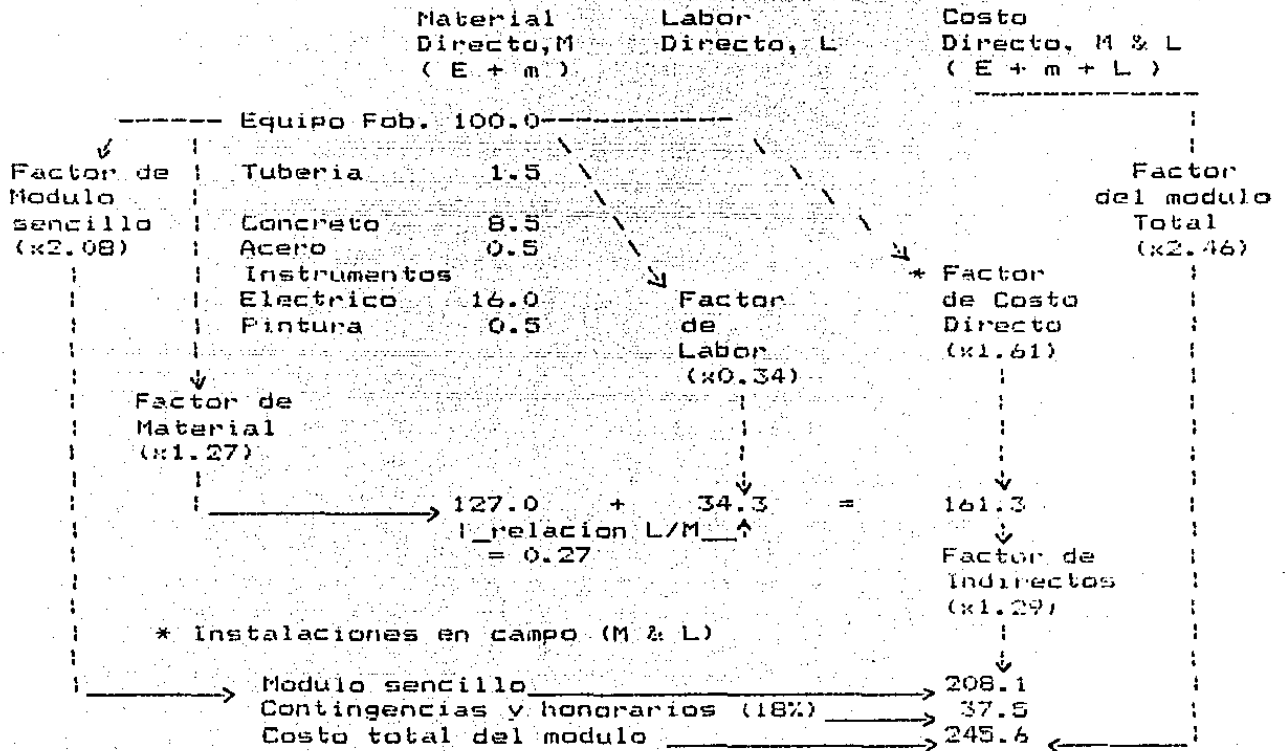


Figura 2

campo y en general gastos de sobre costo. Estos costos pueden ser relacionados con los costos de M & L directos, en las primeras fases de desarrollo del proyecto por medio de factores, pero esta cuenta es bastante sensible a la relación de aleaciones, relación Labor/Material, localización de planta (productividad de la labor, supervisión de campo, etc.) y magnitud. El factor de indirectos puede variar considerablemente con cada sitio de obra individual.

Fletes, Impuestos, Derechos:

Estos costos están en función directa de valor del material. Para trabajo conceptual use 5% del valor directo del material para fletes domésticos. Para fuera los fletes pueden llegar entre 10-12% y los derechos de importación del 10 al 15% del valor de material embarcado, dependiendo de la distancia y puerto de entrada.

Sobre Costo de Construcción:

Estos costos están propiamente relacionados con el valor de la labor de campo directa y puede variar del 60 al 80% en la labor directa de construcción en el sitio de la obra y hasta 100% fuera, donde la supervisión de campo adicional es requerida y los equipos de construcción deben de ser transportados a áreas aún con vegetación. Un valor norma de trabajo conceptual se establece en 67.4% de los costos de labor de campo y su formato de costo elemental es como el que se muestra en la figura 3 en función del valor de costos de equipos.

De la tabulación previa se puede ver que el sobrecosto de construcción puede relacionarse directamente con el valor M & L; ya que este resulta en un factor de 0.178 y de un factor de 0.133 con respecto al módulo sencillo.

Los elementos incluidos en el sobrecosto de construcción son:

Prestaciones: Fondos al sindicato, vacaciones, días festivos, enfermedades, permisos, etc.;

Gravámenes al empleo tales como: IMSS, seguros, INFONAVIT;

Supervisión de campo: Salarios, prestaciones, gravámenes, gastos de viaje y alimentación, etc. del personal de supervisión;

Servicios temporales: Cercas, caminos de acceso temporales, oficinas de construcción, instalaciones eléctricas, drenajes temporales, etc.

Equipos de construcción: Renta y manejo, además fletes de y hacia la obra.

Herramienta menor: Piezas consumibles generalmente con un valor menor de 200 dólares.

Costos misceláneos de la obra: Limpieza, veladores, reparación de equipos menores, servicios médicos, pruebas de soldadores, materiales consumibles, lodegas, seguros, etc.

MODULO DE SOBRECOSTO DE CONSTRUCCION

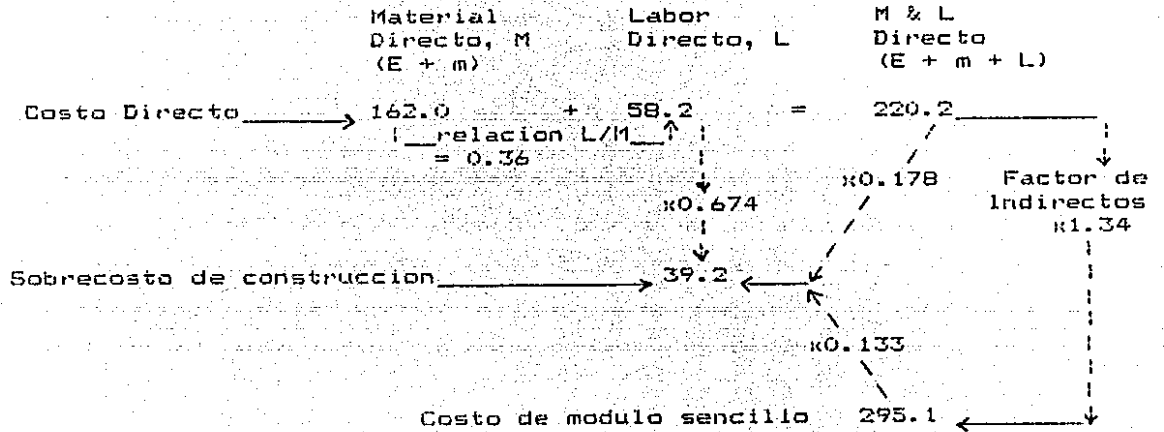


Figura 3

Es necesario efectuar correcciones para ajustar otros valores de la relación L/M y la magnitud M & L para lo cual es necesario utilizar las ecuaciones siguientes *.

$$Fco = 0.24214 + 2.381711(L/M) - 0.173715(L/M)**2 \\ - 0.450136(L/M)**3$$

$$Fmo = 1.093325 - 0.028296(M&L) + 0.001605(M&L)**2$$

* En el artículo de Guthrie aparecen dos gráficas para la determinación de Fco. y Fmo. Para el presente trabajo se tuvo la necesidad de transformar dichas gráficas a las ecuaciones mencionadas.

De donde se obtiene que el "sobrecosto total de construcción" es:

$$\text{Sobrecosto} = (M \& L)(0.178) \times (Fco) \times (Fmo) \text{ Índice}$$

III.3.1 Costo de ingeniería:

La cantidad de Horas-Hombre de ingeniería pueden variar considerablemente entre proyectos y es particularmente sensible a problemas de diseño no usuales, la complejidad del proceso, duplicidad de trabajos, requerimientos de programa y magnitud de trabajo. Estos costos están básicamente relacionados con el valor directo de los materiales y equipos diseñados. Un valor normal para trabajo conceptual es sobre el 13.6% del material directo. El formato del elemento costo es el mostrado en la figura 4.

Los costos de ingeniería están relacionados con el valor directo de M & L para un primer trabajo conceptual, utilizando el factor de costo base de 0.136 en material directo, resultando la relación de 0.10 entre el costo de ingeniería y el costo de M & L, y una relación de 0.074 con el costo del módulo sencillo.

Esto además se puede tabular como sigue:

MODULO DE COSTOS DE INGENIERIA

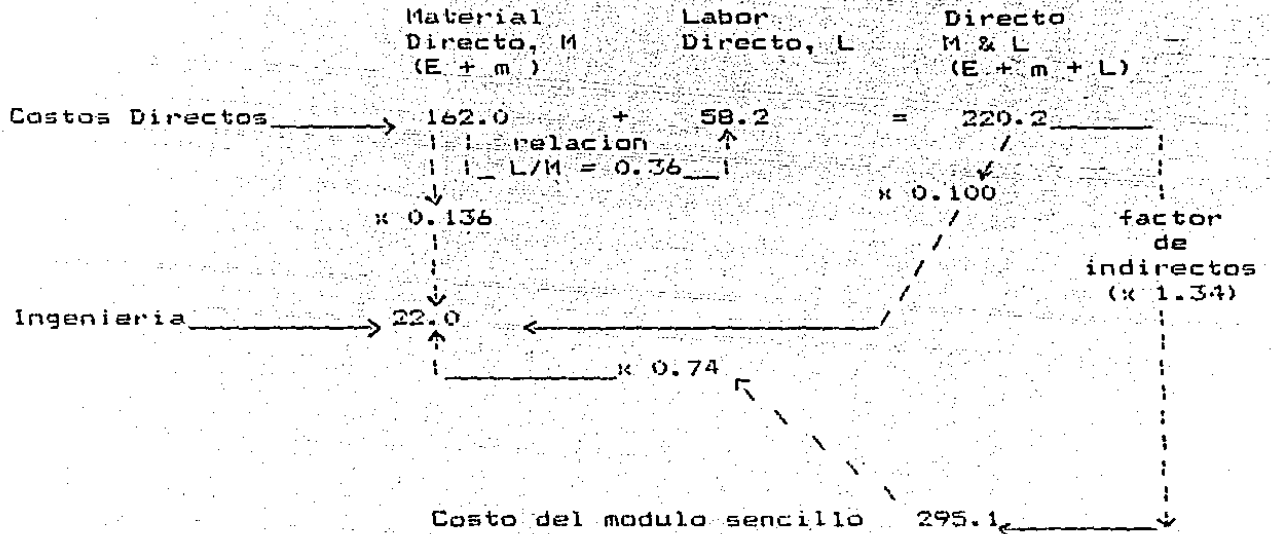


Figura 4

	Porcentaje Base	% Costo Directo de Material	% Costo Directo M & L	% Costo de Módulo Sencillo
Ingeniería de Proyectos	14.3	1.9	1.4	1.0
Ingeniería de Procesos	4.5	0.6	0.4	0.3
Diseño y Planeación	26.8	3.6	2.6	1.8
Procuración	2.7	0.4	0.3	0.2
Construcción de las Oficinas	0.8	0.2	0.1	0.2
Hano de Obra Directa de Ingeniería	49.1	6.7	4.8	3.5
Sobrecostos e Indirectos de oficina	50.9	6.9	5.2	3.9
Costo Total de Ingeniería	100.0	13.6	10.0	7.4

Se tiene que realizar una corrección a los factores, ya que son necesarios para ajustar otros valores del cociente L/M y la magnitud M & L para lo cual hay que utilizar las siguientes ecuaciones*

$$Fce = 1.793372 - 2.764137(L/M) - 1.637431(L/M)**2$$

$$Fme = 1.191092 - 0.048994(M&L) + 0.002155(M&L)**2$$

* En el artículo de Guthrie aparecen dos gráficas que se utilizan para la determinación de Fce y Fme. Debido a las características de este trabajo se tuvo la necesidad de transformar a las ecuaciones mencionadas.

Ajuste de otras características.

Se pueden realizar ajustes para proyectos con otras

características con un factor Fpt como sigue:

TIPO DE PROYECTO	FACTOR Fpt
Complejo Químico	1.4
Planta Química de Proceso	1.0
Proceso Sólido/Fluido	0.8
Manejo de Sólidos	0.6
Edificios Solamente	0.4

Costos totales de ingeniería:

De los datos anteriores, podemos calcular el costo total de ingeniería del valor (M & L) directo usando la ecuación de costo.

Costo de ingeniería = (M & L) x (0.10) (Fce) (Fme) (Fpt) x Índice

III.4 MODULO DE DESARROLLO DEL SITIO

La mayoría de los sitios de trabajo requieren una preparación del lugar, antes de efectuar los trabajos de cimentación y poder iniciar el montaje del equipo. El alcance y costo de esta preparación depende de la especificación de la cantidad de superficie a desmontar, uso de explosivos, nivelación, excavación para pilotear, etc.

Un sitio de trabajo normal supone buenas condiciones del suelo, nivelación, excavación y requisitos mínimos de piloteo en promedio. La lista de la tabla I y las unidades incluidas en la tabla IV del artículo de Guthrie [12], indican en su mayoría las actividades más probables a ser consideradas para un estimado de costo más conceptual.

Al inicio del trabajo conceptual la cantidad de datos no está siempre disponible; en este caso, se asigna una cantidad razonable de M & L apropiada para cada unidad. Este trabajo varía extensamente con cada sitio de trabajo; Los reportes de prospección deberán ser consultados tan pronto como un sitio de trabajo en particular sea seleccionado.

Los costos unitarios normales que aparecen en la tabla VI del artículo de Guthrie [12], representan los costos directos totales de materiales y de mano de obra para cada unidad. Se usa el cociente L/M para separar los valores componentes del material y mano de obra de la integración M & L si es necesario.

III.5 MODULO DE EDIFICIOS INDUSTRIALES .

Los edificios típicos de las plantas de proceso están listados en la tabla 1; los costos por unidad varían considerablemente debido a la gran variedad de formas arquitectónicas, materiales de construcción y distribución de planta. Es usual que un subcontratista local, construya estos edificios, debido a que él está familiarizado con las prácticas del área y las condiciones laborales de esta clase de trabajo.

Los datos en este módulo presentan el rango de costos unitarios de M & L, de los cuales los módulos normales de construcción pueden ser ensamblados durante la fase conceptual. Use el 30% de M & L para representar costos indirectos del subcontratista (incluyendo el sobrecosto y ganancia); de otra manera los costos indirectos del primer contratista se aplicarán a una integración M & L.

Para proporcionar alguna flexibilidad, ciertas características de especificación estandarizadas han sido establecidas:

Costo Bajo. Estructura y techos de acero ligero prefabricados, paredes de hojas de metal transitorias, piso de concreto, mobiliario y acondicionamiento mínimos.

Costo Promedio. Estructura y vigas prefabricadas de acero medio, paredes de concreto o ladrillo bueno, piso y techo de concreto, mobiliario y acondicionamientos internos promedio.

Costo Alto. Estructura diseñada según las necesidades en acero pesado, paredes gruesas, fachada de mosaico sobre paredes de bloque de concreto, piso y techo de concreto, terminados y acondicionamiento interior caros.

III.5.1 Costo base del armazón.

Los siguientes datos representan costos unitarios promedios dentro de ciertos rangos, aunque no confinados a ellos, las especificaciones siguientes son para construcciones de armazones industriales de un solo piso. Se incluyen los cimientos y las cadenas en el piso de concreto:

	Altura base, ft.	Costo del Armazón M & L *		
		Bajo	Promedio	Alto
Oficinas Administrativas	10	4.26	6.88	9.51
Cafeterías	12	2.21	5.85	8.48
Casa de Compresores (con puente de grúa)	20	3.02	4.73	5.56
Casa de control (equipos)	10	3.55	5.85	9.56
Taller mecánico	15	1.82	2.89	4.43
Taller de Mantenimiento	20	2.49	4.09	4.93
Laboratorios y Enfermería	10	5.32	7.67	10.15
Edificios de Procesos	20	2.58	4.09	7.34
Almacenes	20	2.29	3.57	4.83

* Se incluyen: cimientos, placas de concreto en el piso, estructura, paredes exteriores, particiones interiores acabado y pintura. No incluye indirectos o piloteo.

III.5.2 Factores de ajuste.

Use los siguientes factores para ajustar el costo base del armazón industrial:

Numero de pisos (Múltiplos de la altura base)	F _n
1	1.0
2	1.4
3	1.9
4	2.5

Cimentaciones	F _f *
Pisos de concreto, cimientos amplios profundidad mínima (norma)	0.00
Fiso de concreto, cadenas de 3 mts. de profundidad	0.10
Piso de concreto, estructura de soporte sobre pilotes (no se incluyen pilotes)	0.15
Fiso de concreto y estructura sobre pilotes	0.35

Estructura del techo	F _{ra} *
Techo plano (norma)	0.00
Armazón de acero	0.10
Techo plano y monitor	0.15
Techo diente de sierra	0.30

* Si estos factores son utilizados individualmente, adicione 1.00 a estos valores.

III.5.3 Servicios para edificio industrial.

Adicione dinero por servicios y equipos como se indica en los siguientes datos:

Servicios del edificio, Fs	Rango de costos, \$/ft2. Area de piso efectiva		
	Bajo	Promedio	Alto
Aire acondicionado	3.75	5.30	7.00
Iluminación y electricidad: edificios de proceso, cafeterías	1.50	1.75	2.00
oficinas, laboratorios, consultorios, cuartos de control, casa de compresores bodegas, taller de manteni- miento	2.25	2.50	2.75
Calefacción y ventilación	0.70	0.90	1.10
Plomería (general)	1.00	1.50	2.00
Equipo de prevención de fuego (incluye alarmas extinguidores y sistemas de rociadores)	1.21	1.70	2.18
	0.90	1.10	1.30

Mobiliario y equipo, Fe	Rango de costo, \$/ft2. Area efectiva de piso		
	Bajo	Promedio	Alto
Equipo de Laboratorio	8.00	16.00	25.00
Equipo de oficina	3.00	5.00	7.00
Equipo de taller	4.00	6.00	8.00
Equipo de cafetería	3.50	4.50	5.50

Los datos en esta sección generan los costos directos totales M & L; la integración con otros módulos en este nivel requiere una descomposición de material y mano de obra. Esto se hace usando los cocientes L/M:

	Bajo	Promedio	Alto
Cociente L/M	0.45	0.34	0.32

Costos Indirectos de Edificios

Si los costos del módulo completo son requeridos para edificios subcontratados, use un factor de indirectos de 1.30 en los valores directos de M & L; de otra manera asuma el factor de indirectos del proyecto para operaciones del principal contratista. En cada caso, integrese en el nivel del módulo sencillo.

Costos Totales de Edificios

Los datos anteriores pueden ser ensamblados dentro de una variedad de módulos de edificios, usando la ecuación de costo:

$$\text{Costo de Edificios} = [(\text{Armazón base}) (F_n + F_f + F_{ro}) + (F_s + F_e)] \times [\text{Costos indirectos}]$$

$$(F_n + F_f + F_{ro}) + (F_s + F_e) : \text{Costo Directo M \& L}$$

Use 1.30 para costos indirectos si se anticipa construcción por un subcontratista.

III.5.4 Estructuras de Plantas Químicas.

Son necesarias estructuras de acero en la mayoría de las plantas químicas para soportar equipo elevado y para proporcionar el acceso para operación y mantenimiento. El costo de estas estructuras varía considerablemente, de acuerdo con la distribución de plata, magnitud de carga, consideraciones del proceso, etc. Durante el inicio del trabajo conceptual, los requerimientos de las elevaciones pueden usualmente ser determinados de un análisis rápido o del conocimiento de las características del proceso. Si esto no está disponible, use de 5-10% del costo total del equipo nominal (costo base acero al carbón).

Conforme el proyecto se desarrolla, el diseño del arreglo de planta puede ser hecho para indicar las alturas y las áreas de la planta. En esta etapa, use los siguientes datos para evaluar estas estructuras dentro de tres grupos de especificación mayor:

Ligera. No mayor que 16 mts. (50 ft.) de altura, principalmente áreas de plataforma y acceso, soportes para equipo menor y escaleras, construcción abierta.

Media. Estructuras hasta 66 mts. (200 ft.) de alto, diseñadas para soportar equipo elevado promedio, áreas de plataformas y escaleras, construcción abierta para la mayoría de las estructuras.

Pesada. Estructuras hasta 100 mts. (300 ft.), diseñada para soportar equipo pesado, gruas o estructuras para carga de catalizador, algunas

construcciones cubiertas (hojas de metal con carga potencial del viento), estructuras para elevador de carga. (No incluye el elevador).

Factores de Costo para Estructuras de Acero

Altura, Ft.	Factores de Instalación en Campo		
	Fs, \$/Ft ³		
	Ligero	Medio	Pesado
Mayores de 10	0.05	0.20	0.40
10 a 20	0.10	0.29	0.52
20 a 30	0.15	0.35	0.62
30 a 40	0.18	0.40	0.70
40 a 50	0.20	0.44	0.76
50 a 60		0.48	0.80
60 a 70		0.52	0.86
70 a 80		0.54	0.90
80 a 90		0.58	0.93
90 a 100		0.60	0.95
100 a 200		0.80	1.42
200 a 300			1.60

Costo de la Estructura de Acero = ((Area x Altura) x Fs) x Índice

Instalaciones: Las instalaciones de campo (M & L) incluidas en Fs:

Factor de Indirectos ("norma") = 1.34; Cociente L/M = 0.60

Incluidos: Estructura de acero, soportes del equipo, placa de rejilla, escaleras, pasamanos, zapatas de concreto (no pilotes o subestructuras de concreto), pintura de taller, mano de obra en campo, costos indirectos no se incluyen. Tampoco se incluyen: Apoyos en el lugar para tubería, escaleras y plataformas para torres. El uso de los datos generara el costo promedio de instalación en campo (M & L), para estructuras de acero dentro de las especificaciones ya dadas, integrado en el nivel de costo directo (M & L) o agregando 27% por los

costos indirectos del subcontratista para obtener el costo del módulo sencillo.

III.6 MODULO DE SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares son aquellos recursos de equipo mayor y sistemas de apoyo generalmente localizados fuera de los límites de batería del proceso. Estos recursos se listan en la tabla 1 y en la lista de comprobación en la tabla VII del artículo de tubería [12]. Los elementos mayores tales como generadores de vapor, generadores de electricidad, torres de enfriamiento, tanques de depósito, etc., se presentan como costos bases de subcontratista en diagramas costo/capacidad, junto con los módulos de instalación del contratista principal. El uso de estos datos creará costos directos de material y mano de obra que pueden ser integrados en el nivel M & L.

Los costos promedio del sistema (incluyendo tubería de servicios auxiliares, instalación eléctrica, instrumentación y manejo de materiales) pueden ser obtenidos de los rangos de los costos unitarios de la tabla VII [12]. Esto está disponible para estimaciones conceptuales normales hasta que los datos más precisos estén disponibles para un proyecto en particular. Use los cocientes L/M para obtener los componentes directos de material y mano de obra para la integración M & L.

La utilización del estimado por este método se muestra en la

figura 1. Cabe hacer notar que los factores por módulos, varían de acuerdo con el tipo de proceso.

Este tipo de estimado generalmente se utiliza para determinar el valor del costo de inversión en una planta con fines de factibilidad del proceso, o bien para encontrar a través de un estudio económico, cuál o cuáles procesos son mas viables a partir de diversas alternativas que se presenten.

CAPITULO III

CORRELACIONES UTILIZADAS PARA LA ESTIMACION DEL COSTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES QUE INTEGRAN LA PLANTA DE PROCESO.

I. OBJETIVO:

Este capítulo tiene como objetivo presentar las diferentes correlaciones que han sido utilizadas, para la determinación de los costos de los equipos principales que integran una planta de proceso, permitiendonos integrar el módulo de costo del equipo principal, y de esta forma poder utilizar el método modular de Guthrie [12] para determinar el costo de la planta. Las correlaciones aquí utilizadas en su mayoría han sido desarrolladas para el proyecto ASPEN [4] y las otras que se presentan han sido determinadas de gráficas que han sido publicadas en la literatura especializada, las cuales se indicarán mas adelante en la descripción correspondiente de cada una de ellas en este capítulo.

II. DESARROLLO

Para poder establecer las correlaciones que se requieren para estimar el costo de los diversos equipos de proceso, y que además cumplan con la condición que establece el estimado de orden de magnitud, es decir que el rango del error que nos proporcionen estas correlaciones sea del $\pm 30\%$ en la determinación del costo, se optó por la siguiente metodología.

Determinación de los equipos principales.

Dependiendo de la complejidad de la planta, se puede considerar que existe un cierto tipo de equipo necesario para cualquier tipo de proceso. Es por esto que la búsqueda principal fue la de encontrar ecuaciones que permitieran tener, una relación directa entre el costo del equipo y algún parámetro o dimensión crítica de dicho equipo, tal como: presión, peso, tipo de material, etc., encontrándose correlaciones para los siguientes equipos:

Intercambiadores de calor.

Columnas de destilación.

Columnas de absorción.

Recipientes a presión.

Tanques de almacenamiento.

Bombas centrífugas.

* Compresores centrífugos y reciprocantes.

* Reactores.

* Tanques de mezclado.

* Correlaciones determinadas de gráficas

estas correlaciones estan reportadas para dos sistemas de unidades (exkeptuando las que fueron determinadas); el Sistema Internacional y el Sistema Ingles. Debido a las características de los proyectos que se realizán en las práctica, el sistema que se utilizó es el Sistema Ingles.

III. CORRELACIONES UTILIZADAS.

Las correlaciones utilizadas, calculan el costo del equipo en dolares, basadas en datos de costo de 1979; por lo que es necesario escalar estos costos para 1988, utilizando el índice de costos del Chemical Engineering, para fabricación de equipo.

III.1 a. Correlación para estimar el costo de Intercambiadores de Calor.

La ecuación base para el costo de intercambiadores de calor es:

[7]:

$$C_e = C_b * F_d * F_p * F_m \quad (1)$$

siendo:

C_e = costo estimado del intercambiador de calor

C_b = costo base

Fd = factor de costo por tipo de intercambiador

Fp = factor de costo por presión de diseño

Fm = factor de costo por material de construcción

El costo base (Cb) se determina para un intercambiador de acero al carbón, cabeza flotante y para una presión de 100 psig., mediante la siguiente correlación. Usando como parámetro base el área en pies cuadrados.

$$Cb = \exp[0.551 - 0.30863(\ln A) + 0.06811(\ln A)**2] \quad (2)$$

donde:

A = área, ft²

con los siguientes límites: 150 ft² < A < 12,000 ft²

El factor de costo por tipo de intercambiador (Fd) está dado para tres tipos de intercambiadores, mediante las siguientes correlaciones:

Fd = exp[-1.1156 + 0.0906(ln A)] cabeza fija

Fd = 1.35 caldera reboiler

Fd = exp[-0.9816 + 0.0830(ln A)] tubos en U

El factor de costo por presión de diseño (Fp), está considerado por las siguientes ecuaciones para los rangos de operación siguientes:

de 100 a 300 psig. $F_p = 0.7771 + 0.04981(\ln A)$

de 300 a 600 psig. $F_p = 1.0305 + 0.07140(\ln A)$

de 600 a 900 psig. $F_p = 1.1400 + 0.12088(\ln A)$

Para el factor de costo por material de construcción (F_m), se tiene la siguiente correlación:

$$F_m = g_1 + g_2(\ln A) \quad (3)$$

siendo g_1 y g_2 constantes, cuyos valores vienen reportados para nueve materiales en la siguiente tabla.

FACTORES DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCION PARA
INTERCAMBIADORES DE CALOR

		$F_m = g_1 + g_2(\ln A)$	
Material		g_1	g_2
Acero inoxidable	316	0.8608	0.23296
Acero inoxidable	304	0.8193	0.15984
Acero inoxidable	347	0.6116	0.22186
Nickel	200	1.5092	0.60859
Monel	400	1.2989	0.43377
Inconel	600	1.2040	0.50764
Incoloy	825	1.1854	0.49706
Titanio		1.5420	0.42913
Hastelloy		0.1549	1.51774

Estando el área A, en pies

III.1 b. Correlación para determinar el costo de Intercambiadores especiales.

Se consideran aquí dos de los intercambiadores de calor especiales mas comunes que son: El de placa y cuadro y el de placa-espiral [17].

El costo del intercambiador se determina mediante la siguiente correlación.

$$C = k(A^n) \quad (4)$$

Donde:

C = costo del intercambiador,

A = área de la superficie del intercambiador, ft²

k = coeficiente

n = coeficiente.

tanto K como n se determinan de la siguiente tabla:

TABLA DE COEFICIENTES PARA LA ESTIMACION DE COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR ESPECIALES:

Tipo de Intercambiador	Materiales de Construcción	Rango Aplicable ft ²	Coeficientes	
			k	n
Placa y tubo	todos los tipos de aceros inoxidables, 304	400-9,000	235	0.665
Placa y cuadro	Cuadro: Acero al carbón; Placa: Aceros inoxidables, 304	100-5,000	100	0.778
Placa en espiral	Todos los tipos de aceros inoxidables, 304	100-1,500	660	0.590

III.2 Correlación para estimar el costo de Tanques de Almacenamiento.

El costo de tanques de almacenamiento se determina mediante la siguiente ecuación [7].

$$t = C_b F_m \quad (5)$$

Donde:

C_t = costo estimado del tanque

C_b = costo base

F_m = factor de costo por material de construcción

El costo base (C_b), está considerado para un tanque de acero al carbón y para dos condiciones del lugar de fabricación, ya sea, para ser fabricado en taller o levantado en campo, para lo cual se tienen las siguientes ecuaciones:

a).- Ecuación para tanques fabricados en taller.

$$C_b = \exp[2.331 + 1.3673(\ln V) - 0.063088(\ln V)**2] \quad (6)$$

siendo:

V = volumen en galones

con los siguientes límites: 1,300 gal < V < 21,000 gal.

b).- Ecuación para tanques levantados en campo.

$$C_b = \exp[11.362 - 0.6104(\ln V) + 0.045355(\ln V)**2] \quad (7)$$

teniendo V los siguientes límites: 21,000 gal < V < 11,000,000 gal.

El factor de costo por material de construcción (Fm) para tanques de almacenamiento, viene dado para catorce materiales en la siguiente tabla.

FACTORES DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCION PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Material de construcción	Factor de Costo, Fm
Acero Inoxidable 316	2.7
Acero Inoxidable 304	2.4
Acero Inoxidable 347	3.0
Niquel	3.5
Monel	3.3
Inconel	3.8
Zirconio	11.0
Titanio	11.0
Ladrillo y Caucho o acero forrado de ladrillo y poliester	2.75
Caucho o acero forrado de plomo	1.9
Poliester, fibras de vidrio reforzadas	0.32
Aluminio	2.7
Cobre	2.3
Concreto	0.55

III.3 Correlación para estimar el costo de Columnas de Destilación.

Para determinar el costo de una torre de destilación de platos (Ct), se tiene la siguiente ecuación [21].

$$Ct = Cs + Nt * Cbt * Ftm * Ftt * Fnt + Cpl \quad (8)$$

siendo:

Ct = costo total de la torre (incluyendo platos o empacado, faldón, orificios y registros).

Cs = costo de la coraza (incluyendo faldón, orificios y registros).

Nt = número de platos.

Cbt = costo base de platos tipo válvula en acero al carbón.

Ftm = factor de costo por material de construcción de los platos.

Ftt = factor de costo por tipo de platos

Fnt = factor de costo por número de platos

Cpl = costo de plataformas y escaleras

El costo de la coraza (Cs) esta dado por la ecuación siguiente:

$$Cs = FmCb \quad (9)$$

donde:

Fm = factor de costo por material de construcción.

Cb = costo base de la envolvente en acero al carbon.

los valores del factor (Fm), estan considerados en la siguiente tabla.

FACTORES CONSTANTES POR MATERIAL DE CONSTRUCCION.

Material	Factor de costo, Fm
Acero Inoxidable 304	1.7
Acero Inoxidable 316	2.1
Carpenter 20CB-3	3.2
Niquel - 200	5.4
Monel - 400	3.6
Inconel - 600	3.9
Incoloy - 625	3.7
Titanio	7.7
Acero al carbon	1.0

El costo de la envolvente en acero al carbon (Cb), se calcula mediante la correlacion siguiente.

$$Cb = \exp[6.823 + 0.14178(\ln Ws) + 0.02468(\ln Ws)^{**2}]$$

$$+ 0.01580(Lt/Di) \ln(Tb/Tp)] \quad (10)$$

donde:

W_s = peso de la envolvente en acero al carbón,
en libras. con los siguientes límites:

$$9,020 \text{ lb.} < W_s < 2,470,000 \text{ lb.}$$

L_t = longitud tangente a tangente.

D_i = diámetro interior.

T_b = espesor en el fondo de la torre.

T_p = espesor en el domo para soportar la
presión de diseño.

El costo para plataformas y escaleras (C_{p1}), se determina considerando la siguiente ecuación:

$$C_{p1} = 151.81(D_i^{*0.63316})(L_t^{*0.80161}) \quad (11)$$

donde:

D_i = diámetro interior, en pies (ft).

con los límites: $3 \text{ ft} < D_i < 24 \text{ ft}$

L_t = longitud tangente a tangente, en pies (ft)

con los límites: $57.5 \text{ ft} < L_t < 170 \text{ ft}$

El costo de platos (C_{bt}), se determina considerando: platos de válvula de acero al carbón y el diámetro de los platos, D en pies.

$$Cbt = 278.380 \exp(0.1739 D)$$

(12)

con los límites: $2 \text{ ft} < D < 16 \text{ ft}$

El factor de costo de material de construcción de los platos (F_{tm}), se determina para cuatro materiales, utilizando las siguientes correlaciones.

$$\begin{aligned} F_{tm} &= 1.189 + 0.0577 D && \text{para acero inoxidable 304} \\ F_{tm} &= 1.401 + 0.0724 D && \text{para acero inoxidable 316} \\ F_{tm} &= 1.525 + 0.0788 D && \text{para carpenter 20CB-3} \\ F_{tm} &= 2.306 + 0.1120 D && \text{para monel} \end{aligned}$$

El factor de costo por tipo de platos (F_{tt}), se determina de la siguiente tabla

FACTOR DE COSTO POR TIPO DE PLATO

Tipo de plato	Factor (F_{tt})
Válvula	1.00
Ranura	0.80
Cachuchas	1.59
Perforaciones con bañantes	0.83

Para determinar el factor de costo por número de platos (F_{nt}), se tiene la siguiente correlación siempre y cuando la torre este constituida por un número de platos menor de 20:

$$F_{nt} = 2.25 / (1.0414)^{**Nt}$$

(13)

donde: N_t = número de platos.

III.4 Correlación para estimar el costo de Columnas de Absorción.

El costo total estimado esta dado por la correlación siguiente, tomando en consideración el volumen requerido del empacado y su costo por unidad de volumen [21].

$$C_t = C_{bFm} + [(3.14159 D_i^{**2})/4] H_p C_p + C_{p1} \quad (14)$$

siendo los coeficientes los mismos que se han utilizado para torres de platos, excepto el termino H_p , que es la altura del empacado y C_p el costo por tipo de empaque por unidad de volumen. Los valores de C_p vienen reportados en la siguiente tabla

COSTO DEL EMPACADO DE LA TORRE POR UNIDAD DE VOLUMEN

Tipo de empacado	$\$/ft^3$
Anillos Rasching de cerámica, 1 plg.	14.5
Anillos Rasching de metal, 1 plg.	23.9
Silletas Intalox, 1 plg.	14.5
Anillos Pall de metal, 1 plg.	23.9
Anillos Rasching de cerámica, 2 plg.	10.1
Anillos Rasching de metal, 2plg.	17.0
Silletas intalox, 2 plg.	10.1
Anillos Pall de metal, 2 plg.	17.0

III.5 Correlación para estimar el costo de Columnas de Destilación de dos diámetros.

El costo de torres que tienen dos diámetros puede ser estimado mediante la siguiente correlación [21].

$$C_b = (L_{t1} \cdot C_{b1} + L_{t2} \cdot C_{b2}) / (L_{t1} + L_{t2}) \quad (15)$$

$$C_{p1} = (L_{t1} \cdot C_{p11} + L_{t2} \cdot C_{p12}) / (L_{t1} + L_{t2}) \quad (16)$$

donde, C_{b1} y C_{p11} son los costo base para la envolvente y para las plataformas y escaleras, respectivamente, calculadas para una torre de diámetro D_1 y de la misma longitud total que la torre de dos diámetros. El suscrito 2 se aplica similarmente para una torre de diámetro D_2 .

El costo de los platos o del empacado se calcula separadamente para cada una de las dos secciones y se suman.

III.6 Correlación para estimar el costo de Recipiente a Presión.

Para estimar el costo total de un recipiente a presión, C_t , de un material de construcción diferente del acero al carbón, se utiliza la siguiente ecuación [22].

$$C_t = F_m C_b + C_a \quad (17)$$

donde:

Ct = costo total del recipiente, incluyendo plataformas, escaleras, soportes, etc.

Fm = factor de costo por material de construcción.

Cb = costo base del recipiente en acero al carbón.

Ca = costo de plataformas y escaleras.

El factor Fm esta reportado en la tabla siguiente para ocho materiales.

FACTORES CONSTANTES PARA MATERIALES DE CONSTRUCCION.

MATERIAL	FACTOR DE COSTO, Fm
Acero Inoxidable 304	1.7
Acero Inoxidable 316	2.1
Carpenter 20CB-3	3.2
Niquel - 200	5.4
Monel - 400	3.6
Inconel - 600	3.9
Incoloy - 825	3.7
Titanio	7.7

El costo base esta considerado para dos tipos de recipientes a presi3n. Recipientes horizontales y recipientes verticales.

a).- Para los recipientes horizontales se considera el peso de la envolvente, Ws en libras. Donde el costo base esta dado por la siguiente correlacion:

$$Cb = \exp[8.27] - 0.233(\ln Ws) + 0.04333(\ln Ws)**21 \quad (18)$$

con los limites siguientes: 813 lbs. < Ws < 914,000 lbs.

Para este mismo tipo de recipientes, C_a considera el diámetro interior, D_i en pies.

$$C_a = 1012.2 D_i^{**0.20294} \quad (19)$$

donde D_i debe estar dentro de los límites siguientes:

$$3 \text{ ft.} < D_i < 12 \text{ ft.}$$

b).- Para recipientes verticales, C_b está dado por:

$$C_b = \exp[8.8 - 0.28885(\ln W_s) - 0.04576(\ln W_s)^{**2}] \quad (20)$$

donde:

W_s = peso de la envolvente en libras.

con los siguientes límites: 4,870 lbs. < W_s < 226,000 lbs.

Para estimar el costo de plataformas y escaleras, C_a , se considera el diámetro interior, D_i en pies y a la longitud tangente a tangente (T_l en pies). Siendo C_a , determinado mediante la siguiente correlación:

$$C_a = 182.5(D_i^{**0.7396})(T_l^{**0.70284}) \quad (21)$$

donde :

D_i , tiene los límites siguientes: 6 ft. < D_i < 10 ft.

T_l , tiene los límites siguientes: 12 ft. < T_l < 20 ft.

En el caso de no conocer el peso de la envolvente, W_s , este se tiene que calcular utilizando la siguiente correlación.

$$W_s = 3.14159 D_i (T_l + 0.8116 D_i) (T_s) (R_o) \quad (22)$$

siendo:

T_s = espesor de la pared calculado

R_o = densidad del material

El espesor de la pared calculado (T_s), se determina tomando en consideración el tipo de recipiente de que se trata.

a).- Para recipientes horizontales, T_s esta dada por :

$$T_s = T_p + T_c \quad (23)$$

siendo T_p , el espesor de la pared para resistir la presión interna: Si la presión de diseño es positiva, T_p se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_p = P_g R / (S E - 0.6 P_g) \quad (24)$$

siendo:

S = máximo esfuerzo permisible (propiedad específica de cada material de construcción.

E = eficiencia de juntas

P_g = presión de diseño

R = radio interno del recipiente.

si la presión a que se encuentra sometido el recipiente es a vacío, la fórmula a utilizar es:

$$t_p = t_e + (t_e)e \quad (25)$$

donde:

t_e = espesor de la pared para soportar la presión externa.

$(t_e)e$ = corrección adicional al espesor de la pared.

$$(t_e)e = 11(0.18058 D_i - 2.167)(10^{*-5}) - 0.19 \quad (26)$$

b).- Para recipientes verticales, el espesor de la pared, t_s , se determina mediante la siguiente ecuación:

$$t_s = 1/2(t_p + t_b) + t_c \quad (27)$$

donde t_p se determina de la misma forma que para recipientes horizontales. t_b es el espesor en el fondo de un recipiente vertical, calculando su valor mediante la siguiente ecuación.

$$t_b = 1w + t_g \quad (28)$$

donde:

T_w = espesor para soportar la carga del viento

T_g = espesor para soportar la presión interna en las costuras circulares

En el sistema ingles T_w se determina por la correlación siguiente:

$$T_w = 0.22(D_o + 18)(T_1^{**2}) / (SD_o^{**2}) \quad (29)$$

y T_g por:

$$T_g = P_g R / (2SE + 0.4P_g) \quad (30)$$

III.7 Correlación para estimar el costo de Bombas Centrifugas y el costo del Motor Eléctrico.

El costo de una bomba, C_p , se determina mediante la siguiente correlación [8]:

$$C_p = C_b F_t F_m \quad (31)$$

siendo:

C_b = costo base

F_t = factor de costo por tipo de diseño

F_m = factor por material de construcción

El costo base, C_b , se considera para una bomba centrifuga de una etapa, 3,550 rpm, carcaza verticalmente dividida (VSC) de hierro fundido; se determina mediante la siguiente relacion.

$$C_b = \exp[18.3949 - 0.6019(\ln S) + 0.0519(\ln S)**2] \quad (32)$$

donde S esta dada por:

$$S = Q/H$$

Q = capacidad de diseño, gpm

H = cabeza requerida, ft-lb/lb

El factor de costo por tipo de diseño, F_t , se determina mediante la siguiente correlación:

$$F_t = \exp[b_1 + b_2(\ln S) + b_3(\ln S)**2] \quad (33)$$

donde b_1 , b_2 y b_3 son coeficientes que varian para cada tipo de bomba, estando estos reportados en la tabla siguiente:

Tipo	b_1	b_2	b_3
Una etapa, 1,750 rpm, VSC	5.1029	-1.2217	0.0771
Una etapa, 3,550 rpm, HSC	0.0632	0.2744	-0.0253
Una etapa, 1,750 rpm, HSC	2.0290	-0.2371	0.0102
Dos etapas, 3,550 rpm, HSC	3.7321	-2.8304	0.1542
Multietapas, 3,550 rpm, HSC	9.8649	-1.6164	0.0834

VSC = Carcaza Verticalmente dividida

HSC = Carcaza Horizontalmente dividida

El factor de costo por material, Fm, esta reportado para doce materiales en la siguiente tabla:

FACTORES DE COSTO POR MATERIALES DE CONSTRUCCION

Material	Factor de Costo, Fm
Acero fundido	1.35
Conexiones 304 o 316	1.15
Acero Inoxidable 304 O 316	2.00
Aleación de fundición de Gould No. 20	2.00
Niquel	3.50
Monel	3.30
ISO B	4.95
ISO C	4.80
Titanio	9.70
Hastelloy C	2.95
Hierro Ductil	1.15
Bronce	1.90

El costo base es para una bomba de hierro fundido, de una etapa, 3,550 rpm., carcasa verticalmente dividida, el factor por tipo de diseño, Ft = 1.0 y el factor por material de construcción, Fm = 1.0.

El programa ASPEN proporciona la estimación para seis diferentes tipos de bombas centrifugas: una, dos y multietapas, de 1,750 y 3,550 rpm, de carcasa horizontal (HSC) y verticalmente (VSC) dividida. Los límites de capacidad, cabeza desarrollada y potencia para cada tipo de bomba estan listadas en la tabla siguiente.

LIMITES DE FLUJO, CABEZA Y POTENCIA PARA BOMBAS CENTRIFUGAS

	Rango del Flujo, gpm.	Rango de la Cabeza, ft-lb/1b	Lim. sup. Potencia del Motor, Hp.
Una etapa, 3550 rpm, VSC	50-900	50-400	75.
Una etapa, 1750 rpm, VSC	50-3500	50-200	200.
Una etapa, 3550 rpm, HSC	100-1500	100-450	150.
Una etapa, 1750 rpm, HSC	250-5000	50-500	250.
Dos etapas, 3550 rpm, HSC	50-1100	300-1100	250.
Multietapa, 3550 rpm, HSC	100-1500	650-3200	1450.

Para determinar el costo del motor eléctrico, Cm, es necesario determinar la potencia al freno. La cual se calcula mediante la siguiente formula, en el sistema ingles:

$$F_b = \frac{R_o Q H}{(33,000 e_p)} \quad (34)$$

donde:

F_b = potencia al freno, en Hp

R_o = densidad del fluido, lb/gal

Q = flujo en gpm.

H = cabeza desarrollada, ft-lb/lb

e_p = eficiencia de la bomba, %

La eficiencia de la bomba se determina mediante la siguiente ecuación, determinada por Monsanto Co's para el simulador FLOWTRAN.

$$e_p = -0.316 + 0.24015(\ln Q) - 0.01139(\ln Q)**2 \quad (35)$$

donde:

Q = flujo, en gpm.

con los siguientes límites: $19 \text{ gpm} < Q < 5,000 \text{ gpm}$.

La correlación a utilizar esta dada para tres tipos de motores y para tres velocidades: 3,600, 1,800 y 1,200 rpm.

$$C_m = \exp[a_1 + a_2(\ln P) + a_3(\ln P)^2] \quad (36)$$

donde P es el tamaño nominal en Hp.

los valores de las constantes a_1 , a_2 y a_3 están reportadas en la siguiente tabla:

CONSTANTES PARA CORRELACION DE COSTO DE MOTORES ELECTRICOS

El costo es para un motor de voltaje estándar y 60 Hz con aislamiento.

$$C_m = \exp [a_1 + a_2(\ln P) + a_3(\ln P)^2]$$

P = dimensión nominal en Hp.

	Coeficientes.			Rango de Hp.
	a1	a2	a3	
Abierto a prueba de goteo:				
3600 rpm	4.8314	0.09666	0.10960	1-7.5
	4.1514	0.53470	0.05252	7.5-250
	4.2432	1.03251	-0.03595	250-700
1800 rpm	4.7075	-0.01511	0.22888	1-7.5
	4.5212	0.47242	0.04820	7.5-250
	7.4044	-0.06464	0.05448	250-600
1200 rpm	4.9298	0.30118	0.12630	1-7.5
	5.0999	0.35861	0.06052	7.5-250
	4.6163	0.88531	-0.02188	250-500
Totalmente cerrado enfriado por ventilador:				
3600 rpm	5.1058	0.03316	0.15174	1-7.5
	3.8544	0.83311	0.02399	7.5-250
	5.3152	1.08470	-0.05695	250-400
1800 rpm	4.9687	-0.00930	0.22616	1-7.5
	4.5347	0.57065	0.04601	7.5-250
1200 rpm	5.1532	0.28931	1.14357	1-7.5
	5.3658	0.31004	0.07406	7.5-350
A prueba de explosión:				
3600 rpm	5.3934	-0.00333	0.15475	1-7.5
	4.4442	0.60820	0.05202	7.5-200
1800 rpm	5.2851	0.00048	0.19949	1-7.5
	4.8178	0.51086	0.05292	7.5-250
1200 rpm	5.4166	0.31216	0.10573	1-7.5
	5.5655	0.31284	0.07212	7.5-200

La potencia consumida esta dada por la ecuacion siguiente:

$$P_c = P_b / \eta_m$$

(37)

donde:

P_c = potencia consumida.

P_b = potencia al freno. $1 \text{ Hp} < P_b < 500 \text{ Hp}$

em = eficiencia del motor.

La eficiencia del motor se calcula mediante la ecuación:

$$em = 0.80 + 0.0319(\ln P_b) - 0.00182(\ln P_b)**2 \quad (38)$$

Costo del acoplamiento del motor.

El costo de una bomba incluye el costo del acoplamiento del motor, sin embargo en otro tipo de equipo, normalmente no se incluye. Las correlaciones de costo para tres tipos de acoplamiento se dan en la tabla V: transmisión por banda, transmisión por cadena y transmisión de velocidad variable. El costo se correlaciona contra la potencia nominal del motor en Hp. Este es el mismo parámetro usado para correlacionar los costos de motores eléctricos.

Correlaciones para estimar los costos de las transmisiones.

Costo de transmisión por banda:

$$C_b = \exp[3.689 + 0.8917(\ln P)] \quad (39)$$

Costo de transmisión por cadena:

$$C_c = \exp[5.329 + 0.5048(\ln P)] \quad (40)$$

Costo de transmisión de velocidad variable:

$$C_c = 1/[1.562E-4 + (7.877E-4)/P] \quad (41)$$

donde:

C_c = costo del acoplamiento del motor de acuerdo al tipo de transmisión.

III.9 Correlación para estimar el costo de Compresores Centrifugos y Reciprocantes.

a).- Compresores Centrifugos

El costo de un compresor centrifugo se puede estimar mediante la correlación determinada de la figura 16 del articulo de Fikulik y Diaz [2].

$$C_{cc} = \exp[11.938573 - 0.761649(\ln P_b) + 0.104648(\ln P_b)^2] \quad (42)$$

siendo:

P_b = potencia al freno, hp

con los limites siguientes: 300 Hp < P_b < 5,500 Hp

b).- Compresor reciprocante.

El costo para compresores reciprocantes se estima mediante la

correlación determinada de la figura 16 del artículo de Pikulik y Diaz [26].

$$C_{cr} = F \cdot \exp[0.691685 \cdot (\ln P_b)] \quad (43)$$

siendo F determinada por:

$$F = \exp[3.069038 + 1.050558(\ln P) - 0.057806(\ln P)^2]$$

donde:

P_b = potencia al freno, Hp

$$300 \text{ Hp} < P_b < 13,000 \text{ Hp}$$

P = presión, en psi.

$$100 \text{ psi} < P < 6,000 \text{ psi}$$

III.9 Correlación para determinar el costo de Reactores.

Estas correlaciones fueron determinadas de las curvas que aparecen en el artículo de Hall R. S., et. al. [14]. Para reactores de acero inoxidable, presión de operación de 75 psi y 350 grados Fahrenheit.

Las curvas presentadas son para determinar el costo de reactores con deflectores (parrilod), de acero inoxidable 304 y acero inoxidable 316, con una escotilla de servicio de 18 pulg., una boquilla para vapor, una boquilla para el agitador, cuatro

boquillas de reborde y una boquilla de reborde para drenar. Los reactores estan diseñados para 75 psi y 350 grados Fahrenheit.

Se consideran reactores con aislamiento de hoyuelos (dimple-jacketed) de acero inoxidable, con un rango del volumen de 0-10,000 gal.

El aislamiento es una chaqueta de hoyuelos de acero inoxidable, diseñado para operar a 125 psi y 350 grados Fahrenheit.

a).- Acero Inoxidable 304

$$CR = 8.310915 + 7.338329 * C - 0.256046 * (C ** 2) \quad (44)$$

donde:

CR = costo del reactor en acero inoxidable 304

C = capacidad, gal.

$$0 \text{ gal} < C < 10,000 \text{ gal}$$

b).- Acero Inoxidable 316

$$CR = 11.219253 + 7.42295 * C - 0.179905 * (C ** 2) \quad (45)$$

donde:

CR = costo del reactor en acero inoxidable 316

C = capacidad, gal.

$$0 \text{ gal} < C < 10,000 \text{ gal}$$

c).- Sistema de calentamiento del reactor.

Para un sistema de calentamiento con 50% de etilenglicol.

$$C_{sc} = a + b \cdot F + c \cdot F^{**2} + d \cdot F^{**3} \quad (46)$$

donde:

C_{sc} = costo del sistema de calentamiento

F = flujo, gal/min

$30 \text{ gal/min} < C < 300 \text{ gal/min}$

$a = 1.7361242E1$

$b = 1.3608675E-1$

$c = -5.0587183E-4$

$d = 7.1503258E-7$

111.10 Correlación para determinar el costo de Tanques de Mezclado.

Esta correlación fue determinada de las curvas que aparecen en el artículo de Hall R. S., et. al. [14]. Se considera un tanque de mezclado para líquido y lechada, atmosférico, encaquetado para calentamiento y enfriamiento, agitado, hecho de acero inoxidable 304 o 316.

a).- Acero inoxidable 304

$$C_{tm} = 5.202415 + 4.115081 * C - 0.611509 * (C ** 2) \quad (47)$$

donde:

C_{tm} = costo del tanque de mezclado en acero inoxidable 304

C = capacidad, gal

500 gal < C < 3,000 gal

b).- Acero inoxidable 316

$$C_{tm} = 7.745455 + 2.9375 * C - 0.127841 * (C ** 2) \quad (48)$$

donde:

C_{tm} = costo del tanque de mezclado en acero inoxidable 316

C = capacidad, gal

500 gal < C < 3,000 gal

III.11. Correlación para determinar el costo de Agitadores de Turbina.

Esta correlación fue determinada del artículo para estimación de costos de agitadores de turbina de William S. Meyer y Donald L. Kime [19].

A.- Correlaciones basadas en datos de costo para agitadores que tienen partes sumergidas de acero al carbon, incluyendo motor, flecha, caja de sellado e impulsor eléctrico. El motor eléctrico es una unidad enfriada por ventilador, totalmente

cerrado.

a).- Agitadores de turbina con 1 solo impulsor y velocidad entre 30 - 45 rpm.

$$Ca = \exp[8.03874 - 0.00769627(\ln HP) + 0.166981(\ln HP)**2 - 0.011961(\ln HP)**3] \quad (49)$$

b).- Agitadores de turbina con 1 solo impulsor y velocidad entre 55 - 100 rpm.

$$Ca = \exp[7.919422 - 0.111893(\ln HP) + 0.128904(\ln HP)**2 - 0.003412(\ln HP)**3] \quad (50)$$

c).- Agitadores de turbina con 1 solo impulsor y velocidad entre 125 - 230 rpm.

$$Ca = \exp[7.822698 - 0.025186(\ln HP) + 0.02347(\ln HP)**2 - 0.010588(\ln HP)**3] \quad (51)$$

d).- Agitadores de turbina con impulsores duales y velocidad entre 30-45 rpm.

$$Ca = \exp[6.144612 + 0.130911(\ln HP) + 0.117417(\ln HP)**2 - 0.008215(\ln HP)**3] \quad (52)$$

e).- Agitadores de turbina con impulsores duales y velocidad entre 55-100 rpm.

$$C_a = \exp[7.972569 - 0.051623(\ln HP) + 0.134745(\ln HP)^{**2} - 0.006249(\ln HP)^{**3}] \quad (53)$$

f).- Agitadores de turbina con impulsores duales y velocidad entre 125-230 rpm.

$$C_a = \exp[7.931609 - 0.127566(\ln HP) + 0.091985(\ln HP)^{**2} - 0.001764(\ln HP)^{**3}] \quad (54)$$

Donde para todas las correlaciones se tiene:

C_a = costo del agitador de turbina

HP = potencia del agitador, Hp

1 Hp < HP < 450 Hp.

B.- Correlaciones basadas en datos de costos para agitadores que tienen partes sumergidas de acero inoxidable 316. Incluye motor, transmisión, flecha, caja de sello de la flecha e impulsores.

a).- Agitador de turbina con impulsor sencillo y velocidad entre 30- 45 rpm.

$$C_{a1} = \exp[8.291776 + 0.129139(\ln HP) + 0.138705(\ln HP)^{**2} - 0.010241(\ln HP)^{**3}] \quad (55)$$

b).- Agitador de turbina con impulsor sencillo y velocidad entre 56-100 rpm.

$$C_{ai} = \exp[8.086728 - 0.09964638(\ln HP) + 0.1635503(\ln HP)**2 - 0.009082392(\ln HP)**3] \quad (56)$$

c).- Agitador de turbina con impulsor sencillo y velocidad entre 125-230 rpm.

$$C_{ai} = \exp[8.452895 - 0.660174(\ln HP) + 0.278598(\ln HP)**2 - 0.017038(\ln HP)**3] \quad (57)$$

d).- Agitador de turbina con impulsor doble y velocidad entre 50-45 rpm.

$$C_{ai} = \exp[8.692157 - 0.181786(\ln HP) + 0.117418(\ln HP)**2 - 0.008781(\ln HP)**3] \quad (58)$$

e).- Agitador de turbina con impulsor doble y velocidad entre 56-100 rpm.

$$C_{ai} = \exp[8.280541 - 0.00362734(\ln HP) + 0.16001018(\ln HP)**2 - 0.0111166(\ln HP)**3] \quad (59)$$

f).- Agitador de turbina con impulsor doble y velocidad entre 125-230 rpm.

$$C_{ai} = \exp[8.177797 - 0.133141(\ln HP) + 0.124963(\ln HP)**2 - 0.003417(\ln HP)**3] \quad (60)$$

donde para todas las correlaciones se tiene:

C_{ai} = costo del agitador de turbina

HP = potencia del agitador, Hp

$1 \text{ Hp} < \text{HP} < 450 \text{ Hp}$.

CAPITULO IV

PROGRAMAS DESARROLLADOS PARA LA DETERMINACION DE LOS COSTOS DEL EQUIPO PRINCIPAL DE UNA PLANTA DE PROCESO

En este capítulo se presentan los programas que fueron desarrollados para la determinación de los costo del equipo principal que integra una planta de proceso. Estos programas se desarrollaron basicamente utilizando las correlaciones que fueron descritas en el capítulo anterior.

Los programas fueron realizados utilizando el lenguaje de programación Pascal e implementados en una microcomputadora. El objetivo de implementarlos en este equipo, se debe a que en la actualidad es mas fácil tener acceso a este tipo de equipo, y por lo tanto esto representa, una gran utilidad en el manejo de los programas.

Cada una de las correlaciones fueron implementadas en ~~procedures~~ (subrutinas), las cuales se integraron a un programa principal. Este programa nos permitirá determinar el costo de cada uno de los equipos o grupo de equipos y nos podrá proporcionar el costo total del equipo principal que integra la planta.

Como ya se menciona con anterioridad, el equipo que se considero

en este trabajo fueron:

Intercambiadores de calor

Columnas de destilación

Columnas de absorción

Tanques de almacenamiento

Bombas centrífugas

Mezcladores

Compresores

Recipientes a presión

Reactores

El programa principal utiliza una serie de subprogramas que le permite al usuario poder interaccionar con el sistema operativo del equipo. Permitiéndole en el caso de no contar con los datos reales, definir las características del equipo, dentro de un rango que los programas proporcionan.

A continuación se enlistan cada uno de los programas desarrollados, así como el programa principal.


```
*****
**
**
**          COSTO DE PLANTA
**
**
*****
```

ESTE PROGRAMA PERMITE CALCULAR UN ESTIMADO DEL COSTO DE EQUIPO DE UNA PLANTA.

INICIALMENTE SE PRESENTA UNA TABLA DE SELECCION DEL NUMERO DE LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE FORMAN LA PLANTA.

POSTERIORMENTE ES NECESARIO ALIMENTAR LAS CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION Y DISEÑO DE CADA EQUIPO, PARA OBTENER EL COSTO DE CADA UNO DE ELLOS.

AL FINAL SE PRESENTA UN RESUMEN DE COSTOS TOTALES.

```

PROGRAM COSTO_DE_PLANTA;
(*$S+*)
USES TRANSCEND, BIGGEN;

CONST NMAX_EQ      = 99;
      TIPOS_EQ     = 10;

TYPE EQUIPOS      = RECORD
      CUANT        : 0..NMAX_EQ;
      COSTO_TOT   : NUMERO
      END;

VAR CAUX          : CHAR;
    EQUIPO       : ARRAY [1..TIPOS_EQ] OF EQUIPOS;
    COSTO        : NUMERO;
    EQ           : 1..NMAX_EQ;
    CANCEL       : BOOLEAN;

```

```

(*$I ARCH:EQUIPO1.TEXT *)
(*$I ARCH:EQUIPO2.TEXT *)
(*$I ARCH:EQUIPO3.TEXT *)
(*$I ARCH:EQUIPO4.TEXT *)

```

```

PROCEDURE BIENVENIDA;

```

```

VAR ARCH : TEXT;
    LINEA : STRING;

```

```

BEGIN ( del procedure BIENVENIDA )
  HOME;
  RESET(ARCH, 'PLANTA:BIENV.TEXT');
  WHILE NOT(EOF(ARCH)) DO BEGIN
    READLN(ARCH, LINEA);
    WRITELN(LINEA)
  END;
  CLOSE(ARCH);
  ESCF(80, 23, '<RET> para continuar... ');
  CAUX:=RESPXY(53, 23, [CHR(13)]);
END; ( del procedure BIENVENIDA )

```

```

PROCEDURE SELECCION;

```

```

VAR TIPO, RENG : INTEGER;
    CANCEL, SEL_CORR : BOOLEAN;
    NUMCAUX : NUMERO;
    RESPUESTA : CHAR;

```

PROCEDURE PANT_SEL;

```
BEGIN ( del procedure PANT_SEL )
  HOME;
  ESCP(5,0,'SELECCIONE EL NUMERO DE EQUIPOS DE LA PLANTA : ');
  ESCP(10,3,'INTERCAMBIADORES DE CALOR');
  ESCP(10,4,'RECIPIENTES A PRESION');
  ESCP(10,5,'TORRES DE DESTILACION');
  ESCP(10,6,'COLUMNAS DE ABSORCION');
  ESCP(10,7,'TANQUES DE ALMACENAMIENTO');
  ESCP(10,8,'INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS');
  ESCP(10,9,'BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO');
  ESCP(10,10,'COMPRESORES');
  ESCP(10,11,'AGITADORES');
  ESCP(10,12,'REACTORES');
END; ( del procedure PANT_SEL )
```

```
BEGIN ( del procedure SELECCION )
  PANT_SEL;
  FOR TIPO:=1 TO TIPOS_EQ DO BEGIN
    EQUIPO(TIPO).CUANT:=0;
    ESCP(53,TIPO+2,' '); WRITE(EQUIPO(TIPO).CUANT:2);
    EQUIPO(TIPO).COSTO_TOT:=0
  END;
  SEL_CORR:=FALSE;
  TIPO:=1;
  REPEAT
    RENG:=TIPO+2;
    ESCP(53,RENG,' '); WRITE(EQUIPO(TIPO).CUANT:2);
    CRENG(23);
    ESCP(80,23,'F)in, <CTL>-A Anterior, <RET> Siguiente');
    CAUX:=RESPXY(55,RENG,'F',CHR(1),CHR(13),'0'..'9');
    CASE ORD(CAUX) OF
      1 : IF TIPO>1 THEN TIPO:=TIPO-1
          ELSE TIPO:=TIPOS_EQ;
      13 : IF TIPO<TIPOS_EQ THEN TIPO:=TIPO+1
          ELSE TIPO:=1;
      48,49,50,51,52,53,54,55,56,57
      : BEGIN
          CRENG(23);
          ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
          AC_NUM(53,RENG,2,FALSE,TRUE,CAUX,' ',NUMAUX,CANC);
          IF NOT(CANC) THEN BEGIN
            EQUIPO(TIPO).CUANT:=TRUNC(NUMAUX);
            IF TIPO<TIPOS_EQ THEN TIPO:=TIPO+1
              ELSE TIPO:=1
          END
        END
    END;
  70 : BEGIN
    ESCP(53,RENG,' '); WRITE(EQUIPO(TIPO).CUANT:2);
    CRENG(23);
```

```
ESCP(80,23,'Configuracion seleccionada correcta (S/N) ? ');
RESPUESTA:=RESP('S','N');
IF RESPUESTA='S' THEN SEL_CORR:=TRUE
```

```
END
```

```
END;
```

```
IF CAUX<>'F' THEN BEGIN
```

```
ESCP(53,RENG,' ');
```

```
WRITE(EQUIPO[RENG-2],CUANT:2)
```

```
END;
```

```
UNTIL SEL_CORR
```

```
END; { del procedure SELECCION }
```

```
PROCEDURE CALCULOS;
```

```
PROCEDURE C_INT_CAL;
```

```
BEGIN { del procedure C_INT_CAL }
```

```
(*#R INT_CAL*)
```

```
FOR EQ:=1 TO EQUIPO[1].CUANT DO BEGIN
```

```
INT_CAL(EQ,COSTO);
```

```
EQUIPO[1].COSTO_TOT:=EQUIPO[1].COSTO_TOT+COSTO
```

```
END
```

```
END; { del procedure C_INT_CAL }
```

```
PROCEDURE C_REC_PRES;
```

```
BEGIN { del procedure C_REC_PRES }
```

```
(*#R REC_PRES*)
```

```
FOR EQ:=1 TO EQUIPO[2].CUANT DO BEGIN
```

```
REC_PRES(EQ,COSTO);
```

```
EQUIPO[2].COSTO_TOT:=EQUIPO[2].COSTO_TOT+COSTO
```

```
END
```

```
END; { del procedure C_REC_PRES }
```

```
PROCEDURE C_TORR_DEST;
```

```
BEGIN { del procedure C_TORR_DEST }
```

```
(*#R TORR_DEST*)
```

```
FOR EQ:=1 TO EQUIPO[3].CUANT DO BEGIN
```

```
TORR_DEST(EQ,COSTO);
```

```
EQUIPO[3].COSTO_TOT:=EQUIPO[3].COSTO_TOT+COSTO
```

```
END
```

```
END; { del procedure C_TORR_DEST }
```

```
PROCEDURE C_COL_ABS;
```

```
BEGIN { del procedure C_COL_ABS }
```

```
(*#R COL_ABS*)
```

```
FOR EQ:=1 TO EQUIPO[4].CUANT DO BEGIN
```

```
COL_ABS(EQ,COSTO);
```

```
EQUIPO[4].COSTO_TOT:=EQUIPO[4].COSTO_TOT+COSTO
```

```
END
```

```

END; { del procedure C_COL_ABS }

PROCEDURE C_TANQUE;

BEGIN { del procedure C_TANQUE }
  (**R TANQUE*)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPO[5].CUANT DO BEGIN
    TANQUE(EQ,COSTO);
    EQUIPO[5].COSTO_TOT:=EQUIPO[5].COSTO_TOT+COSTO
  END
END; { del procedure C_TANQUE }

PROCEDURE C_INT_ESP;

BEGIN { del procedure C_INT_ESP }
  (**R INT_ESP*)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPO[6].CUANT DO BEGIN
    INT_ESP(EQ,COSTO);
    EQUIPO[6].COSTO_TOT:=EQUIPO[6].COSTO_TOT+COSTO
  END
END; { del procedure C_INT_ESP }

PROCEDURE C_BOMBA;

BEGIN { del procedure C_BOMBA }
  (**R BOMBA*)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPO[7].CUANT DO BEGIN
    BOMBA(EQ,COSTO);
    EQUIPO[7].COSTO_TOT:=EQUIPO[7].COSTO_TOT+COSTO
  END
END; { del procedure C_BOMBA }

PROCEDURE C_COMPRESOR;

BEGIN { del procedure C_COMPRESOR }
  (**R COMPRESOR*)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPO[8].CUANT DO BEGIN
    COMPRESOR(EQ,COSTO);
    EQUIPO[8].COSTO_TOT:=EQUIPO[8].COSTO_TOT+COSTO
  END
END; { del procedure C_COMPRESOR }

PROCEDURE C_AGITADOR;

BEGIN { del procedure C_AGITADOR }
  (**R AGITADOR*)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPO[9].CUANT DO BEGIN
    AGITADOR(EQ,COSTO);
    EQUIPO[9].COSTO_TOT:=EQUIPO[9].COSTO_TOT+COSTO
  END
END; { del procedure C_AGITADOR }

PROCEDURE C_REACTOR;

```

```

BEGIN ( del procedure C_REACTOR )
  (**R REACTOR**)
  FOR EQ:=1 TO EQUIPOL101.CUANT DO BEGIN
    REACTOR(EQ,COSTO);
    EQUIPOL101.COSTO_TOT:=EQUIPOL101.COSTO_TOT+COSTO
  END
END; ( del procedure C_REACTOR )

```

```

BEGIN ( del procedure CALCULOS )
  IF EQUIPOL 13.CUANT>0 THEN C_INT_CAL;
  IF EQUIPOL 21.CUANT>0 THEN C_REC_PRES;
  IF EQUIPOL 31.CUANT>0 THEN C_TORR_DEST;
  IF EQUIPOL 41.CUANT>0 THEN C_COL_ABS;
  IF EQUIPOL 51.CUANT>0 THEN C_TANQUE;
  IF EQUIPOL 61.CUANT>0 THEN C_INT_ESF;
  IF EQUIPOL 71.CUANT>0 THEN C_BOMBA;
  IF EQUIPOL 81.CUANT>0 THEN C_COMPRESOR;
  IF EQUIPOL 91.CUANT>0 THEN C_AGITADOR;
  IF EQUIPOL101.CUANT>0 THEN C_REACTOR
END; ( del procedure CALCULOS )

```

PROCEDURE RESUMEN;

```

VAR  COSTO_FIN      : NUMERO;
      TIPO          : 1..TIPOS_EQ;
      STR_COSTO     : STRING;

```

PROCEDURE RESUMEN_A;

```

BEGIN ( del procedure RESUMEN_A )
  PRN_CANT(14,EQUIPOL13.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      INTERCAMBIADORES DE CALOR                : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL21.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      RECIPIENTES A PRESION                    : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL31.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      COLUMNAS DE DESTILACION                  : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL41.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      COLUMNAS DE ABSORCION                    : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL51.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      TANQUES DE ALMACENAMIENTO                : ',STR_COSTO);
END; ( del procedure RESUMEN_A )

```

PROCEDURE RESUMEN_B;

```

BEGIN ( del procedure RESUMEN_B )
  PRN_CANT(14,EQUIPOL61.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS   : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL71.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO  : ',STR_COSTO);
  PRN_CANT(14,EQUIPOL81.COSTO_TOT,STR_COSTO);
  WRITELN(      COMPRESORES                             : ',STR_COSTO);

```

```

FRM_CANT(14,EQUIPO19).COSTO_TOT,STR_COSTO);
WRITELN('      AGITADORES                : ',STR_COSTO);
FRM_CANT(14,EQUIPO10).COSTO_TOT,STR_COSTO);
WRITELN('      REACTORES                    : ',STR_COSTO)
END; { del procedure RESUMEN_B }

```

```

BEGIN { del procedure RESUMEN }
HOME;
ESCP(80,0,'RESUMEN DE COSTOS');
ESCP(5,3,'TOTALES DE COSTO POR TIPO DE EQUIPO');
WRITELN; WRITELN;
RESUMEN_A;
RESUMEN_B;
WRITELN; WRITELN;
COSTO_FIN:=0;
FOR TIPO:=1 TO TIPOS_EQ DO
  COSTO_FIN:=COSTO_FIN+EQUIPO(TIPO).COSTO_TOT;
FRM_CANT(14,COSTO_FIN,STR_COSTO);
WRITELN(COSTO TOTAL DEL EQUIPO PRINCIPAL:      CEP = ',STR_COSTO);
WRITELN;
COSTO_FIN:=COSTO_FIN*295 DIV 100;
FRM_CANT(14,COSTO_FIN,STR_COSTO);
WRITELN(COSTO DEL MODULO SENCILLO:      CMS = 2.95*CEP = ',STR_COSTO);
WRITELN;
COSTO_FIN:=COSTO_FIN*118 DIV 100;
FRM_CANT(14,COSTO_FIN,STR_COSTO);
WRITELN(COSTO TOTAL DE LA PLANTA :      CT = CMS + 18% = ',STR_COSTO);
CAUX:=RESP(ENTER(13));
END; { del procedure RESUMEN }

```

```

BEGIN { del programa PRINCIPAL }
BIENVENIDA;
SELECCION;
CALCULOS;
RESUMEN
END. { del programa PRINCIPAL }

```

=====

INTERCAMBIADORES DE CALOR

=====

SEGMENT PROCEDURE INT_CAL (EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, SIST_ING, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 CE, CB, FD, FP, FM, :
 PRESION, AREA : REAL;
 STR_COSTO : STRING;

PROCEDURE DATOSINIC;

VAR CANC : BOOLEAN;

BEGIN (del procedure DATOSINIC)

 IF SIST_ING

 THEN BEGIN

 ESCP(0,12, 'VALOR DE LA PRESION EN PSIG (100 <= P <= 900) ? ');

 REPEAT

 CRENG(23);

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 AC_REAL_R(55,12,14,FALSE, ' ', ' ', 1.9E2, 1E2, PRESION, CANC);

 UNTIL NOT(CANC);

 ESCP(0,14, 'VALOR DEL AREA EN PIES CUADRADOS (150 <= A <= 12000) ? ');

 REPEAT

 CRENG(23);

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 AC_REAL_R(55,14,14,FALSE, ' ', ' ', 1.12E3, 1.5E2, AREA, CANC);

 UNTIL NOT(CANC);

 CRENG(23)

 END

 ELSE BEGIN

 ESCP(0,12, 'VALOR DE LA PRESION EN KN/M^2 (700 <= P <= 6200) ? ');

 REPEAT

 CRENG(23);

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 AC_REAL_R(53,12,14,FALSE, ' ', ' ', 6.2E3, 7E2, PRESION, CANC);

 UNTIL NOT(CANC);

 ESCP(0,14, 'VALOR DEL AREA EN MTS. CUADRADOS (14 <= A <= 1100) ? ');

 REPEAT

 CRENG(23);

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 AC_REAL_R(53,14,14,FALSE, ' ', ' ', 1.1E3, 14, AREA, CANC);

 UNTIL NOT(CANC);

 CRENG(23)

 END

END; (del procedure DATOSINIC)

PROCEDURE CALCCOEF;

VAR NUMAUX : NUMERO;
TIPO : INTEGER;

PROCEDURE CALCFM;

VAR MATERIAL : INTEGER;

BEGIN (del procedure CALCFM)

HOME;

ESCP(15,4, 'SELECCIONA MATERIAL DE CONSTRUCCION');

ESCP(18,6, ' [1] ACERO INOXIDABLE 316 ');

ESCP(18,7, ' [2] ACERO INOXIDABLE 304 ');

ESCP(18,8, ' [3] ACERO INOXIDABLE 347 ');

ESCP(18,9, ' [4] NICKEL 200 ');

ESCP(18,10, ' [5] MONEL 400 ');

ESCP(18,11, ' [6] INCOHEL 600 ');

ESCP(18,12, ' [7] INCOLOY 925 ');

ESCP(18,13, ' [8] TITANIO ');

ESCP(18,14, ' [9] HASTELLOY ');

ESCP(18,15, ' [10] ACERO AL CARBON ');

ESCP(18,17, 'SELECCIONA UNO : ');

ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

REPEAT

AC_NUM(35,17,2,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX,CANC)

UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN (1..10));

CRENG(23);

MATERIAL:=TRUNC(NUMAUX);

IF MATERIAL=10

THEN FM:=1

ELSE BEGIN

IF SIST_ING

THEN CASE MATERIAL OF

1 : FM:= 0.8608 + 0.23296*LN(AREA);

2 : FM:= 0.8193 + 0.15984*LN(AREA);

3 : FM:= 0.6116 + 0.22186*LN(AREA);

4 : FM:= 1.5092 + 0.60859*LN(AREA);

5 : FM:= 1.2989 + 0.43377*LN(AREA);

6 : FM:= 1.2040 + 0.50764*LN(AREA);

7 : FM:= 1.1854 + 0.49706*LN(AREA);

8 : FM:= 1.5420 + 0.42913*LN(AREA);

9 : FM:= 0.1549 + 1.51774*LN(AREA)

END

ELSE CASE MATERIAL OF

1 : FM:= 1.4144 + 0.23296*LN(AREA);

2 : FM:= 1.1591 + 0.15984*LN(AREA);

3 : FM:= 1.1380 + 0.22186*LN(AREA);

4 : FM:= 2.9553 + 0.60859*LN(AREA);

5 : FM:= 2.3296 + 0.43377*LN(AREA);

6 : FM:= 2.4103 + 0.50764*LN(AREA);

```

7 : FM:= 2.3665 + 0.49706*LN(AREA);
8 : FM:= 2.5617 + 0.42913*LN(AREA);
9 : FM:= 3.7614 + 1.51774*LN(AREA)
END
END
END; { del procedure CALCFM }

BEGIN { del procedure CALCCOEF }
CALCFM;
IF SIST_ING
THEN CB:=EXP(8.551-0.30863*LN(AREA)+0.06811*SQR(LN(AREA)));
ELSE CB:=EXP(8.202+0.01506*LN(AREA)+0.06811*SQR(LN(AREA)));
HOME;
ESCP(15,7,'SELECCIONA EL TIPO DE INTERCAMBIADOR');
ESCP(18,9,'[1] CABEZA FIJA');
ESCP(18,10,'[2] RECALENTADOR KETTLE');
ESCP(18,11,'[3] TUBOS EN U');
ESCP(18,13,'SELECCIONA UNO : ');
ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
REPEAT
AC_NUM(35,13,2,FALSE,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1:3]);
CRENG(23);
TIPO:=TRUNC(NUMAUX);
CASE TIPO OF
1:IF SIST_ING
THEN FD:=EXP(-1.1156+0.0906*LN(AREA))
ELSE FD:=EXP(-0.9003+0.0906*LN(AREA));
2: FD:=1.35;
3:IF SIST_ING
THEN FD:=EXP(-0.9816+0.083*LN(AREA))
ELSE FD:=EXP(-0.7844+0.083*LN(AREA));
END;
IF SIST_ING
THEN BEGIN
IF PRESION <300
THEN FP:=0.7771+0.04981*LN(AREA)
ELSE IF PRESION <600
THEN FP:=1.0305+0.0714*LN(AREA)
ELSE FP:=1.14+0.12082*LN(AREA)
END
ELSE BEGIN
IF PRESION < 2100
THEN FP:=0.8955+0.04981*LN(AREA)
ELSE IF PRESION <4200
THEN FP:=1.2002+0.0714*LN(AREA)
ELSE FP:=1.4272+0.12088*LN(AREA)
END
END;
END; { del procedure CALCCOEF }

BEGIN { del procedure INT_CAL }
COSTO:=0;
CORRECTO:=FALSE;

```

```

REPEAT
  HOME;
  ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR');
  ESCP(80,2,'INTERCAMBIADOR # '); WRITE(EQ);
  ESCP(0,5,'Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran');
  ESCP(0,6,'los datos para la estimacion:');
  ESCP(80,8,'S)istema internacional; I)ngles ? ');
  RESPUESTA:=RESP(['I','S']); WRITE(RESPUESTA);
  IF RESPUESTA='I' THEN SIST_ING:=TRUE
    ELSE SIST_ING:=FALSE;

  DATOSINIC;
  CALCCOEF;
  CE:=CB*FD*FP*FM;
  HOME;
  REAL_CANT(CE,COSTO);
  FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
  ESCP(0,12,'COSTO DEL INTERCAMBIADOR # ');
  WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
  ESCP(0,16,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el');
  ESCP(0,17,'calculo para este intercambiador. ');
  ESCP(80,20,'Correcto (S/N) ? ');
  RESPUESTA:=RESP(['S','N']);
  IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
  UNTIL CORRECTO
END; { del procedure INT_CAL }

```

=====

RECIPIENTES A PRESION

=====

SEGMENT PROCEDURE REC_PRES(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, SIST_ING, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 CT, FM, CA, CB : REAL;
 TIPO, TIPO_MAT : INTEGER;

PROCEDURE CALC_FM;

BEGIN { del procedure CALC_FM }

 HOME;

 ESCP(10,0, 'TIPOS DE MATERIALES');

 ESCP(10,2, '[1] ACERO INOXIDABLE 304.');

 ESCP(10,3, '[2] ACERO INOXIDABLE 316.');

 ESCP(10,4, '[3] CARPENTER 20CB-3.');

 ESCP(10,5, '[4] NIQUEL-200.');

 ESCP(10,6, '[5] MONEL-400.');

 ESCP(10,7, '[6] INCONEL-600.');

 ESCP(10,8, '[7] INCOLOY-825.');

 ESCP(10,9, '[8] TITANIO.');

 ESCP(10,10, '[9] ACERO AL CARBON.');

 ESCP(10,12, 'SELECCIONE ..');

 REPEAT

 AC_NUM(24, 12, 1, FALSE, FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)

 UNTIL NOT (CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..9]);

 TIPO_MAT:=TRUNC(NUMAUX);

 CASE TIPO_MAT OF

 1 : FM:=1.7;

 2 : FM:=2.1;

 3 : FM:=3.2;

 4 : FM:=5.4;

 5 : FM:=3.8;

 6 : FM:=3.9;

 7 : FM:=3.7;

 8 : FM:=7.7;

 9 : FM:=1.0;

 END

END; { del procedure CALC_FM }

PROCEDURE CALC_HORIZ;

VAR DI, WS : REAL;

PROCEDURE CALC_WS_HOR;

CONST FI = 3.141592654;

VAR TL,TS,RO,TP,TC,PG,R,
E,S,Y : REAL;
F : INTEGER;

PROCEDURE SEL_RO_S;

BEGIN (del procedure SEL_RO_S)

CASE TIPO_MAT OF

1 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;
2 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;
3 : BEGIN RO:=0.289; S:=21.25E3 END;
4 : BEGIN RO:=0.321; S:=12.50E3 END;
5 : BEGIN RO:=0.319; S:=18.80E3 END;
6 : BEGIN RO:=0.304; S:=21.88E3 END;
7 : BEGIN RO:=0.294; S:=23.75E3 END;
8 : BEGIN RO:=0.163; S:=21.25E3 END;
9 : BEGIN RO:=0.284; S:=13.70E3 END

END)

END; (del procedure SEL_RO_S)

BEGIN (del procedure CALC_WS_HOR)

ESCP(80,5,'DATOS PARA EL CALCULO DEL PESO DE LA CORAZA');

IF NOT(SIST_ING)

THEN BEGIN

ESCP(0,7,

'LONG. TANG. A TANG. DEL REC. EN MTS. (0 <= L <= 100) ? ');

ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');

REPEAT

AC_REAL_R(56,7,14,FALSE,'',,100,0,TL,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

TL:=TL/0.305;

ESCP(0,9,

'ESPESOR POR CORROSION EN mm. (0.2 <= E <= 0.6) ? ');

REPEAT

AC_REAL_R(56,9,14,FALSE,'',,0.6,0.2,TC,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

TC:=TC/25.4;

ESCP(0,11,

'PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES (P > 0) ? ');

REPEAT

AC_REAL_R(56,11,14,FALSE,'',,1E20,0,PG,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

PG:=PG*1.45037E-4

END

ELSE BEGIN

ESCP(0,7,

'LONG. TANG. A TANG. DEL REC. EN PIES (0 <= L <= 300) ? ');

ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');

```

REPEAT
  AC_REAL_R(56,7,14,FALSE,' ',' ',300,0,TL,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
ESCF(0,9,
  'ESP. POR CORROSION EN Plg. (0.00787 <= E <= 0.02362) ? ');
REPEAT
  AC_REAL_R(56,9,14,FALSE,' ',' ',
  23.62E-3,7.87E-3,TC,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
ESCF(0,11,
  'PRESION INTERNA DE DIS. EN Lb/Plg^2 (P > 0) ? ');
REPEAT
  AC_REAL_R(56,11,14,FALSE,' ',' ',1E20,0,PG,CANC)
  UNTIL NOT(CANC)
END;
ESCF(0,13,'EFICIENCIA DE JUNTAS (0.45 <= Ef <= 1) ? ');
REPEAT
  AC_REAL_R(56,13,14,FALSE,' ',' ',1,0.45,E,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
CRENG(23);
SEL_RO_S;
TP:=PG*DI/(2*(S+E-0.6*PG));
TS:=TP+TC;
IF TS<=1 THEN F:=32 ELSE
IF TS<=2 THEN F:=16 ELSE
IF TS<=3 THEN F:=8
ELSE F:=4;
Y:=TS*F;
IF Y<>TRUNC(Y) THEN Y:=TRUNC(Y)+1;
TS:=Y/F;
WS:=PI*DI*(TL+0.8116*DI)*TS*RO
END; { del procedure CALC_WS_HOR }

```

```

BEGIN { del procedure CALC_HORIZ }
IF NOT(SIST_ING)
THEN BEGIN
  ESCF(0,0,'DIAMETRO DEL RECIPIENTE EN METROS (0.92 <= D <= 3.66) ? '
  ESCF(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,0,14,FALSE,' ',' ',3.66,0.92,DI,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  DI:=DI/0.305
  END
ELSE BEGIN
  ESCF(0,0,'DIAMETRO DEL RECIPIENTE EN PIES (3 <= D <= 12) ? '
  ESCF(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,0,14,FALSE,' ',' ',12,3,DI,CANC)
    UNTIL NOT(CANC)
  END;
CRENG(23);
ESCF(0,2,'SE CONOCE EL PESO DE LA CORAZA (S/U) ? ');
RESPUESTA:=RESP('S','N'); WRITE(RESPUESTA);
IF RESPUESTA='S'

```

```

THEN IF NOT(SIST_ING)
  THEN BEGIN
    ESCP(0,4,
      'PESO DE LA CORAZA EN Kg. (369 <= PESO <= 415,000) ? ');
    ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,4,14,FALSE, ' ', ' ', 415E3,369,WS,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
    WS:=WS/0.454
  END
ELSE BEGIN
  ESCP(0,4,
    'PESO DE LA CORAZA EN Lb. (813 <= PESO <= 914,000) ? ');
  ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,4,14,FALSE, ' ', ' ', 914E3,813,WS,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  CRENG(23)
  END
ELSE CALC_WS_HOR;
CB:=EXP(8.271-0.233*LN(WS)+0.04333*SQR(LN(WS)));
CA:=1012.2*EXP(0.20294*LN(DI))
END; { del procedure CALC_HORIZ }

```

```
PROCEDURE CALC_VERT;
```

```
VAR TL,DI,WS : REAL;
```

```
PROCEDURE CALC_WS_VER;
```

```
CONST PI = 3.141592654;
```

```
VAR TS,RO,TP,
TC,PG,R,E,S,
TG,DE,Y : REAL;
F : INTEGER;
```

```
PROCEDURE SEL_RO_S;
```

```
BEGIN { del procedure SEL_RO_S }
```

```
CASE TIPO_MAT OF
```

```

1 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;
2 : BEGIN RO:=0.29; S:=19.75E3 END;
3 : BEGIN RO:=0.289; S:=21.25E3 END;
4 : BEGIN RO:=0.321; S:=12.50E3 END;
5 : BEGIN RO:=0.319; S:=18.00E3 END;
6 : BEGIN RO:=0.304; S:=21.00E3 END;
7 : BEGIN RO:=0.254; S:=23.75E3 END;
8 : BEGIN RO:=0.163; S:=21.25E3 END;
9 : BEGIN RO:=0.284; S:=13.70E3 END;

```

```
END
END; ( del procedure SEL_RO_S )
```

```
BEGIN ( del procedure CALC_WS_VER )
  ESCP(80,7, 'DATOS PARA EL CALCULO DEL PESO DE LA CORAZA');
  IF NOT(SIST_ING)
  THEN BEGIN
    ESCP(0,9,
      'ESPESOR POR CORROSION EN mm. (0.2 <= E <= 0.6) ? ');
    ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,9,14,FALSE, ' ', ' ', 0.6,0.2,TC,CANC)
      UNTIL NOT(CANC);
    TC:=TC/25.4;
    ESCP(0,11,
      'PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES (P > 0) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,11,14,FALSE, ' ', ' ', 1E20,0,PG,CANC)
      UNTIL NOT(CANC);
    PG:=PG*1.45037E-4
    END
  ELSE BEGIN
    ESCP(0,9,
      'ESP. POR CORROSION EN Plg. (0.00787 <= E <= 0.02362) ? ');
    ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,9,14,FALSE, ' ', ' ',
        23.62E-3,7.87E-3,TC,CANC)
      UNTIL NOT(CANC);
    ESCP(0,11,
      'PRESION INTERNA DE DIS. EN Lb/Plg2 (P > 0) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,11,14,FALSE, ' ', ' ', 1E20,0,PG,CANC)
      UNTIL NOT(CANC)
    END;
    ESCP(0,13, 'EFICIENCIA DE JUNTAS (0.45 <= Ef <= 1) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,13,14,FALSE, ' ', ' ', 1,0.45,E,CANC)
      UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
    SEL_RO_S;
    TP:=PG*DI/(2*(S*E-0.6*PG));
    DE:=DI+2*(TP+TC);
    TG:=PG*DI/(2*(2*S*E+0.4*PG));
    TS:=(TP+0.22*(DE+18)*SQR(TL)/(S*SQR(DE))+TG)/2 + TC;
    IF TS<=1 THEN F:=32 ELSE
    IF TS<=2 THEN F:=16 ELSE
    IF TS<=3 THEN F:=8
    ELSE F:=4;
    Y:=TS*F;
    IF Y<>TRUNC(Y) THEN Y:=TRUNC(Y)+1;
    TS:=Y/F;
    WS:=PI*DI*(IL+0.8116*LI)*TS*RO
  END
END;
```



```

END; { del procedure CALC_WS_VER }

BEGIN { del procedure CALC_VERT }
  IF NOT(SIST_ING)
  THEN BEGIN
    ESCP(0,0,'DIAMETRO DEL RECIPIENTE EN METROS (1.83 <= D <= 3.05) ? ');
    ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,0,14,FALSE,' ',',3.05,1.83,DI,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    DI:=DI/0.305;
    ESCP(0,2,'LONG. TG. A TG. DEL RECIP. EN Mts. (3.66 <= L <= 6.1) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,2,14,FALSE,' ',',6.1,3.66,TL,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    TL:=TL/0.305
  END
ELSE BEGIN
  ESCP(0,0,'DIAMETRO DEL RECIPIENTE EN PIES (6 <= D <= 10) ? ');
  ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,0,14,FALSE,' ',',10,6,DI,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  ESCP(0,2,'LONG. TG. A TG. DEL RECIP. EN PIES (12 <= L <= 20) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,2,14,FALSE,' ',',20,12,TL,CANC)
  UNTIL NOT(CANC)
END;
CRENG(23);
ESCP(0,4,'SE CONOCE EL PESO DE LA CORAZA (S/N) ? ');
RESPUESTA:=RESP(D'S','N'); WRITE(RESPUESTA);
IF RESPUESTA='S'
THEN IF NOT(SIST_ING)
  THEN BEGIN
    ESCP(0,6,
      'PESO DE LA CORAZA EN Kg. (2,210 <= PESO <= 103,000) ? ');
    ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,6,14,FALSE,' ',',103E3,2210,WS,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
    WS:=WS/0.454
  END
ELSE BEGIN
    ESCP(0,6,
      'PESO DE LA CORAZA EN Lb. (4,876 <= PESO <= 226,000) ? ');
    ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,6,14,FALSE,' ',',226E3,4876,WS,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
  END
ELSEF CALC_WS_VER;
CB:=EXP(0.8-0.28505*LN(WS))+0.04576*SQRT(LN(WS));

```

```
CA:=182.5*EXP(0.7396*LN(D1))*EXP(0.70684*LN(TL))
END; ( del procedure CALC_VERT )
```

```
BEGIN ( del procedure REC_PRES )
```

```
COSTO:=0;
```

```
CORRECTO:=FALSE;
```

```
REPEAT
```

```
HOME;
```

```
ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UN RECIPIENTE A PRESION');
```

```
ESCP(80,2,'RECIPIENTE A PRESION # '); WRITE(EQ);
```

```
ESCP(0,5,'Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran');
```

```
ESCP(0,6,'los datos para la estimacion:');
```

```
ESCP(80,8,'Sistema internacional, Ingles? ');
```

```
RESPUESTA:=RESP('I','S');
```

```
WRITE(RESPUESTA);
IF RESPUESTA='I' THEN SIST_ING:=TRUE
ELSE SIST_ING:=FALSE;
```

```
CALC_FM;
```

```
ESCP(10,16,'TIPOS DE RECIPIENTES');
```

```
ESCP(10,18,'[1] HORIZONTAL.');
```

```
ESCP(10,19,'[2] VERTICAL.');
```

```
ESCP(10,21,'SELECCIONE .. ');
```

```
REPEAT
```

```
AC_NUM(24,21,1,FALSE,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..2]);
```

```
HOME;
```

```
TIPO:=TRUNC(NUMAUX);
```

```
IF TIPO=1 THEN CALC_HORIZ
```

```
ELSE CALC_VERT;
```

```
CT:=FM*CB+CA;
```

```
HOME;
```

```
REAL_CANT(CT,COSTO);
```

```
FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
```

```
ESCP(0,12,'COSTO DEL RECIPIENTE # ');
```

```
WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
```

```
ESCP(0,16,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
```

```
ESCP(0,17,'el calculo para este recipiente.');
```

```
ESCP(80,20,'CORRECTO (S/N)? ');
```

```
RESPUESTA:=RESP('S','N');
```

```
IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
```

```
UNTIL CORRECTO
```

```
END; ( del procedure REC_PRES )
```

=====

TORRES DE DESTILACION

=====

SEGMENT PROCEDURE TORR_DEST (EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

```

VAR      CORRECTO, SIST_ING, CANC      : BOOLEAN;
          RESPUESTA                    : CHAR;
          STR_COSTO                     : STRING;
          NUMAUX                        : NUMERO;
          CT, CB, FM, CBT, FTM, FTT,    :
          FNT, D, CPL, DI, LT          : REAL;
          NT, TIPO_MAT                  : INTEGER;
  
```

FUNCTION RED (T: REAL): REAL;

```

VAR      Y          : REAL;
          F          : INTEGER;
  
```

```

BEGIN ( de la funcion RED )
  IF T<=1 THEN F:=32 ELSE
  IF T<=2 THEN F:=16 ELSE
  IF T<=3 THEN F:=8
  ELSE F:=4;
  Y:=T*F;
  IF Y<>TRUNC(Y) THEN Y:=TRUNC(Y)+1;
  RED:=Y/F
END; ( de la funcion RED )
  
```

PROCEDURE CALC_FM;

```

BEGIN ( del procedure CALC_FM )
  HOME;
  ESCP(80,0,'TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA TORRE ');
  ESCP(10,2,'[1] ACERO INOXIDABLE 304. ');
  ESCP(10,3,'[2] ACERO INOXIDABLE 316. ');
  ESCP(10,4,'[3] CARPENTER 20CB-3. ');
  ESCP(10,5,'[4] NIQUEL-200. ');
  ESCP(10,6,'[5] MONEL-400. ');
  ESCP(10,7,'[6] INCONEL-600. ');
  ESCP(10,8,'[7] INCOLOY-825. ');
  ESCP(10,9,'[8] TITANIO. ');
  ESCP(10,10,'[9] ACERO AL CARBON. ');
  ESCP(10,12,'SELECCIONE .. ');
  REPEAT
    AC_NUM(24,12.1,FALSE,FALSE,' ',NUMAUX,CANC)
  UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..9]);
  TIPO_MAT:=TRUNC(NUMAUX);
  CASE TIPO_MAT OF
  
```

```

1 : FM:=1.7;
2 : FM:=2.1;
3 : FM:=3.2;
4 : FM:=5.4;
5 : FM:=3.6;
6 : FM:=3.9;
7 : FM:=3.7;
8 : FM:=7.7;
9 : FM:=1.0;

```

```
END;
```

```
END; ( del procedure CALC_FM )
```

```
PROCEDURE CALC_CB;
```

```
CONST PI = 3.141592654;
```

```
VAR TS,RO,TP,TC,PG,
E,S,DE,TW,TG,
TB,WS : REAL;
```

```
PROCEDURE LEE_DAT_CO;
```

```
BEGIN ( del procedure LEE_DAT_CO )
```

```
IF NOT(SIST_ING)
```

```
THEN BEGIN
```

```
ESCP(0,15,
```

```
'DIAMETRO DE LA TORRE EN Mts. (0.91 <= D <= 7.32) ? ');
```

```
ESCP(80,23,<CTL>-X Cancelar);
```

```
REPEAT
```

```
AC_REAL_R(56,15,14,FALSE,'',7.32,0.91,DI,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC);
```

```
DI:=DI/0.305;
```

```
ESCP(0,16,
```

```
'LONG. TANG. A TANG. EN Mts. (17.53 <= L <= 51.82) ? ');
```

```
REPEAT
```

```
AC_REAL_R(56,16,14,FALSE,'',51.82,17.53,LT,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC);
```

```
LT:=L/0.305;
```

```
ESCP(0,17,
```

```
'ESPESOR POR CORROSION EN mm. (0.79375 <= E <= 6.35) ? ');
```

```
REPEAT
```

```
AC_REAL_R(56,17,14,FALSE,'',6.35,0.79375,TC,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC);
```

```
TC:=TC/25.4;
```

```
ESCP(0,18,
```

```
'PRESION INTERNA DE OTS. EN PASCALES (P > 0) ? ');
```

```
REPEAT
```

```
AC_REAL_R(56,18,14,FALSE,'',1E20,0,PG,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC);
```

```

PG:=PG*1.45037E-4
END
ELSE BEGIN
  ESCP(0,15,
    'DIAMETRO DE LA TORRE EN PIES (3 <= DI <= 24) ? ');
  ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(S6,15,14,FALSE,' ',',24,3,DI,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  ESCP(0,16,
    'LONG. TANG. A TANG. EN PIES (57.5 <= L <= 170) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(S6,16,14,FALSE,' ',',170,57.5,LT,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  ESCP(0,17,
    'ESFESOR POR CORROSION EN Plg. (0.03125 <= E <= 0.25) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(S6,17,14,FALSE,' ',',
      0.25,0.03125,TC,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  ESCP(0,18,
    'PRESION INTERNA DE DIS. EN Lb/R1g^2 (P > 0) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(S6,18,14,FALSE,' ',',1E20,0,PG,CANC)
    UNTIL NOT(CANC)
  END;
  ESCP(0,19,'EFICIENCIA DE JUNTAS (0.45 <= Ef <= 1) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(S6,19,14,FALSE,' ',',1,0.45,E,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
END; { del procedure LEE_DAT_CO }

BEGIN { del procedure CALC_CB }
  LEE_DAT_CO;
  CASE TIPO_MAT OF
    1 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;
    2 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;
    3 : BEGIN RO:=0.289; S:=21.25E3 END;
    4 : BEGIN RO:=0.321; S:=12.50E3 END;
    5 : BEGIN RO:=0.319; S:=18.80E3 END;
    6 : BEGIN RO:=0.304; S:=21.88E3 END;
    7 : BEGIN RO:=0.294; S:=23.75E3 END;
    8 : BEGIN RO:=0.163; S:=21.25E3 END;
    9 : BEGIN RO:=0.284; S:=13.70E3 END;
  END;
  TP:=12*PG*DI/(2*(S*E-0.6*PG));
  DE:=12*DI+2*TP;
  TW:=0.22*(DE+18)*SQRT(12*LT)/(S*SQRT(DE));
  TG:=12*PG*DI/(2*(2*S*E+0.4*PG));
  TB:=TW+TG;
  TS:=RED((TB+TP)/2+TC);
  WS:=PI*DI*(LT+0.8116*DI)*144*IS*RU;
  CB:=LAP(6.023+0.14178*LN(WS)+0.02466*SQRT(LN(WS))+0.0158*(LT/D1)*LN(TB/TP))
END; { del procedure CALC_CB }

```

PROCEDURE CALC_CBT;

```
BEGIN { del procedure CALC_CBT }
  ESCP(0,20,'NUMERO DE PLATOS' ? ');
  REPEAT
    AC_NUM(56,20,4,FALSE,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
  UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX)>0);
  NT:=TRUNC(NUMAUX);
  IF NOT(SIST_ING)
  THEN BEGIN
    ESCP(0,21,
      'DIAMETRO DE LOS PLATOS EN Mts. (D.P. < D.TORRE) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,21,14,FALSE,' ',' ',DI,O,D,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    D:=D/0.305
  END
  ELSE BEGIN
    ESCP(0,21,
      'DIAMETRO DE LOS PLATOS EN PIES (D.P. < D.TORRE) ? ');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,21,14,FALSE,' ',' ',DI,O,D,CANC)
    UNTIL NOT(CANC)
  END;
  CBT:=278.38*EXP(0.1739*D)
END; { del procedure CALC_CBT }
```

PROCEDURE CALC_FTM;

VAR T_MAT_PLT : INTEGER;

```
BEGIN { del procedure CALC_FTM }
  HOME;
  ESCP(00,2,'TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LOS PLATOS');
  ESCP(22,4,'[1] ACERO INOXIDABLE 304. ');
  ESCP(22,5,'[2] ACERO INOXIDABLE 316. ');
  ESCP(22,6,'[3] CARPENTER 200B-3. ');
  ESCP(22,7,'[4] HONEL. ');
  ESCP(22,9,'SELECCIONE ... ');
  REPEAT
    AC_NUM(36,9,1,FALSE,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
  UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..4]);
  T_MAT_PLT:=TRUNC(NUMAUX);
  CASE T_MAT_PLT OF
    1 : FTM:=1.189+0.0577*D;
    2 : FTM:=1.401+0.0724*D;
    3 : FTM:=1.925+0.0700*D;
    4 : FTM:=2.306+0.1120*D;
  END;
END; { del procedure CALC_FTM }
```

```
PROCEDURE CALC_FTT;
```

```
VAR T_PLT : INTEGER;
```

```
BEGIN ( del procedure CALC_FTT )
```

```
ESCP(00,12,'TIPOS DE PLATOS');
```

```
ESCP(22,14,'[1] VALVULA.');
```

```
ESCP(22,15,'[2] REJILLA.');
```

```
ESCP(22,16,'[3] CACHUCHAS (CALOTAS).');
```

```
ESCP(22,17,'[4] PERFORACIONES (CON BAJANTES).');
```

```
ESCP(22,19,'SELECCIONE ..');
```

```
REPEAT
```

```
AC_NUM(36,19,1,FALSE,FALSE,' ',',',NUMAUX,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..4]);
```

```
T_PLT:=TRUNC(NUMAUX);
```

```
CASE T_PLT OF
```

```
1 : FTT:=1.0;
```

```
2 : FTT:=0.8;
```

```
3 : FTT:=1.59;
```

```
4 : FTT:=0.85;
```

```
END;
```

```
END; ( del procedure CALC_FTT )
```

```
BEGIN ( del procedure TORR_DEST )
```

```
COSTO:=0;
```

```
CORRECTO:=FALSE;
```

```
REPEAT
```

```
HOME;
```

```
ESCP(00,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UNA TORRE DE DESTILACION');
```

```
ESCP(00,2,'TORRE DE DESTILACION # '); WRITE(EQ);
```

```
ESCP(0,5,'Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran');
```

```
ESCP(0,6,'los datos para la estimacion.');
```

```
ESCP(00,8,'Sistema internacional, Ingles ?');
```

```
RESPUESTA:=RESP('I','S'); WRITE(RESPUESTA);
```

```
IF RESPUESTA='I' THEN SIST_ING:=TRUE
```

```
ELSE SIST_ING:=FALSE;
```

```
CALC_FM;
```

```
CALC_CB;
```

```
CALC_CBT;
```

```
CALC_FTM;
```

```
CALC_FIT;
```

```
IF NT<20
```

```
THEN FNT:=2.22/EXP(NT*LN(1.0414))
```

```
ELSE FNT:=1;
```

```
CPL:=151.01*EXP(0.63316*LN(DI))*EXP(0.60161*LN(LT));
```

```
CT:=CB*FNT*NT*CBT*FTM*FTT*FNT+CPL;
```

```
HOME;
```

```
PRM_CANT(CT,COSTO);
```

```
PRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
```

```
ESCP(0,12,'COSTO DE LA TORRE DE DESTILACION # ');
```

```
WRITE(EQ, ' : ', STR_COSTO);
ESCP(0,16, 'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
ESCP(0,17, 'el calculo para esta torre. ');
ESCP(80,20, 'CORRECTO (S/N) ? ');
RESPUESTA:=RESP(['S', 'N']);
IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
UNTIL CORRECTO
END; { del procedura TORR_DEST }
```


=====

COLUMNAS DE ABSORCION

=====

SEGMENT PROCEDURE COL_ABS(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

CONST PI = 3.14159;

VAR CORRECTO, SIST_ING, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 CB, FM, DI, HF, CP, : REAL;
 CT, CPL, TL : REAL;
 TIPO_MAT : INTEGER;

PROCEDURE CALC_FM;

BEGIN { del procedure CALC_FM }

HOME;

ESCP(80,5, 'TIPOS DE MATERIALES');

ESCP(24,7, '[1] ACERO INOXIDABLE 304.');

ESCP(24,8, '[2] ACERO INOXIDABLE 316.');

ESCP(24,9, '[3] CARPENTER 20CB-3.');

ESCP(24,10, '[4] NIQUEL-200.');

ESCP(24,11, '[5] MONEL-400.');

ESCP(24,12, '[6] INCONEL-600.');

ESCP(24,13, '[7] INCOLOY-825.');

ESCP(24,14, '[8] TITANIO.');

ESCP(24,15, '[9] ACERO AL CARBON.');

ESCP(24,17, 'SELECCIONE ..');

REPEAT

AC_NUM(38, 17, 1, FALSE, FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)

UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..9]);

TIPO_MAT:=TRUNC(NUMAUX);

CASE TIPO_MAT OF

1 : FM:=1.7;

2 : FM:=2.1;

3 : FM:=3.2;

4 : FM:=5.4;

5 : FM:=3.6;

6 : FM:=3.9;

7 : FM:=3.7;

8 : FM:=7.7;

9 : FM:=1.0

END

END; { del procedure CALC_FM }

PROCEDURE CALC_CB;

VAR WS : REAL;

PROCEDURE CALC_WS;

VAR TC,FG,E,RO,S,
TP,TS,F,Y : REAL;

BEGIN (del procedure CALC_WS)

ESCP(80,9, 'DATOS PARA EL CALCULO DEL PESO DE LA CORAZA');

IF NOT(SIST_ING)

THEN BEGIN

ESCP(0,11,

'ESPESOR POR CORROSION EN mm. ($0.2 \leq E \leq 0.6$) ?');

ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

REPEAT

AC_REAL_R(56,11,14,FALSE, ' ', ' ', 0.6,0.2,TC,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

TC:=TC/25.4;

ESCP(0,13,

'PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES (P > 0) ?');

REPEAT

AC_REAL_R(56,13,14,FALSE, ' ', ' ', 1E20,0,PG,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

PG:=PG*1.45037E-4

END

ELSE BEGIN

ESCP(0,11,

'ESP. POR CORROSION EN Plg. ($0.00787 \leq E \leq 0.02362$) ?');

ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

REPEAT

AC_REAL_R(56,11,14,FALSE, ' ', ' ', 23.62E-3,7.87E-3,TC,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

ESCP(0,13,

'PRESION INTERNA DE DIS. EN Lb/Plg² (P > 0) ?');

REPEAT

AC_REAL_R(56,13,14,FALSE, ' ', ' ', 1E20,0,PG,CANC)

UNTIL NOT(CANC)

END;

ESCP(0,15, 'EFICIENCIA DE JUNTAS ($0.45 \leq Ef \leq 1$) ?');

REPEAT

AC_REAL_R(56,15,14,FALSE, ' ', ' ', 1,0.45,E,CANC)

UNTIL NOT(CANC);

CASE TIPO_MAT OF

1 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;

2 : BEGIN RO:=0.29; S:=18.75E3 END;

3 : BEGIN RO:=0.289; S:=21.25E3 END;

4 : BEGIN RO:=0.321; S:=12.50E3 END;

5 : BEGIN RO:=0.319; S:=18.80E3 END;

6 : BEGIN RO:=0.304; S:=21.88E3 END;

7 : BEGIN RO:=0.294; S:=23.75E3 END;

8 : BEGIN RO:=0.163; S:=21.25E3 END;

9 : BEGIN RO:=0.284; S:=13.70E3 END

```

END;
TP:=PG*D1/(2*(S+E-0.6*PG));
TS:=TP+TC;
  IF TS<=1 THEN F:=32 ELSE
  IF TS<=2 THEN F:=16 ELSE
  IF TS<=3 THEN F:=8
  ELSE F:=4;
Y:=TS*F;
IF Y<>TRUNC(Y) THEN Y:=TRUNC(Y)+1;
TS:=Y/F;
WS:=PI*D1*(TL+0.8116*D1)*TS*RO
END; ( del procedure CALC_WS )

```

```

BEGIN ( del procedure CALC_CB )
HOME;
IF NOT(SIST_ING)
THEN BEGIN
  ESCP(0,2,
    'DIAMETRO DE LA COLUMNA EN Mts. (0.91 <= D <= 6.4)      ? ');
  ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,2,14,FALSE,' ',',6.4,0.91,DI,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  DI:=D1/0.305;
  ESCP(0,4,
    'LONG. TANG. A TANG. EN Mts. (8.23 <= L <= 12.19)      ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,4,14,FALSE,' ',',12.19,8.23,TL,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  TL:=TL/0.305
  END
ELSE BEGIN
  ESCP(0,2,
    'DIAMETRO DE LA COLUMNA EN PIES (3 <= D <= 21)      ? ');
  ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,2,14,FALSE,' ',',21,3,DI,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  ESCP(0,4,
    'LONG. TANG. A TANG. EN PIES (27 <= 40)      ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,4,14,FALSE,' ',',40,27,TL,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
  END;
CRENG(23);
ESCP(0,6,'SE CONOCE EL PESO DE LA CORAZA (S/N)      ? ');
RESPUESTA:=RESP('S','N'); WRITE(RESPUESTA);
IF RESPUESTA='S'
THEN IF NOT(SIST_ING)
THEN BEGIN
  ESCP(0,8,'PESO DE LA CORAZA EN Kg. (2,210 <= PESO <= 103,000) ? ');
  ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,8,14,FALSE,' ',',103E3,2.21E3,WS,CANC);

```

```

        UNTIL NOT(CANC);
        WS:=WS/0.454
        END
    ELSE BEGIN
        ESCP(0,8,'PESO DE LA CORAZA EN Lbs. (4,876 <= peso <= 226,000) ? ');
        ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
        REPEAT
            AC_REAL_R(56,8,14,FALSE,' ',',',226E3,4876.0,WS,CANC);
        UNTIL NOT(CANC)
        END
    ELSE CALC_WS;
    CRENG(23);
    CB:=EXP(6.329+0.18255*LN(WS)+0.02297*SQR(LN(WS)))
END; ( del procedure CALC_CB )

```

```
PROCEDURE CALC_CP_Y_CPL;
```

```
VAR TIPO_EMP : INTEGER;
```

```
BEGIN ( del procedure CALC_CP_Y_CPL )
```

```
HOME;
```

```

ESCP(80,0,'TIPO DE EMPACADO');
ESCP(18,2,'[1] ANILLOS DE CERAMICA RASCHING, 1 PLG. ');
ESCP(18,3,'[2] ANILLOS DE METAL RASCHING, 1 PLG. ');
ESCP(18,4,'[3] SILLETAS INTALOX, 1 PLG. ');
ESCP(18,5,'[4] ANILLOS DE CERAMICA RASCHING, 2 PLGS. ');
ESCP(18,6,'[5] ANILLOS DE METAL RASCHING, 2 PLGS. ');
ESCP(18,7,'[6] ANILLOS DE METAL PALL, 1 PLG. ');
ESCP(18,8,'[7] SILLETAS INTALOX, 2 PLGS. ');
ESCP(18,9,'[8] ANILLOS DE METAL PALL, 2 PLGS. ');
ESCP(18,11,'SELECCIONE .. ');

```

```
REPEAT
```

```
    AC_NUM(32,11,1,FALSE,FALSE,' ',',',NUMAUX,CANC);
```

```
    UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN (1..8));
```

```
TIPO_EMP:=TRUNC(NUMAUX);
```

```
CASE TIPO_EMP OF
```

```
    1 : CP:=14.5;
```

```
    2 : CP:=23.9;
```

```
    3 : CP:=14.5;
```

```
    4 : CP:=10.1;
```

```
    5 : CP:=17.0;
```

```
    6 : CP:=23.9;
```

```
    7 : CP:=10.1;
```

```
    8 : CP:=17.0
```

```
END;
```

```
IF NOT(SIST_ING)
```

```
THEN BEGIN
```

```
    ESCP(0,15,
```

```
        'ALTURA DEL EMPACADO EN Mts. (H < LONG. TG, A TG.) ? ');
```

```
    ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
```

```
    REPEAT
```

```
        AC_REAL_R(56,15,14,FALSE,' ',',',TL*0.305,0,HP,CANC)
```

```

        UNTIL NOT (CANC);
        HP:=HP/0.305
        END
    ELSE BEGIN
        ESCP(0,15,
            'ALTURA DEL EMPACADO EN PIES (H < LONG. TG, A TG.) ? ');
        ESCP(80,23,'<CTL>-X Cancelar');
        REPEAT
            AC_REAL_R(56,15,14,FALSE,' ',' ',TL,0,HP,CANC)
        UNTIL NOT (CANC);
        END;
        CPL:=182.5*EXP(0.73960*LN(DI))*EXP(0.70684*LN(TL));
    END; { del procedure CALC_CP_Y_CPL }

```

```

BEGIN { del procedure COL_ABS }
    COSTO:=0;
    CORRECTO:=FALSE;
    REPEAT
        HOME;
        ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UNA COLUMNA DE ABSORCION');
        ESCP(80,2,'COLUMNA DE ABSORCION # '); WRITE(EQ);
        ESCP(0,5,'Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran');
        ESCP(0,6,'los datos para la estimacion:');
        ESCP(80,8,'S)istema internacional, I)ngles ? ');
        RESPUESTA:=RESP([ 'I', 'S' ]); WRITE(RESPUESTA);
        IF RESPUESTA='I' THEN SIST_ING:=TRUE
            ELSE SIST_ING:=FALSE;

        CALC_FM;
        CALC_CB;
        CALC_CP_Y_CPL;
        CT:=CB*FM+(PI*SQR(DI)/4)*HP*CP+CPL;
        HOME;
        REAL_CANT(CT,COSTO);
        FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
        ESCP(0,12,'COSTO DEL COLUMNA DE ABSORCION # ');
        WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
        ESCP(0,16,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
        ESCP(0,17,'el calculo para esta columna. ');
        ESCP(80,20,'CORRECTO (S/N) ? ');
        RESPUESTA:=RESP([ 'S', 'N' ]);
        IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
        UNTIL CORRECTO
    END; { del procedure COL_ABS }

```

=====

TANQUES DE ALMACENAMIENTO

=====

SEGMENT PROCEDURE TANQUE(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, CANC, SIST_ING : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 COT, CB, FM, VOLUMEN : REAL;
 TIPO : INTEGER;

PROCEDURE CALCOB;

BEGIN

 HOME;

 ESCP(80,8, 'TIPO DE CONSTRUCCION');

 ESCP(30,8, '11 FABRICADO EN TALLER');

 ESCP(30,9, '12 LEVANTADO EN CAMPO');

 ESCP(30,11, 'SELECCIONE ..');

 REPEAT

 AC_NUM(44, 11, 1, FALSE, FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)

 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN {1..2});

 TIPO:=TRUNC(NUMAUX);

 IF SIST_ING

 THEN BEGIN

 IF TIPO = 1

 THEN BEGIN

 ESCP(0, 15,

 'VOLUMEN EN GALONES (1,300 <= V <= 21,000');

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 REPEAT

 AC_REAL_R(56, 15, 14, FALSE, ' ', ' ',

 21E3, 1.3E3, VOLUMEN, CANC)

 UNTIL NOT(CANC);

 CRENG(23);

 CB:=EXP(2.331+1.3673*LN(VOLUMEN)-0.063088*SQR(LN(VOLUMEN)));

 END

 ELSE BEGIN

 ESCP(0, 15,

 'VOLUMEN EN GALONES (21,000 <= V <= 11,000,000');

 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');

 REPEAT

 AC_REAL_R(56, 15, 14, FALSE, ' ', ' ',

 11E6, 21E3, VOLUMEN, CANC)

 UNTIL NOT(CANC);

 CRENG(23);

 CB:=EXP(1.367-0.6104*LN(VOLUMEN)+0.045355*SQR(LN(VOLUMEN)));

 END

END

```

ELSE BEGIN
  IF TIPO = 1
  THEN BEGIN
    ESCP(0,15,
      'VOLUMEN EN METROS CUBICOS (5 <= V <= 80) ? ');
    ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,15,14,FALSE,
        '56,15,14,FALSE,
        80,5,VOLUMEN,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
    CB:=EXP(7.994+0.6637*LN(VOLUMEN)-0.063088*SQR(LN(VOLUMEN)));
    END
  ELSE BEGIN
    ESCP(0,15,
      'VOLUMEN EN METROS CUBICOS (80 <= V <= 45,000) ? ');
    ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
    REPEAT
      AC_REAL_R(56,15,14,FALSE,
        '56,15,14,FALSE,
        45E3,80,VOLUME I,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
    CRENG(23);
    CB:=EXP(9.369-0.1045*LN(VOLUMEN)+0.045355*SQR(LN(VOLUMEN)));
    END
  END
END;

```

PROCEDURE CALCFM;

VAR MATERIAL : INTEGER;

BEGIN (del procedure CALCFM)

HOME;

ESCP(80,2, 'MATERIALES DE CONSTRUCCION ');

ESCP(19, 4, ' [1] ACERO INOXIDABLE 316 ');

ESCP(19, 5, ' [2] ACERO INOXIDABLE 304 ');

ESCP(19, 6, ' [3] ACERO INOXIDABLE 347 ');

ESCP(19, 7, ' [4] NICKEL ');

ESCP(19, 8, ' [5] MONEL ');

ESCP(19, 9, ' [6] INCONEL ');

ESCP(19,10, ' [7] ZIRCONIUM ');

ESCP(19,11, ' [8] TITANIUM ');

ESCP(19,12, ' [9] ACERO RECUBIERTO CON LADRILLO Y CAUCHO ');

ESCP(19,13, ' [10] O LADRILLO Y POLIESTER ');

ESCP(19,14, ' [11] ACERO RECUBIERTO CON PLOMO O RUIE ');

ESCP(19,15, ' [12] POLIESTER, FIBRA DE VIDRIO REFORZADA ');

ESCP(19,16, ' [13] ALUMINIO ');

ESCP(19,17, ' [14] COBRE ');

ESCP(19,18, ' [15] CONCRETO ');

ESCP(19,19, ' [16] ACERO AL CARBON ');

ESCP(19,21, 'SELECCIONE .. ');

REPEAT

AC_NUM(30,21,2,FALSE,FALSE,
 '30,21,2,FALSE,FALSE,
 , , , NUMAUX,CANC)

```
UNTIL NOT (CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN (1..15));  
MATERIAL:=TRUNC(NUMAUX);
```

```
CASE MATERIAL OF
```

- 1 : FM:=2.7;
- 2 : FM:=2.4;
- 3 : FM:=3.0;
- 4 : FM:=3.5;
- 5 : FM:=3.3;
- 6 : FM:=3.8;
- 7 : FM:=11.0;
- 8 : FM:=11.0;
- 9 : FM:=2.75;
- 10 : FM:=1.9;
- 11 : FM:=0.32;
- 12 : FM:=2.7;
- 13 : FM:=2.3;
- 14 : FM:=0.55;
- 15 : FM:=1.0;

```
END;
```

```
END; ( del procedure CALCCFM )
```

```
BEGIN ( del procedure TANQUE )
```

```
COSTO:=0;  
CORRECTO:=FALSE;
```

```
REPEAT
```

```
HOME;
```

```
ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UN TANQUE');
```

```
ESCP(80,2,'TANQUE # '); WRITE(EQ);
```

```
ESCP(0,5,'Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran');
```

```
ESCP(0,6,'los datos para la estimacion:');
```

```
ESCP(80,8,'Sistema internacional, (Ingles)');
```

```
RESPUESTA:=RESP('I','S');
```

```
IF RESPUESTA='I' THEN SIST_ING:=TRUE  
ELSE SIST_ING:=FALSE;
```

```
CALCCB;
```

```
CALCCFM;
```

```
CET:=CB*FM;
```

```
HOME;
```

```
REAL_CANT(CET,COSTO);
```

```
FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
```

```
ESCP(0,12,'COSTO DEL TANQUE # ');
```

```
WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
```

```
ESCP(0,16,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
```

```
ESCP(0,17,'el calculo para este tanque:');
```

```
ESCP(80,20,'CORRECTO (S/N)');
```

```
RESPUESTA:=RESP('S','N');
```

```
IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
```

```
UNTIL CORRECTO
```

```
END; ( del procedure TANQUE )
```


=====

INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS

=====

SEGMENT PROCEDURE INT_ESP(EQ:INTEGER; VAR COSTO:NUMERO);

VAR CORRECTO,CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 C : REAL;
 TIPO : INTEGER;

PROCEDURE SEL_TIPO;

BEGIN (del procedure SEL_TIPO)
 ESCP(80,6, 'TIPOS DE INTERCAMBIADORES');
 ESCP(10, 8, ' [1] PLACA Y TUBO. ');
 ESCP(10, 9, ' MATERIAL DE CONSTRUCCION: Todos los Tipos de Aceros');
 ESCP(10,10, ' Inoxidables 304. ');
 ESCP(10,12, ' [2] PLACA Y ESTRUCTURA. ');
 ESCP(10,13, ' MATERIAL DE CONSTRUCCION: Estructura - Acero al Carbon');
 ESCP(10,14, ' Placas - Acero al Carbon 304 ');
 ESCP(10,16, ' [3] ESPIRAL Y PLACA. ');
 ESCP(10,17, ' MATERIAL DE CONSTRUCCION: Todos los Tipos de Aceros');
 ESCP(10,18, ' Inoxidables 304. ');
 ESCP(10,20, 'SELECCIONE .. ');
 REPEAT
 AC_NUM(24,20,1,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX,CANC)
 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..3]);
 TIPO:=TRUNC(NUMAUX)
 END; (del procedure SEL_TIPO)

PROCEDURE CALCULA;

VAR A,K,N : REAL;

BEGIN (del procedure CALCULA)
 HOME;
 ESCP(0,7, 'NOTA: las condiciones de operacion deberan ser');
 ESCP(0,8, ' Temp. Max. de Operacion < 350 Grados Farenheit. ');
 ESCP(0,9, ' Pres. Max. de Operacion < 200 Psig. ');
 CASE TIPO OF
 1 : BEGIN
 ESCP(0,13, ' AREA DEL INTERCAMBIADOR EN Pies^2 (400 <= A <= 9,000) ? ');
 ESCP(80,23, '<CTL>-X Canceled');
 REPEAT
 AC_REAL_R(56,13,14,FALSE, ' ', ' ', ,9E3,4E2,A,CANC)

=====

COMPRESORES

=====

SEGMENT PROCEDURE COMPRESOR (EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

```

VAR      CORRECTO, CANC           : BOOLEAN;
          RESPUESTA              : CHAR;
          STR_COSTO              : STRING;
          NUMAUX                 : NUMERO;
          C                      : REAL;
          T_COMP                 : INTEGER;
  
```

PROCEDURE TIFO_COMP;

```

BEGIN { del procedure TIFO_COMP }
  ESCF (80,6, 'TIFOS DE COMPRESORES');
  ESCF (28,8, '1] RECIPROCANTES. ');
  ESCF (28,9, '2] CENTRIFUGOS. ');
  ESCF (28,11, 'SELECCIONE .. ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(42,11,1,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)
  UNTIL NOT (CANC) AND (TRUNC (NUMAUX) IN [1..2]);
  T_COMP:=TRUNC (NUMAUX);
END; { del procedure TIFO_COMP }
  
```

PROCEDURE RECIPROCANTES;

```

VAR P, HP, F : REAL;

BEGIN { del procedure RECIPROCANTES }
  ESCF (0,15, 'PRESION EN Lb/Fig^2 (1,000 <= P <= 6,000) ? ');
  ESCF (80,23, '<CTL>-x Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,15,14,FALSE, ' ', ' ', 1E3, 1E3, P, CANC)
  UNTIL NOT (CANC);
  ESCF (0,17, 'POTENCIA EN Hp. (300 <= POT <= 13,000) ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,17,14,FALSE, ' ', ' ', 1E3, 3E3, HP, CANC)
  UNTIL NOT (CANC);
  CRENG (23);
  F:=EXP (3.069038+1.050350*LN(P)-0.057806*SQR(LN(P)));
  C:=F*EXP (0.691685*LN(HP));
END; { del procedure RECIPROCANTES }
  
```

PROCEDURE CENTRIFUGOS;

```

VAR HP : REAL;
  
```


=====

AGITADORES

=====

SEGMENT PROCEDURE AGITADOR(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 C, P : REAL;
 TIPO_MAT, TIPO_VEL, : INTEGER;
 NUM_IMP : INTEGER;

PROCEDURE SEL_TIPO;

BEGIN { del procedure SEL_TIPO }
 ESCP(80,5, 'TIPO DE MATERIAL DE LA PARTE SUMERGIDA');
 ESCP(24,7, '[1] ACERO AL CARBON. ');
 ESCP(24,8, '[2] ACERO INOXIDABLE 316. ');
 ESCP(24,10, 'SELECCIONE .. ');
 REPEAT
 AC_NUM(38,10,1,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX,CANC)
 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN (1..2));
 TIPO_MAT:=TRUNC(NUMAUX)
 END; { del procedure SEL_TIPO }

PROCEDURE SEL_VEL;

BEGIN { del procedure SEL_VEL }
 ESCP(80,13, 'VELOCIDAD DEL IMPULSOR');
 ESCP(24,15, '[1] 30 a 45 R.P.M. ');
 ESCP(24,16, '[2] 56 a 100 R.P.M. ');
 ESCP(24,17, '[3] 125 a 230 R.P.M. ');
 ESCP(24,19, 'SELECCIONE .. ');
 REPEAT
 AC_NUM(38,19,1,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX,CANC)
 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN (1..3));
 TIPO_VEL:=TRUNC(NUMAUX)
 END; { del procedure SEL_VEL }

PROCEDURE SEL_NUM_IMP;

BEGIN { del procedure SEL_NUM_IMP }
 HOME;
 ESCP(80,7, 'NUMERO DE IMPULSORES');
 ESCP(30,9, '[1] UN IMPULSOR. ');
 ESCP(30,10, '[2] DOS IMPULSORES. ');

```

ESCP(30,12,'SELECCIONE .. ');
REPEAT
  AC_NUM(44,12,1,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
  UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..2]);
NUM_IMP:=TRUNC(NUMAUX);
ESCP(0,16,'POTENCIA DEL IMPULSOR EN Hp. (1 <= POT <= 450)      ? ');
ESCP(80,23,'<C'IL>-X Cancelar');
REPEAT
  AC_REAL_R(56,16,14,FALSE,' ',' ',450,1,P,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
CRENG(23)
END; { del procedure SEL_NUM_IMP }

```

```

PROCEDURE CALCULA;

```

```

BEGIN { del procedure CALCULA }
  IF TIPO_MAT=1
  THEN IF NUM_IMP=1
  THEN CASE TIPO_VEL OF
    1 : C:=EXP(8.038740-0.00769627*LN(P)+0.166981*SQR(LN(P))-
      0.011961*SQR(LN(P))*LN(P));
    2 : C:=EXP(7.919422-0.11189300*LN(P)+0.128904*SQR(LN(P))-
      0.003412*SQR(LN(P))*LN(P));
    3 : C:=EXP(7.822698-0.02516600*LN(P)+0.023470*SQR(LN(P))-
      0.010528*SQR(LN(P))*LN(P));
  END
  ELSE CASE TIPO_VEL OF
    1 : C:=EXP(8.144612-0.13091100*LN(P)+0.117417*SQR(LN(P))-
      0.008215*SQR(LN(P))*LN(P));
    2 : C:=EXP(7.972567-0.05182300*LN(P)+0.134745*SQR(LN(P))-
      0.006249*SQR(LN(P))*LN(P));
    3 : C:=EXP(7.931809-0.12756600*LN(P)+0.091985*SQR(LN(P))-
      0.001764*SQR(LN(P))*LN(P));
  END
  ELSE IF NUM_IMP=1
  THEN CASE TIPO_VEL OF
    1 : C:=EXP(8.291776-0.12913900*LN(P)+0.130705*SQR(LN(P))-
      0.010241*SQR(LN(P))*LN(P));
    2 : C:=EXP(8.086728-0.09964638*LN(P)+0.1635503*SQR(LN(P))-
      0.009082392*SQR(LN(P))*LN(P));
    3 : C:=EXP(8.452895-0.06017400*LN(P)+0.278596*SQR(LN(P))-
      0.017038*SQR(LN(P))*LN(P));
  END
  ELSE CASE TIPO_VEL OF
    1 : C:=EXP(8.692157-0.18178600*LN(P)+0.117416*SQR(LN(P))-
      0.008781*SQR(LN(P))*LN(P));
    2 : C:=EXP(8.280541-0.00362724*LN(P)+0.16001016*SQR(LN(P))-
      0.01111669*SQR(LN(P))*LN(P));
    3 : C:=EXP(8.127707-0.13514100*LN(P)+0.124963*SQR(LN(P))-
      0.003417*SQR(LN(P))*LN(P));
  END
END; { del procedure CALCULA }

```

```

BEGIN ( del procedure AGITADOR )
COSTO:=0;
CORRECTO:=FALSE;
REPEAT
HOME;
ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UN AGITADOR');
ESCP(80,2,'AGITADOR # '); WRITE(EQ);
SEL_TIPO;
SEL_VEL;
SEL_NUM_IMP;
CALCULA;
HOME;
REAL_CANT(C,COSTO);
FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
ESCP(0,12,'COSTO DEL AGITADOR # ');
WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
ESCP(0,15,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
ESCP(0,17,'el calculo para este agitador. ');
ESCP(80,20,'CORRECTO (S/N) ? ');
RESPUESTA:=RESP(D'S',N'1');
IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
UNTIL CORRECTO
END; ( del procedure AGITADOR )

```

=====

REACTORES

=====

SEGMENT PROCEDURE REACTOR(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 C : REAL;
 TIPO_MAT : INTEGER;

PROCEDURE SEL_TIPO;

BEGIN { del procedure SEL_TIPO }
 ESCP(80,5, 'MATERIAL DE CONSTRUCCION');
 ESCP(24,7, '[1] ACERO INOXIDABLE 304. ');
 ESCP(24,8, '[2] ACERO INOXIDABLE 316. ');
 ESCP(24,10, 'SELECCIONE .. ');
 REPEAT
 AC_NUM(38,10,1,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)
 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..2]);
 TIPO_MAT:=TRUNC(NUMAUX);
 ESCP(0,13, 'CONDICIONES DE DISEÑO DEL REACTOR');
 ESCP(0,14, ' - PRESION MAXIMA 75 PSI. ');
 ESCP(0,15, ' - TEMPERATURA MAXIMA 350 GRADOS FARENHEIT. ');
 ESCP(0,16, 'CONDICIONES DE DISEÑO PARA EL AISLANTE');
 ESCP(0,17, ' - CHAQUETA DE HOYUELOS DE ACERO INOXIDABLES. ');
 ESCP(0,18, ' - PRESION MAXIMA 125 PSI. ');
 ESCP(0,19, ' - TEMPERATURA MAXIMA 350 GRADOS FARENHEIT. ');
 END; { del procedure SEL_TIPO }

PROCEDURE CALCULA;

VAR V : REAL;

BEGIN { del procedure CALCULA }
 ESCP(0,21, 'VOLUMEN DEL REACTOR EN GALONES (0 <= V <= 10,000) ? ');
 ESCP(80,23, '<CTL>-X Cancelar');
 REPEAT
 AC_REAL_R(56,21,14,FALSE, ' ', ' ', 10E3, 0, V, CANC)
 UNTIL NOT(CANC);
 CRENS(23);
 IF TIPO_MAT=1
 THEN C:=1000*(8.310915+7.338329*(V/1000)-0.256046*(SQR(V/1000)))
 ELSE C:=1000*(11.219253+7.422550*(V/1000)-0.179905*(SQR(V/1000)))
 END; { del procedure CALCULA }


```

BEGIN { del procedure REACTOR }
COSTO:=0;
CORRECTO:=FALSE;
REPEAT
  HOME;
  ESCP(80,0,'ESTIMACION DEL COSTO PARA UN REACTOR');
  ESCP(80,2,'REACTOR # '); WRITE(EQ);
  SEL_TIPO;
  CALCULA;
  HOME;
  REAL_CANT(C,COSTO);
  FRM_CANT(10,COSTO,STR_COSTO);
  ESCP(0,12,'COSTO DEL REACTOR # ');
  WRITE(EQ,' : ',STR_COSTO);
  ESCP(0,14,'Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente');
  ESCP(0,17,'el calculo para este reactor. ');
  ESCP(80,20,'CORRECTO (S/N) ? ');
  RESPUESTA:=RESP('S','N');
  IF RESPUESTA='S' THEN CORRECTO:=TRUE
UNTIL CORRECTO
END; { del procedure REACTOR }

```

=====

BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO

=====

SEGMENT PROCEDURE BOMBA(EQ: INTEGER; VAR COSTO: NUMERO);

VAR CORRECTO, SIST_ING, CANC : BOOLEAN;
 RESPUESTA : CHAR;
 STR_COSTO : STRING;
 NUMAUX : NUMERO;
 CP, CB, FT, FM, S, Q, H, :
 P, A1, A2, A3, CT, CM : REAL;
 TIPO_BOMBA : INTEGER;

PROCEDURE CALC_CB;

VAR LIF,LSF,LIC,LSC : REAL;

PROCEDURE SEL_TIPO;

BEGIN { del procedure SEL_TIPO }
 ESCP(80,4,'TIPOS DE BOMBAS');
 ESCP(20,6,'[1] UNA ETAPA, 3550 RPM, VSC. ');
 ESCP(20,7,'[2] UNA ETAPA, 1750 RPM, VSC. ');
 ESCP(20,8,'[3] UNA ETAPA, 3550 RPM, HSC. ');
 ESCP(20,9,'[4] UNA ETAPA, 1750 RPM, HSC. ');
 ESCP(20,10,'[5] DOS ETAPAS, 3550 RPM, HSC. ');
 ESCP(20,11,'[6] MULTIETAPA, 3550 RPM, HSC. ');
 ESCP(20,13,'SELECCIONE .. ');
 REPEAT
 AC_NUM(34,13,1,FALSE,FALSE,' ',' ',NUMAUX,CANC)
 UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..6]);
 TIPO_BOMBA:=TRUNC(NUMAUX);
 END; { del procedure SEL_TIPO }

PROCEDURE INGLES;

BEGIN { del procedure INGLES }
 CASE TIPO_BOMBA OF
 1 : BEGIN LIF:=50; LSF:=900; LIC:=50; LSC:=400 END;
 2 : BEGIN LIF:=50; LSF:=3500; LIC:=50; LSC:=200 END;
 3 : BEGIN LIF:=100; LSF:=1500; LIC:=100; LSC:=450 END;
 4 : BEGIN LIF:=250; LSF:=5000; LIC:=50; LSC:=500 END;
 5 : BEGIN LIF:=50; LSF:=1100; LIC:=300; LSC:=1100 END;
 6 : BEGIN LIF:=100; LSF:=1500; LIC:=650; LSC:=3200 END;
 END;
 ESCP(0,17,'FLUJO EN GPM. ()');
 WRITE(LIF:6:1,' Q = P (= ',LSF:7:1,') ? ');
 ESCP(80,23,'<C>Y<X Cancelar');

```

REPEAT
  AC_REAL_R(56,17,14,FALSE, ' ', ' ', LSF,LIF,Q ,CANC)
  UNTIL NOT(CANC);
ESCP(0,19,'CABEZA EN ft-lbf/lb ( ');
  WRITE(LIC:6:1, ' <= C <= ',LSC:7:1, ' ? ');
REPEAT
  AC_REAL_R(56,19,14,FALSE, ' ', ' ', LSC,LIC,H ,CANC)
  UNTIL NOT(CANC)
END; { del procedure INGLES }

```

PROCEDURE INTERNA;

```

BEGIN { del procedure INTERNA }
  CASE TIPO_BOMBA OF
    1 : BEGIN LIF:=0.00315; LSF:=0.5680; LIC:=150; LSC:=1200 END;
    2 : BEGIN LIF:=0.00315; LSF:=0.2208; LIC:=150; LSC:=600 END;
    3 : BEGIN LIF:=0.00231; LSF:=0.0946; LIC:=300; LSC:=1350 END;
    4 : BEGIN LIF:=0.01577; LSF:=0.3155; LIC:=150; LSC:=1500 END;
    5 : BEGIN LIF:=0.00315; LSF:=0.0694; LIC:=900; LSC:=3300 END;
    6 : BEGIN LIF:=0.00231; LSF:=0.0946; LIC:=2000; LSC:=9600 END;
  END;
  ESCP(0,17,'FLUJO EN m3/seg ( ');
  WRITE(LIF:6:5, ' <= F <= ',LSF:7:4, ' ? ');
  ESCP(80,25,'CTIL)-X Cancelar');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,17,14,FALSE, ' ', ' ', LSF,LIF,Q ,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  Q:=15850.3224*Q;
  ESCP(0,19,'CABEZA EN Joules/kg ( ');
  WRITE(LIC:7:1, ' <= C <= ',LSC:7:1, ' ? ');
  REPEAT
    AC_REAL_R(56,19,14,FALSE, ' ', ' ', LSC,LIC,H ,CANC)
    UNTIL NOT(CANC);
  H:=0.334553203*H
END; { del procedure INTERNA }

```

```

BEGIN { del procedure CALC_CB }
  NONE;
  SEL_TIPO;
  IF SIST_ING THEN INGLES
  ELSE INTERNA;
  S:=Q*SQRT(H);
  CO:=EXP(8.3947-0.6019*LN(S)+0.0519*SQR(LN(S)))
END; { del procedure CALC_CB }

```

PROCEDURE CALC_FT;

```

VAR B1,B2,B3 : REAL;

BEGIN { del procedure CALC_FT }
  CASE TIPO_BOMBA OF

```

```

1 : BEGIN B1:= 0.0000; B2:= 0.0000; B3:= 0.0000 END;
2 : BEGIN B1:= 5.1029; B2:=-1.2217; B3:= 0.0771 END;
3 : BEGIN B1:= 0.0632; B2:= 0.2744; B3:=-0.0273 END;
4 : BEGIN B1:= 2.0290; B2:=-0.2371; B3:= 0.0102 END;
5 : BEGIN B1:=13.7321; B2:=-2.8304; B3:= 0.1542 END;
6 : BEGIN B1:= 9.8849; B2:=-1.6164; B3:= 0.0834 END;
END;
FT:=EXP(B1+B2*LN(S)+B3*SQR(LN(S)))
END; ( del procedure CALC_FT )

```

```
PROCEDURE CALC_FM;
```

```
VAR TIPO_MAT_C : INTEGER;
```

```
BEGIN ( del procedure CALC_FM )
```

```
HOME;
```

```
ESCP(19,2, 'TIPOS DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA BOMBA');
```

```
ESCP(19,4, '0 11 ACERO FUNDIDO.');
```

```
ESCP(19,5, '0 21 CONEXIONES 304 o 316.');
```

```
ESCP(19,6, '0 31 ACERO INOXIDABLE 304 316.');
```

```
ESCP(19,7, '0 41 ALEACION GOULD FUNDIDA No. 20.');
```

```
ESCP(19,8, '0 51 NIQUEL.');
```

```
ESCP(19,9, '1 61 MONEL.');
```

```
ESCP(19,10, '0 71 ISO B.');
```

```
ESCP(19,11, '0 81 ISO C.');
```

```
ESCP(19,12, '0 91 TITANIO.');
```

```
ESCP(19,13, '0101 HASTELLOY C.');
```

```
ESCP(19,14, '0111 ACERO DUCTIL.');
```

```
ESCP(19,15, '0121 BRONCE.');
```

```
ESCP(19,16, '0131 HIERRO FUNDIDO.');
```

```
ESCP(19,18, 'SELECCIONE ..');
```

```
REPEAT
```

```
AC_NUM(33,18,2,FALSE,FALSE, ' ', ' ', NUMAUX,CANC)
```

```
UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..13]);
```

```
TIPO_MAT_C:=TRUNC(NUMAUX);
```

```
CASE TIPO_MAT_C OF
```

```
1 : FM:=-1.35;
```

```
2 : FM:=1.15;
```

```
3 : FM:=2.00;
```

```
4 : FM:=2.00;
```

```
5 : FM:=3.50;
```

```
6 : FM:=3.30;
```

```
7 : FM:=4.95;
```

```
8 : FM:=4.60;
```

```
9 : FM:=9.70;
```

```
10 : FM:=2.95;
```

```
11 : FM:=1.15;
```

```
12 : FM:=1.90;
```

```
13 : FM:=1.00;
```

```
END
```

```
END; ( del procedure CALC_FM )
```

PROCEDURE CALC_F;

VAR TIPO_MOT, TIPO_VEL : INTEGER;
RO, NUP, PB, LSPM : REAL;

PROCEDURE SEL_MOTOR;

BEGIN (del procedure SEL_MOTOR)

HOME;

ESCF(80,0, 'TIPOS DE MOTOR');

ESCF(15,2, '[1] ABIERTO. A PRUEBA DE GOTEO.');

ESCF(15,3, '[2] TOTALMENTE CERRADO. ENFRIADO POR VENTILADOR.');

ESCF(15,4, '[3] A PRUEBA DE EXPLOSION.');

ESCF(15,6, 'SELECCIONE ..');

REPEAT

AC_NUM(29,6, 1, FALSE, FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)

UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..3]);

TIPO_MOT:=TRUNC(NUMAUX);

ESCF(80,9, 'VELOCIDAD DEL MOTOR');

ESCF(15,11, '[1] 3600 RPM.');

ESCF(15,12, '[2] 1800 RPM.');

ESCF(15,13, '[3] 1200 RPM.');

ESCF(15,15, 'SELECCIONE ..');

REPEAT

AC_NUM(29,15, 1, FALSE, FALSE, ' ', ' ', NUMAUX, CANC)

UNTIL NOT(CANC) AND (TRUNC(NUMAUX) IN [1..3]);

TIPO_VEL:=TRUNC(NUMAUX);

END; (del procedure SEL_MOTOR)

PROCEDURE CALC_AS;

BEGIN (del procedure CALC_AS)

CASE TIPO_MOT OF

1 : CASE TIPO_VEL OF

1 : IF PK=7.5

THEN BEGIN A1:=4.8314; A2:= 0.09666; A3:= 0.10960 END ELSE

IF PK=250

THEN BEGIN A1:=4.1514; A2:= 0.53470; A3:= 0.05252 END

ELSE BEGIN A1:=4.2432; A2:= 1.03251; A3:=-0.03595 END;

2 : IF PK=7.5

THEN BEGIN A1:=4.7075; A2:=-0.01511; A3:= 0.22888 END ELSE

IF PK=250

THEN BEGIN A1:=4.5212; A2:= 0.47242; A3:= 0.04820 END

ELSE BEGIN A1:=7.4044; A2:=-0.05454; A3:= 0.05448 END;

3 : IF PK=7.5

THEN BEGIN A1:=4.9298; A2:= 0.30118; A3:= 0.12630 END ELSE

IF PK=250

THEN BEGIN A1:=5.0999; A2:= 0.35861; A3:= 0.06052 END

ELSE BEGIN A1:=4.6163; A2:= 0.88531; A3:=-0.02188 END

END;

2 : CASE TIPO_VEL OF

1 : IF PK=7.5

THEN BEGIN A1:=5.1058; A2:= 0.03316; A3:= 0.15374 END ELSE

IF PK=250

```

        THEN BEGIN A1:=3.8544; A2:= 0.83311; A3:= 0.02399 END
        ELSE BEGIN A1:=5.3182; A2:= 1.08470; A3:=-0.05695 END;
2 : IF P<=250
    THEN BEGIN A1:=4.9687; A2:=-0.00930; A3:= 0.22616 END
    ELSE BEGIN A1:=4.5347; A2:= 0.57065; A3:= 0.04609 END;
3 : IF P<=7.5
    THEN BEGIN A1:=5.1532; A2:= 0.28931; A3:= 0.14357 END
    ELSE BEGIN A1:=5.3858; A2:= 0.31004; A3:= 0.07406 END

```

```
END;
```

```
3 : CASE TIPO_VEL OF
```

```
1 : IF P<=7.5
```

```
    THEN BEGIN A1:=5.3934; A2:=-0.00333; A3:= 0.15475 END
```

```
    ELSE BEGIN A1:=4.4442; A2:= 0.60820; A3:= 0.05202 END;
```

```
2 : IF P<=7.5
```

```
    THEN BEGIN A1:=5.2851; A2:= 0.00048; A3:= 0.19949 END
```

```
    ELSE BEGIN A1:=4.8178; A2:= 0.51086; A3:= 0.05293 END;
```

```
3 : IF P<=7.5
```

```
    THEN BEGIN A1:=5.4166; A2:= 0.31216; A3:= 0.10573 END
```

```
    ELSE BEGIN A1:=5.5655; A2:= 0.31284; A3:= 0.07212 END
```

```
END
```

```
END
```

```
END; ( del procedure CALC_AS )
```

```
BEGIN ( del procedure CALC_P )
```

```
SEL_MOTOR;
```

```
CASE TIPO_MOT OF
```

```
1 : CASE TIPO_VEL OF
```

```
1 : LSPM:=700;
```

```
2 : LSPM:=600;
```

```
3 : LSPM:=500
```

```
END;
```

```
2 : CASE TIPO_VEL OF
```

```
1 : LSPM:=400;
```

```
2 : LSPM:=400;
```

```
3 : LSPM:=350
```

```
END;
```

```
3 : CASE TIPO_VEL OF
```

```
1 : LSPM:=200;
```

```
2 : LSPM:=250;
```

```
3 : LSPM:=200
```

```
END
```

```
END;
```

```
NUF:=-0.316+0.24015*LN(Q)-0.01199*SQR(LN(Q));
```

```
IF SIST_ING
```

```
THEN BEGIN
```

```
  ESCP(0,18, DENSIDAD DEL FLUIDO EN Lb/Gal (DENS > 0) ?
```

```
  ESCP(80,23, 'CTRL'-X Cancelar);
```

```
  REPEAT
```

```
    AC_REAL_R(58,19,14,FALSE, , ,1E4,0.0,RO,CANC)
```

```
    UNTIL NOT(CANC);
```

```
  FD:=RO*Q*H/(3.582*NUF);
```

```
  ESCP(0,20, 'POTENCIA NOMINAL EN HP ( )
```

```
  WRITE(FD:7:1, 'POT <= ',LSPM:7:1, ) ?
```

```
  REPEAT
```


CAPITULO V

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS PROGRAMAS DE ESTIMACION DE COSTOS.

I. INTRODUCCION.

En este capítulo se hace un análisis y comparación de los resultados obtenidos, con los programas de cada equipo, al utilizar valores reales para los parámetros que son requeridos en cada uno de ellos y que fueron utilizados para las cotizaciones de los equipos correspondientes en diversos proyectos de inversión.

Cada uno de los programas fueron probados con ejemplos, proporcionados en los artículos, en donde vienen reportadas cada una de las correlaciones que han sido utilizadas para este trabajo. Los resultados obtenidos con los programas aquí desarrollados, arrojan un error muy pequeño en el orden de los decimales con respecto a los resultados reportados para el mismo ejemplo en el artículo.

Una vez que se tuvieron los programas desarrollados, se procedió a obtener datos reales de los equipos que fueron seleccionados con anterioridad. Es de mencionarse, que para la recopilación de los

datos que son requeridos, en la ejecución de los programas de cada equipo establecido, se conto con el apoyo de Bufete Industrial para tener acceso a los archivos, que sobre equipo de proceso tienen, en lo referente a la industria petroquímica de proyectos terminados. Los datos que se obtuvieron de los archivos, fueron los concernientes a las hojas de especificación de intercambiadores de calor, torres de destilación, torres de absorción, recipientes a presión y bombas centrifugas, así como las cotizaciones de los costos correspondientes de cada uno de los equipos mencionados.

Se hace notar que los datos que se presentan en las siguientes paginas, consideran unicamente el parámetro o dimensión crítica en cada uno de los equipos. Debido a que los programas nos reportan los costos de estimación en dolares y la mayoría de las cotizaciones que se consultaron nos proporcionaban el costo de los equipos en pesos, se opto por utilizar un solo tipo de moneda, por lo que se decidió utilizar para los efectos de analisis todos los valores en dolares, tanto del valor estimado como del valor real, ya que esta moneda es la de uso corriente en las cotizaciones de equipo de proceso dentro del comercio internacional.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizo un paquete de programación estadístico (LOTUS). El cual nos permite efectuar la comparación que para el presente trabajo es requerido, así como las graficas que a continuación se describen.

II. GRAFICAS DE LOS DATOS Y DE ERRORES

Una técnica indispensable para la mejor comprensión de los resultados que uno obtiene y para discernir si alguno de los supuestos en el modelo de cálculo del estimado de costo es incorrecto, es estudiar cuidadosamente las gráficas de los datos.

La técnica recomendada en los textos de estadística, es graficar y estudiar los errores, designados como residuales y definidos como la discrepancia entre el valor estimado por el modelo y el valor real del equipo.

$$\text{Residual} = \text{Valor estimado} - \text{Valor real}$$

Las gráficas recomendadas son:

El valor real contra la dimensión crítica.

El valor estimado contra la dimensión crítica.

El residual contra la dimensión crítica.

El porcentaje del residual contra el parámetro crítico

Estas graficas se hacen marcando el promedio de los datos que intervienen, y tomando como unidades las desviaciones estandar respectivas, esto permite señalar a aquellos valores cuyo comportamiento sea extremo y que pudiera estar distorsionando los resultados o indicando factores ajenos que provoquen disturbios en el comportamiento del modelo, en general una regla aceptada es señalar como valores extremos a todos aquellos cuyo valor exceda a dos desviaciones estandar.

Una desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza, y la varianza es una medida de la dispersión de los datos definida como la suma de los cuadrados de las diferencias de los datos respecto a su promedio y dividida entre el número de valores considerados.

Al graficar los errores o residuales es de esperarse un comportamiento totalmente aleatorio alrededor de un promedio igual a cero, las discrepancias observadas respecto a este comportamiento señalan la necesidad de reanalizar el modelo propuesto.

Un comportamiento en los residuales que implique una tendencia, esto es pasar de valores menores a mayores implica que el modelo no considera suficientes términos: la observación de un promedio alejado de cero implica reajustar un algún factor las constantes del modelo: el cambio de menor a mayor dispersión en

la nube de puntos implica un cambio en la variabilidad de los datos que debe ser absorbida linealizando los, por ejemplo tomando su logaritmo.

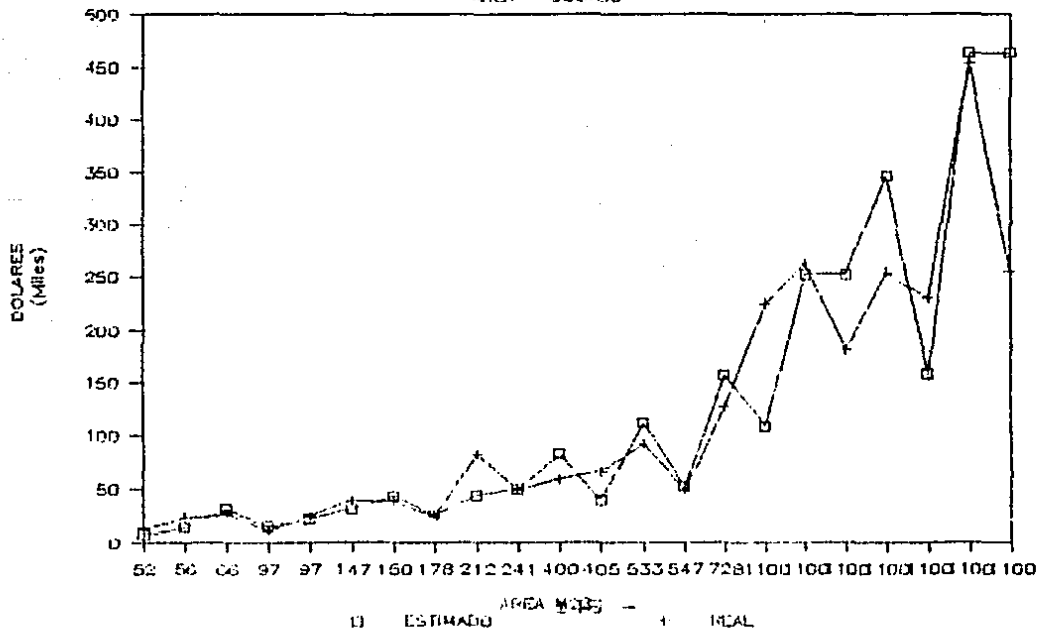
COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR 24 DATOS

TAG	AREA	FRESION	FD	FF	FN	REAL	REAL	ESTIMADO	ESTIMADO	ERROR	ENFOR	ENFOR	MATERIAL	LIFO	FECHA
m ²	K ³ a					Pesos	Dlls.	Pesos	Dlls.	Pesos	Dlls.	%		III.	
E-51	52	700	0.581	1.092	1.000	301476	13242	162130	7121	-139546	-6121	-46.22	CS*	CF	1978
E-432	56	700	0.585	1.076	1.843	510000	22401	314503	13514	-195497	-8587	-38.33	AI-304*	CF	1978
E-711	66	6200	0.646	1.934	1.870	561727	24673	685357	30103	123630	5430	22.01	AI-304	IU	1978
E-101	97	3840	0.615	1.527	1.000	2808000	11232	3813375	15254	1005375	4022	35.80	AC	CF	1985
E-521	97	700	0.615	1.124	1.000	536792	23526	495499	21764	-41493	-1823	-7.73	AI-304	CF	1978
E-422	147	1345	0.639	1.144	1.997	896668	37305	713916	31358	-182752	-8027	-20.38	AI-304	CF	1978
E-710	150	2118	0.640	1.558	2.000	879730	38643	987530	43376	107740	4732	12.25	AI-304	CF	1978
E-102	178	3840	0.650	1.570	1.000	5737100	22948	6263400	25054	526300	2105	9.17	AC	CF	1985
E-621	217	700	0.660	1.162	2.055	1631000	82620	1009787	43759	-680213	-36652	-46.79	AI-304*	CF	1978
E-920	241	1030	0.669	1.169	2.076	1126767	43465	1133332	49760	7065	510	0.63	AI-304	CF	1978
E-520	400	700	0.699	1.194	2.157	1350000	59296	1687810	62919	537010	23622	37.84	AI-304*	CF	1978
E-611	405	700	0.700	1.195	1.000	1510000	63324	885641	38909	-624159	-27415	-41.34	CS*	CF	1978
E-310	533	700	0.710	1.208	2.203	2057600	52133	2556393	112205	458793	20152	21.87	AI-304	CF	1978
E-950	547	990	0.720	1.210	1.000	1116000	46018	1191201	52331	75201	3303	6.74	CS	CF	1978
E-311	728	700	0.736	1.224	2.252	2900000	127377	3596503	157970	696503	36593	24.02	AI-304	CF	1978
E-537	1100	700	0.767	1.527	1.000	5141970	225852	2485200	109158	-2656770	-116894	-51.67	AC*	CF	1978
E-431	1100	700	0.767	1.244	2.318	6000000	263539	5761527	253078	-238173	-10461	-3.77	AI-304	CF	1978
E-322	1100	700	0.767	1.244	2.318	4125855	181221	5761827	253078	1635972	71857	37.65	AI-304*	CF	1978
E-111	1100	2305	0.699	1.700	2.310	5793660	254476	9872274	345802	2079214	91326	35.89	AI-304	CF	1978
E-113	1100	3275	0.816	1.700	1.000	5267876	231262	3615354	159198	-1652522	-72594	-31.37	CS	IU	1978
E-330	1100	4813	0.767	2.274	2.318	10301950	452455	10528502	462446	228550	5551	2.20	AI-304	CF	1978
E-312	1100	4511	0.767	2.274	2.318	5828294	255797	10528503	462446	4700215	205449	30.64	AI-304*	CF	1978

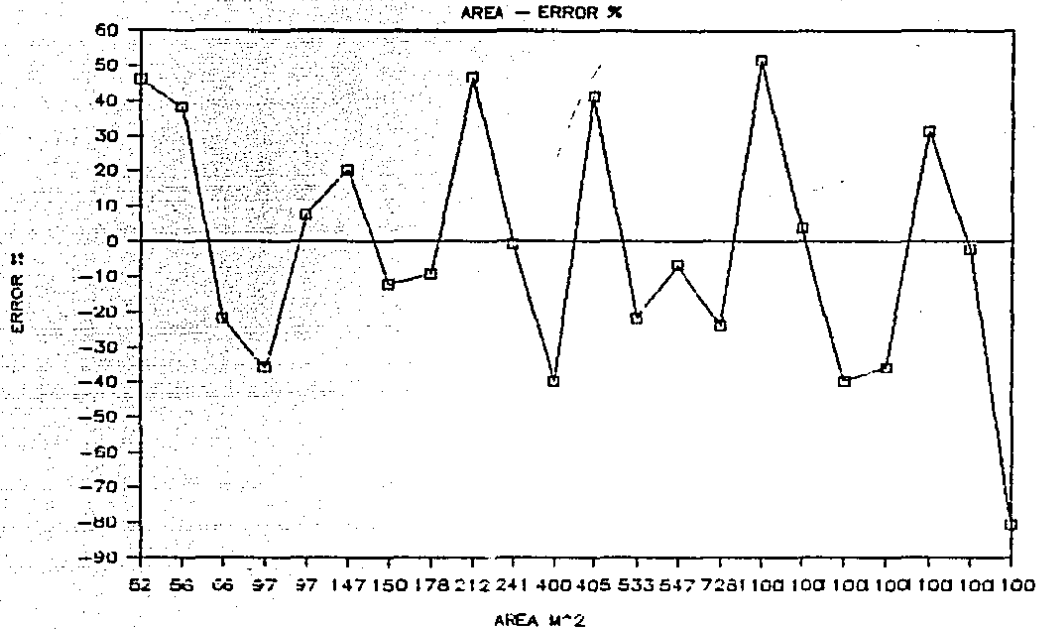
TOTAL 8667224 2527311 72241675 2770789 5569451 165179 7.05

COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR *

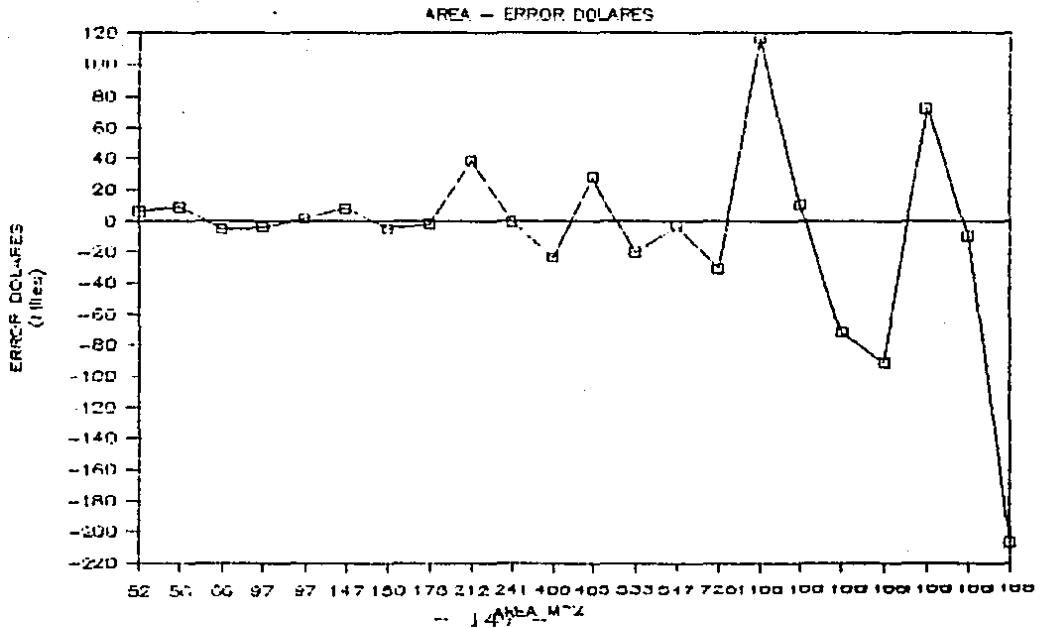
AREA - COSTOS



COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR



COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR *



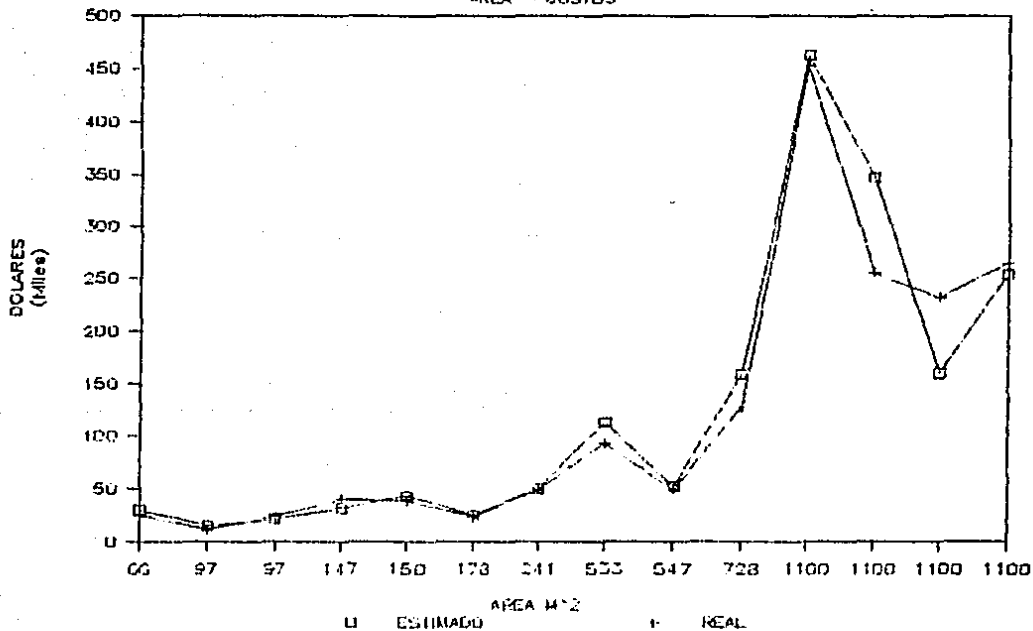
COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

TAG	AREA	FRESION	FD	FP	FM	REAL	REAL	ESTIMADO	ESTIMADO	ERROR	ERROR	ERROR%	INTERVAL	TIPO	FECHA
	m ²	KPa				Pesos	Dlls.	Pesos	Dlls.	Pesos	Dlls.				
E-711	66	6200	0.646	1.934	1.070	561727	24673	655357	59103	123630	5430	22.01	AI-304	TU	1978
E-101	97	3840	0.615	1.527	1.000	2808000	11232	3313375	15254	1005375	4022	35.80	AC	CF	1985
E-521	97	700	0.615	1.124	1.000	536992	23586	454459	21764	-41493	-1823	-7.73	AI-304	CF	1978
E-422	147	1349	0.439	1.144	1.597	896668	39385	713916	31358	-152752	-8027	-20.38	AI-304	CF	1978
E-710	150	2118	0.640	1.558	2.000	879750	38643	987530	43376	107740	4732	12.25	AI-304	CF	1978
E-102	178	3840	0.650	1.570	1.000	5737100	22948	6263400	25054	526300	2105	9.17	AC	CF	1985
E-920	241	1030	0.668	1.169	2.076	1126267	49469	1133332	49780	7065	310	0.63	AI-304	CF	1978
E-310	533	700	0.716	1.208	2.203	2097800	92133	2536373	112285	456793	20152	21.87	AI-304	CF	1978
E-950	547	990	0.720	1.210	1.000	1116000	49018	1191201	52321	75201	3303	6.74	CS	CF	1978
E-311	728	700	0.733	1.224	2.252	2700000	127577	3396503	157970	676503	30593	24.02	AI-304	CF	1978
E-330	1100	4413	0.767	2.274	2.318	10301950	452495	10528508	462446	926558	9951	2.20	AI-304	CF	1978
E-111	1100	2305	0.699	1.700	2.318	5753650	254476	7872074	345802	2099214	91326	35.89	AI-304	CF	1978
E-113	1100	3275	0.816	1.700	1.000	5267876	251382	3615354	158798	-1652522	-72564	-31.37	CS	TU	1978
E-431	1100	700	0.767	1.244	2.318	6060000	263539	5761827	253078	-238173	-10461	-3.97	AI-304	CF	1978

TOTAL 46025630 1630358 49215068 177387 3191439 75029 4.70

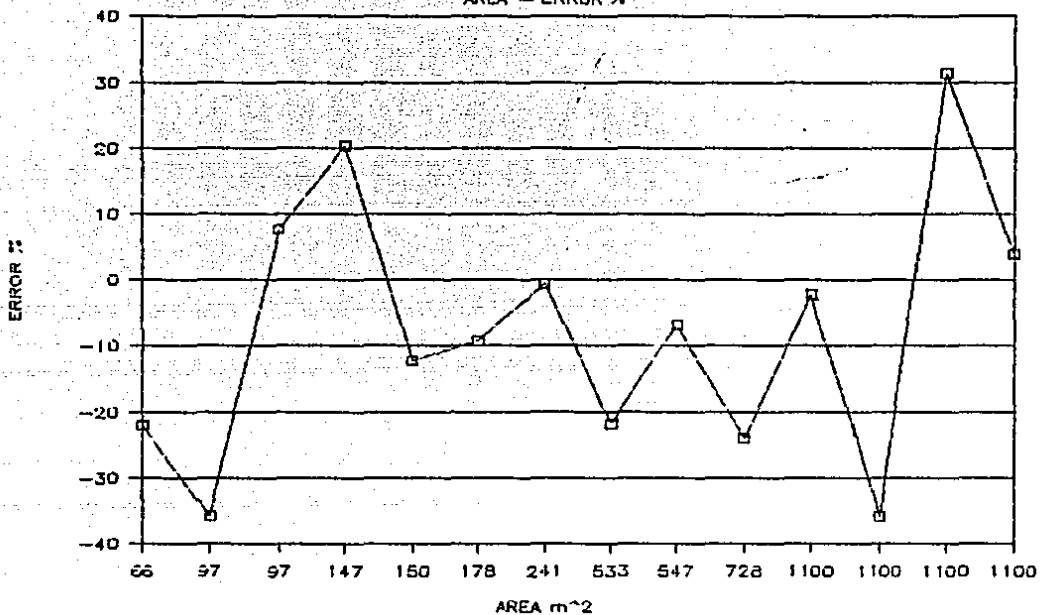
COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

AREA - COSTOS



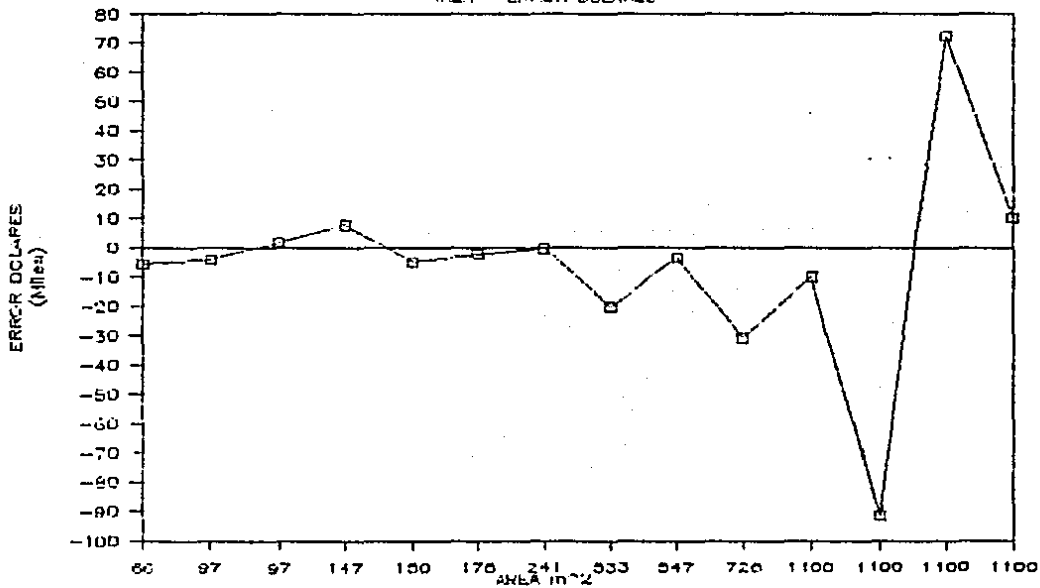
COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

AREA - ERROR %



COSTOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR

AREA - ERROR DOLARES



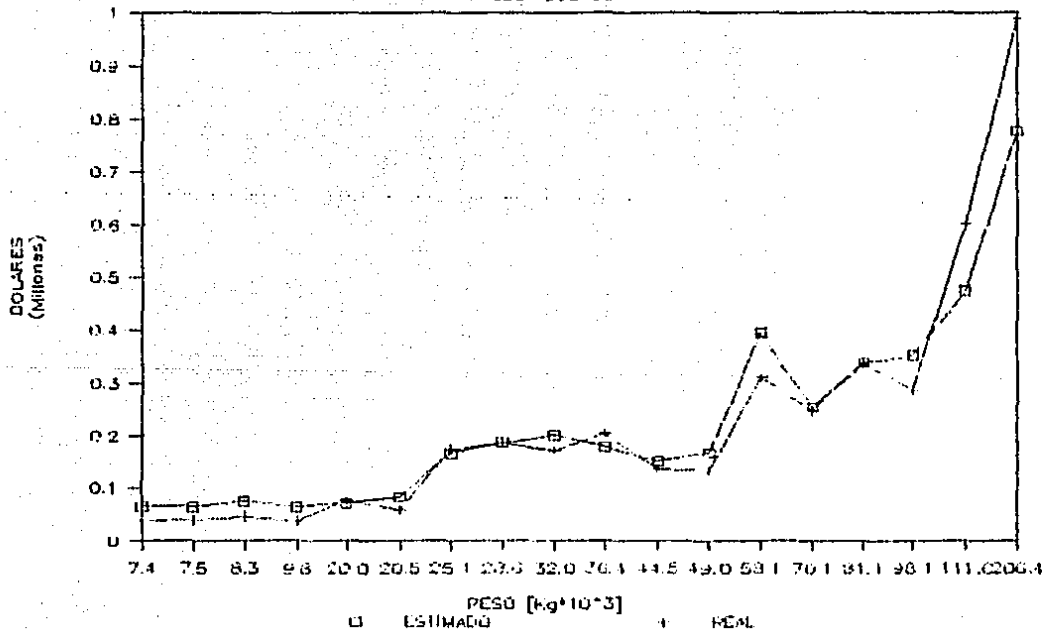
COSTOS DE TORRES 18 DATOS

TAB	DIAM.	LMS	FEESION	PESO	ESTIMA	REAL	ESTIMA	REAL	ERROR	ERRORS%	CB	PH (T)	CB1	ETH	F11	FNI	CPL	INF.
"	"	"	Pa	Ton	Dlts.	Dlts.	Fesos	Fesos	Dlts.	Dlts.		HP		EMP				
D-532	1.70	10.1	617820	7.4	65410	37606	1451681	905227	25812	65.17	35540	1 8	734	1.510	1 1.6	11597	A.C.	
D-533	1.80	9.3	421585	7.5	65166	39722	1466141	910435	25244	63.23	37887	1 8	734	1.510	1 1.6	11597	A.C.	
D-534	2.20	6.5	274586	8.3	74452	44555	1697507	1025222	29477	65.61	40688	1 8	976	1.605	1 1.6	13653	A.C.	
D-531	1.60	11.5	833365	9.8	65415	34552	1491818	901975	25863	65.39	40981	1 8	693	1.491	1 1.6	11160	A.C.	
D-630	1.00	17.3	171616	20.0	72437	76466	1651943	1743844	-4039	-5.27	34271	1 22	777	1.529	1 1.0	12024	A.C.	
D-535	2.70	8.9	102370	20.5	82577	58266	1633207	1328774	24311	41.73	38712	1 8	1298	1.699	1 1.6	15543	A.C.	
D-420	2.00	27.3	480526	25.1	166360	173242	3793906	3953145	-6692	-4.03	70247	1 48	871	1.567	1 1.0	16325	A.C.	
D-320	3.10	25.4	102970	28.6	185437	185361	4251770	4256944	76	0.04	69564	1.7 37	17	A/FALL			13739	AI-304
D-510	4.10	19.4	171616	32.0	201307	170353	4560697	3894101	30554	17.89	75302	1.7 37	10	A/FALL			16876	AI-304
D-710	2.20	27.0	171716	35.4	178958	203151	4069664	4632937	-29673	-12.35	22371	1.7 37	17	A/FALL			16661	AI-304
D-610	3.00	20.3	171616	44.5	151243	136773	3449148	3119155	14470	10.58	51451	1 30	1510	1.756	1 1.0	18644	A.C.	
D-536	4.40	11.5	102970	47.0	165637	132317	3900277	3023747	33622	26.47	56663	1 8	3421	2.021	1 1.6	21176	A.C.	
D-430	2.50	40.5	469113	56.1	394534	310113	6597504	7072262	84420	27.22	139106	1 95	1374	1.178	1 1.0	31093	A.C.	
D-620	1.60	21.6	171616	70.1	253367	247046	5773643	5634625	6341	2.57	48353	1.7 32	2430	1.907	1 1.0	22829	AI-304	
D-220	3.60	43.2	441299	81.1	337035	336560	7704462	7675374	1235	0.28	146649	1.7 35	17	A/FALL			15346	AI-304
D-210	3.00	25.9	2432049	98.1	351461	286172	9015209	6526276	65235	22.91	168957	1.7 39	17	A/FALL			15410	AI-304
D-310	5.00	26.0	102370	111.6	474575	601624	10822873	13729514	-127057	-21.12	57546	1 26	4817	2.134	1 1.0	30505	AI-304	
D-115	5.05	24.9	1451523	206.4	774814	987043	17669943	22521237	-212723	-21.54	270147	1.7 26	4317	2.134	0.85 1.0	39511	AI-304	

10100 4062117 4071030 22692692 92841574 -8515 -0.22

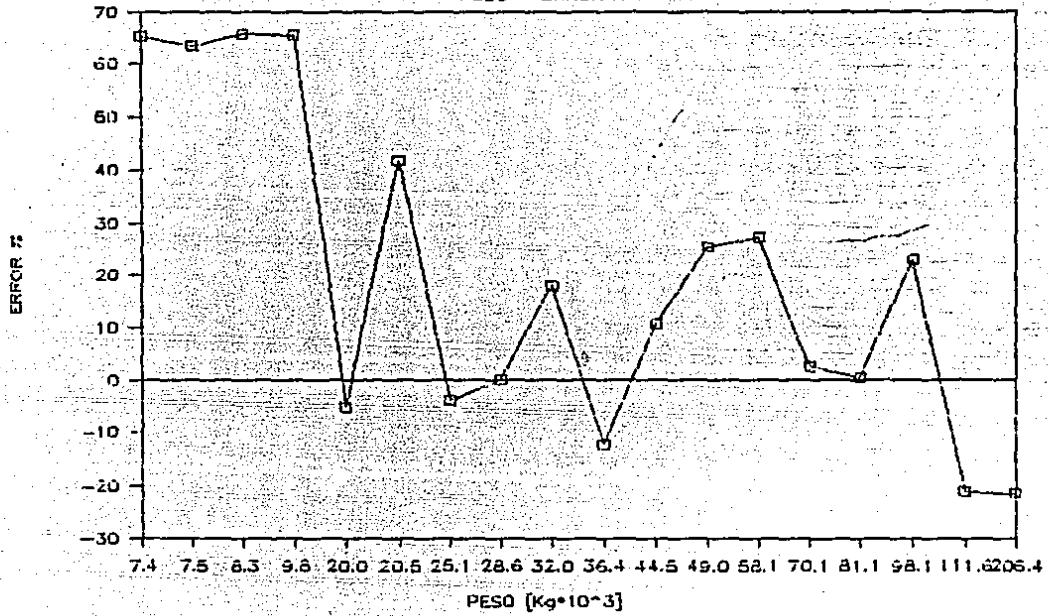
COSTOS DE TORRES

PESO-COSTOS



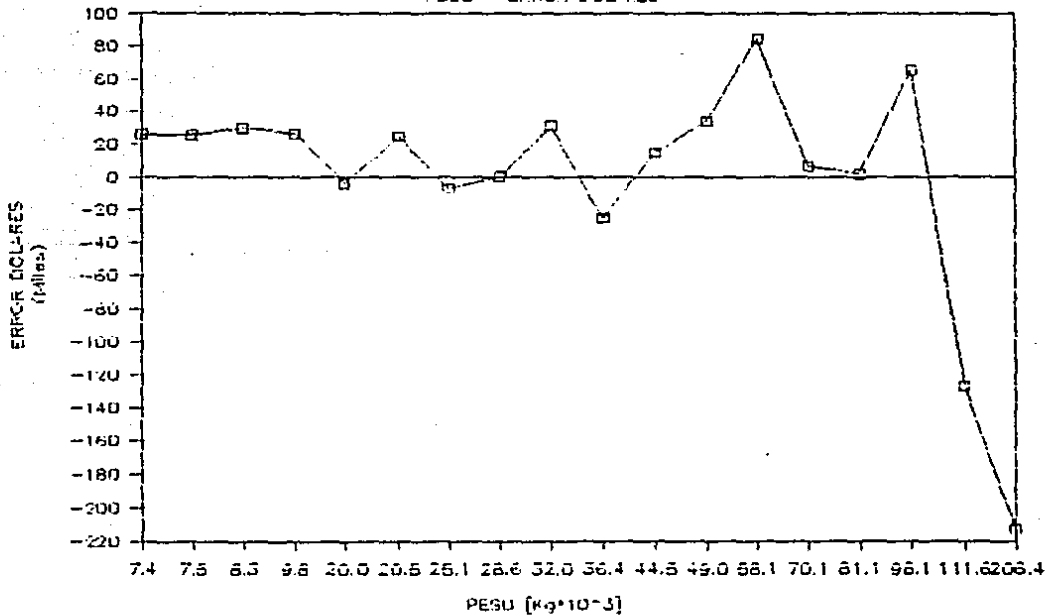
COSTOS DE TORRES

PESO - ERROR %



COSTOS DE TORRES

PESO - ERROR DOLARES



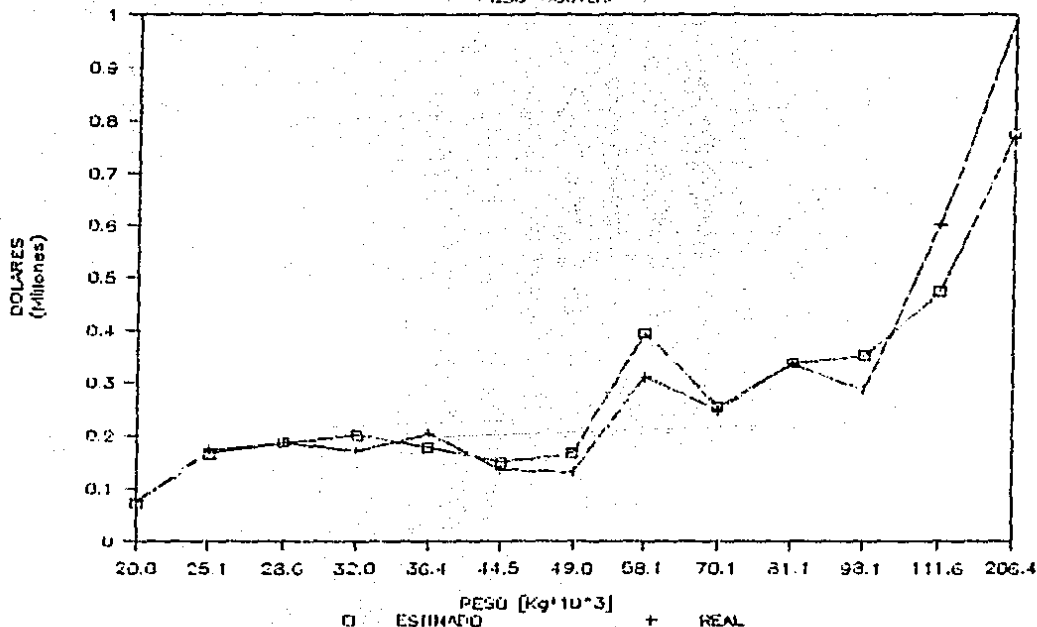
COSTOS DE TORRES (datos de 1979)

TAG	DIAM.	LONG	PRESION	PESO	ESTIM.	REAL	ESTIM.	REAL	ERROR	ERROR%	CB	FR	NI	CBT	FRM	FRM	FRM	CPL	WAL.			
	m	m	Pa	ton	Dils.	Dils.	Pesos	Pesos	Dils.	Dils.		HP		HP	EMP.							
D-630	1.20	17.3	171616	20.0	72457	76466	1651945	1745044	-4090	-5.27	54271	1	22	777	1.529			1	1.0	12024 A.C.		
D-420	2.00	27.3	480526	25.1	166360	173342	3793906	3953145	-6982	-4.03	70247	1	48	871	1.567			1	1.0	18325 A.C.		
D-320	3.10	25.4	102970	28.6	166457	166361	4251770	4250044	76	0.04	69664	1.7	39	17	A/FALL					13739 AI-304		
D-510	4.10	19.4	171616	32.0	201367	170753	4590897	3894101	30554	17.07	75302	1.7	39	10	A/FALL					16896 AI-304		
D-710	2.20	27.0	171616	36.4	170658	203151	4060664	4632937	-25093	-12.35	82391	1.7	39	17	A/FALL					10661 AI-304		
D-610	3.00	29.3	171616	44.5	151243	136773	2447140	3119155	14479	10.50	51451	1	30	1540	1.756					1	1.0	18544 A.C.
D-536	4.40	11.5	102970	49.0	166639	132017	3090277	3020947	33022	25.47	56633	1	6	3421	2.021					1	1.6	21176 A.C.
D-430	2.80	40.5	460913	59.1	374534	310113	8997504	7072262	84420	27.22	139106	1	95	1374	1.178					1	1.0	31693 A.C.
D-620	3.00	21.5	171616	70.1	253309	247040	5770643	5634035	6341	2.57	48356	1.7	32	2430	1.507					1	1.0	22829 AI-304
D-220	3.60	43.2	441279	91.1	337835	336540	7704452	7675374	1275	0.38	146649	1.7	39	17	A/FALL							15346 AI-304
D-210	3.00	25.9	243049	58.1	351461	266172	6015209	6526276	-6589	22.81	166957	1.7	39	17	A/FALL							13410 AI-304
D-310	5.00	25.0	192970	111.6	474575	691634	10826873	13720514	-127059	-21.12	57546	1	26	4317	2.134					1	1.0	30305 AI-304
D-115	5.00	24.9	1951523	206.4	774614	667512	1768943	22521265	-212728	-21.54	270147	1.7	26	4617	2.134	0.85	1.0	0.85	1.0	0.85	1.0	30511 AI-304

1016 3709089 3846731 64597245 67771923 -135645 -6.63

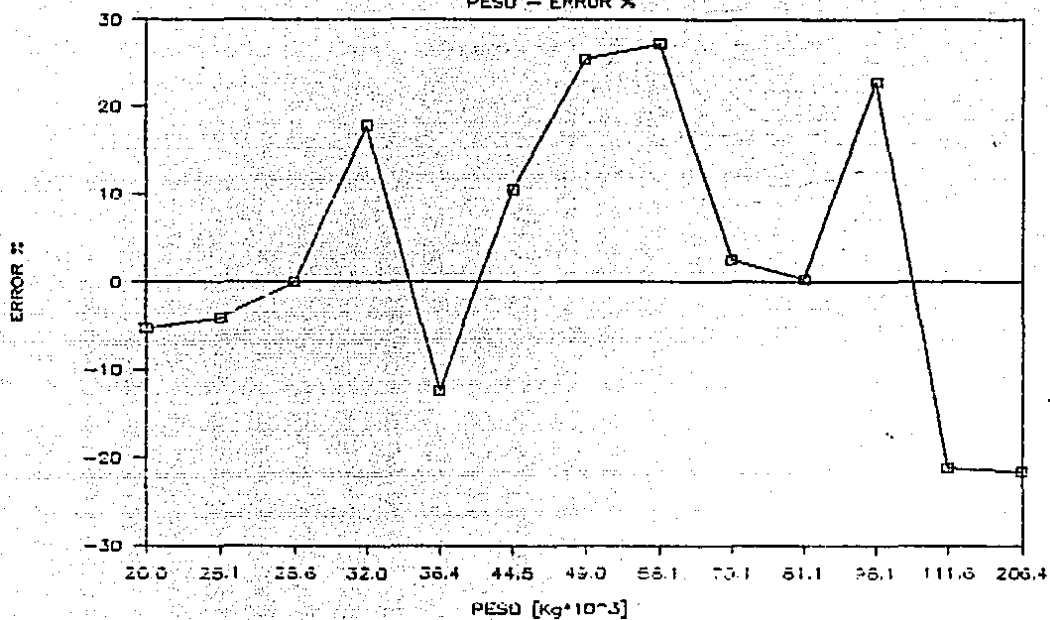
COSTOS DE TORRES

PESO-COSTOS



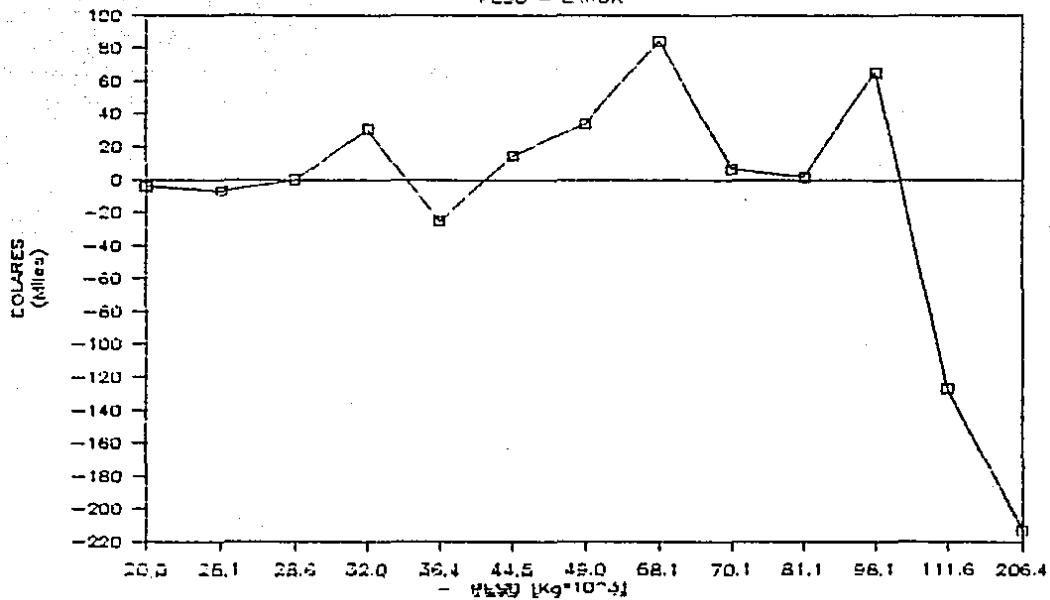
COSTOS DE TORRES

PESO - ERROR %



COSTOS DE TORRES

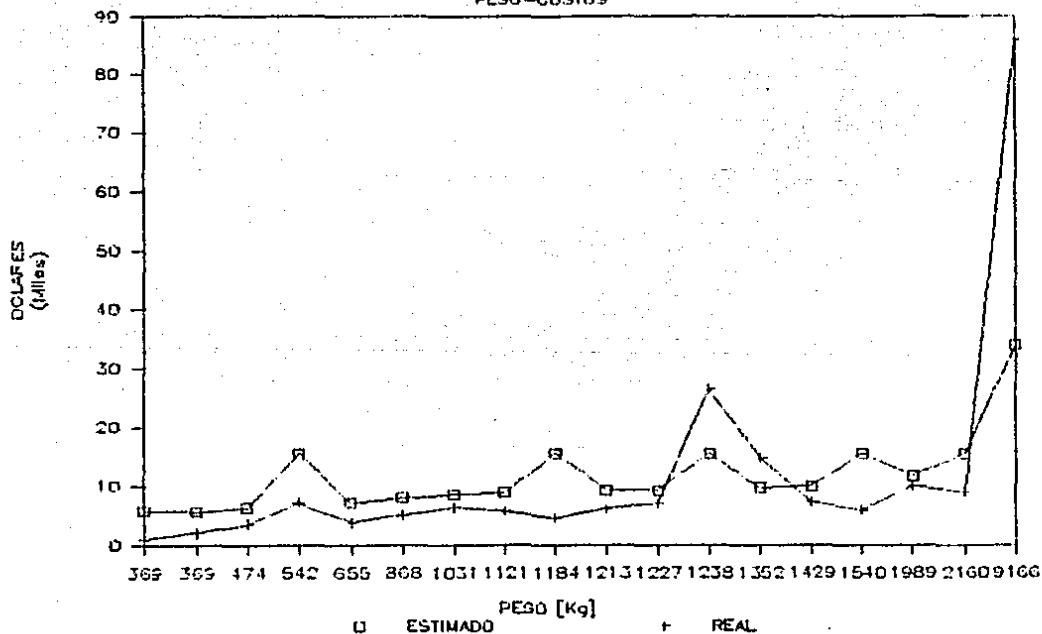
PESO - ERROR



COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION 20 DATOS

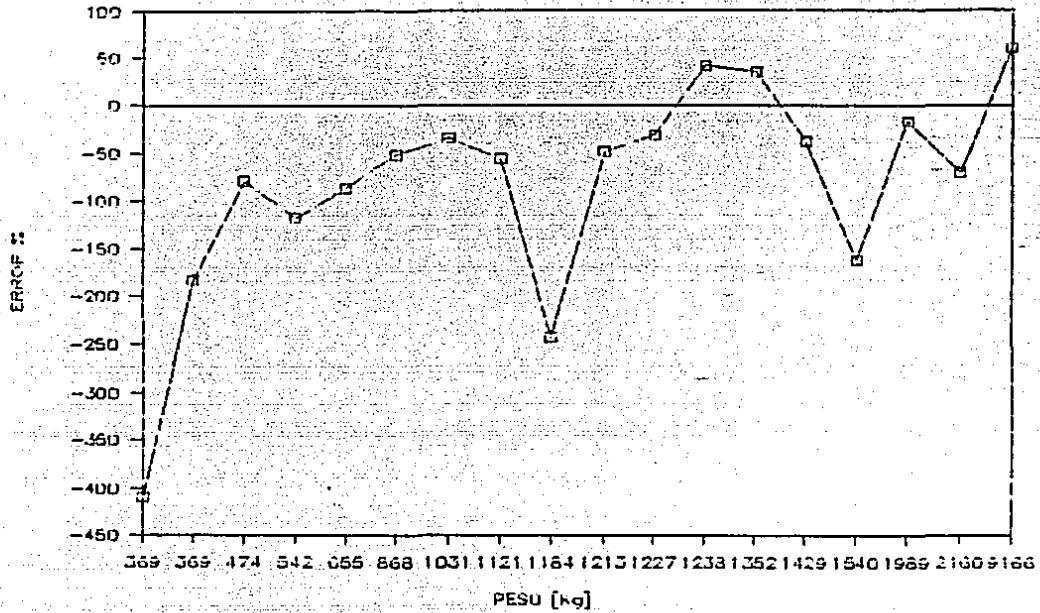
ING	INTEL.	DIAM.	LNG	TT	PESO	ESTIM.	ESTIM.	REAL	REAL	ERROR	ERROR	ERRORS	FN	CD	CA	TIPO
	m	m	kg		Dlls.	Pesos	Dlls.	Pesos		Dlls.	Dlls.					
F-432 A.C.	0.8	1.1	365	5742	130953	1127	25702	105251	4615	409.51	1	5742	1266	HOR.		
F-521 A.C.	0.8	1.2	365	5742	130953	2023	46132	84821	3719	183.87	1	5742	1266	HOR.		
F-532 A.C.	1.0	1.4	471	6277	143139	3457	79742	63397	2789	77.51	1	6277	1268	HOR.		
F-320 AI-304	0.8	3.6	542	15467	352727	7119	162357	170370	8348	117.26	2	15467	3985	VER.		
F-232 A.C.	1.1	2.9	655	7102	162068	3814	86991	75097	3293	86.33	1	7102	1313	HOR.		
F-533 A.C.	1.2	2.2	368	7973	101366	5257	115942	61924	2715	51.63	1	7973	1377	HOR.		
F-531 A.C.	1.0	1.9	1031	8565	165872	6366	145644	50234	2203	34.47	1	8565	1268	HOR.		
F-312 A.C.	1.4	3.7	1121	8911	203217	5707	130157	73060	3294	56.13	1	8911	1579	HOR.		
F-231 A.C.	1.0	2.7	1184	15467	352727	4512	102501	245626	10555	242.79	1	15467	3985	VER.		
F-534 A.C.	1.3	3.1	1213	9251	210695	6213	141599	68806	3917	48.56	1	9251	1359	HOR.		
F-422 A.C.	1.0	3.1	1227	9278	211577	7065	161117	50469	2213	31.32	1	9278	1268	HOR.		
F-311 AI-304	1.6	3.5	1038	15467	352727	26377	502083	-749276	-10930	-41.41	2	15467	3985	VER.		
F-431 AI-304	1.8	4.5	1352	9597	221136	14669	359063	-117547	-5112	-34.78	2	9597	1451	HOR.		
F-535 A.C.	1.4	3.4	1325	9950	228997	7224	164756	62151	2725	37.73	1	9950	1375	HOR.		
F-535 A.C.	1.7	4.1	1546	15467	352727	5676	134472	210255	3571	162.31	1	15467	3985	VER.		
F-536 A.C.	1.6	3.0	1357	11658	265868	9941	211117	77157	3719	17.28	1	11659	1417	HOR.		
F-111 A.C.	1.6	3.6	1399	15467	352727	3059	2666	161117	3719	70.73	1	15467	3985	VER.		
F-210 AI-304	2.2	3.6	9166	39871	774713	65979	1760577	101117	3719	150.48	2	39871	3521	VER.		
					1364	467245	212060	4836589	-14145	-517						

COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION *
PESO-COSTOS



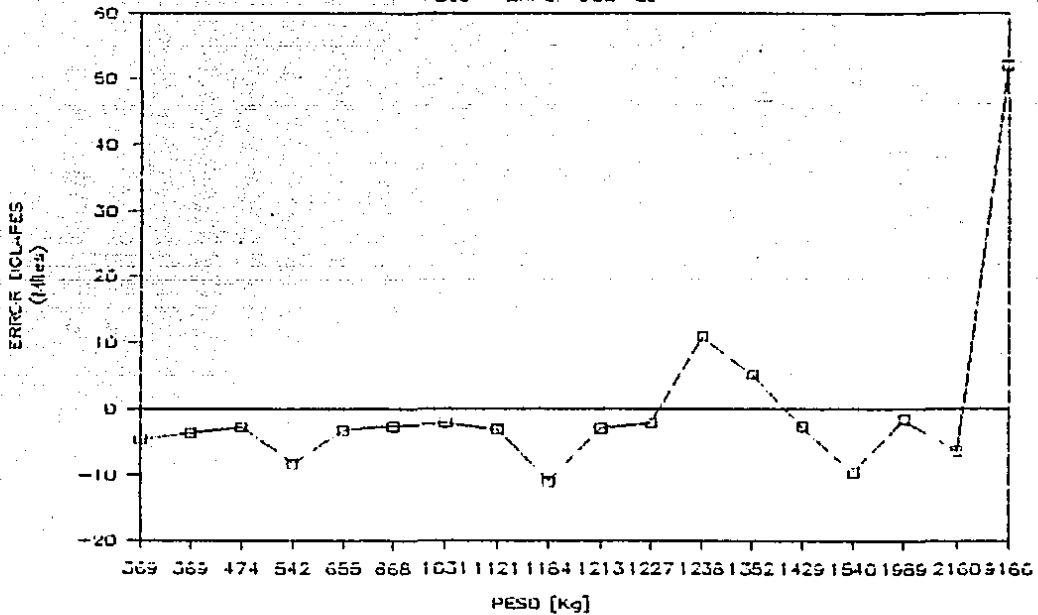
COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION *

PESO - ERROR %



COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION *

PESO - ERROR DOLARES

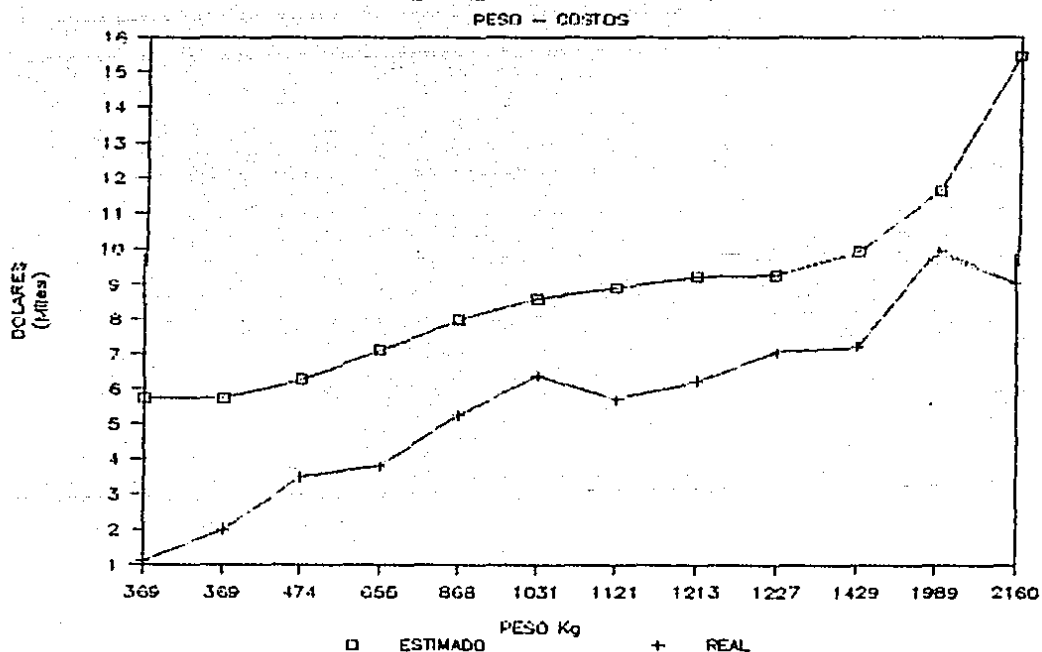


COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION (datos 1979)

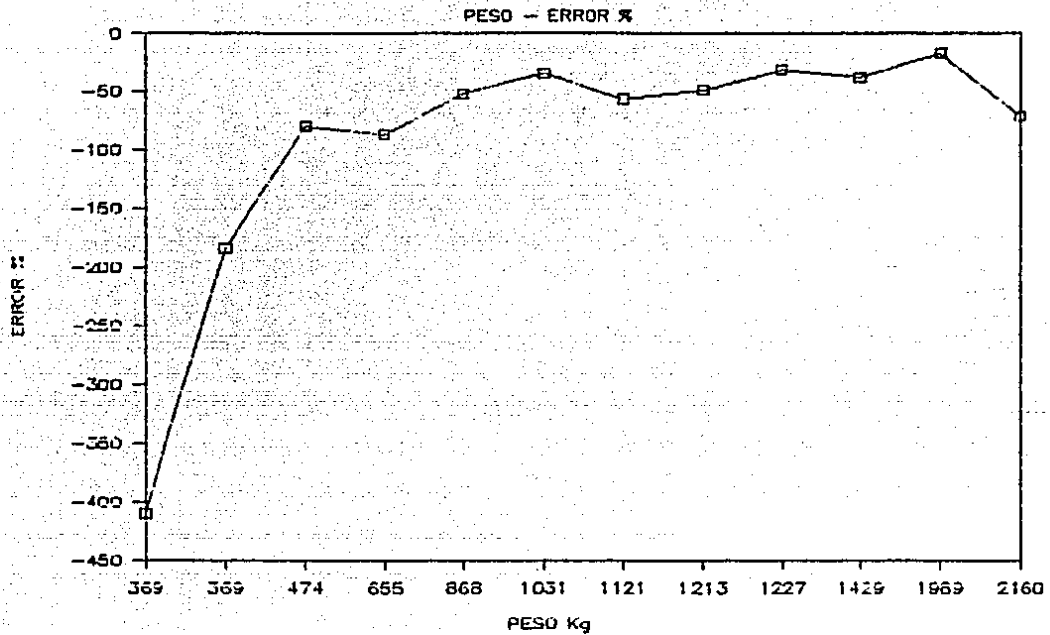
TAS	INSTR.DIAG.	LMS	TT	PESO	ESTIM.	ESTIM.	REAL	REAL	ERROR	ERROR	ERROR%	FM	CB	CA	TIPO
m	m	kg	Dlts.	Pesos	Dlts.	Pesos	Dlts.	Pesos	Pesos	Dlts.					
F-432	A.C.	0.0	1.1	369	5742	130953	1127	25702	105251	4615	409.51	1.00	5742	1266	HCR.
F-521	A.C.	0.8	1.2	369	5742	130953	2023	46132	81821	3719	183.87	1.00	5742	1266	HCR.
F-532	A.C.	1.0	1.4	474	6277	143139	3497	79742	63397	2750	79.51	1.00	6277	1268	HCR.
F-232	A.C.	1.1	2.9	655	7108	162088	3814	86991	75097	3293	86.33	1.00	7108	1313	HCR.
F-533	A.C.	1.2	2.2	668	7975	181066	5259	119942	61924	2715	51.63	1.00	7975	1337	HCR.
F-531	A.C.	1.0	1.9	1031	8587	195878	6386	145644	50234	2253	34.49	1.00	8587	1258	HCR.
F-312	A.C.	1.4	3.7	1121	8911	203217	5707	130157	73060	3594	56.13	1.00	8911	1379	HCR.
F-531	A.C.	1.3	3.1	1213	9231	210595	6213	141699	66806	3917	48.56	1.00	9231	1353	HCR.
F-422	A.C.	1.0	3.1	1227	9278	211577	7065	161117	50460	2213	31.32	1.00	9278	1268	HCR.
F-535	A.C.	1.4	3.4	1429	9950	226907	7224	164756	62151	2725	37.73	1.00	9750	1379	HCR.
F-536	A.C.	1.6	4.0	1989	11658	265868	9941	226701	39167	1718	17.28	1.00	11658	1417	HCR.
F-111	A.C.	1.6	3.6	2160	15167	352727	9059	206604	146123	6408	70.73	1.00	15467	3955	VER.

TOTAL 105928 2415677 67317 1535187 660490 30611 57.36

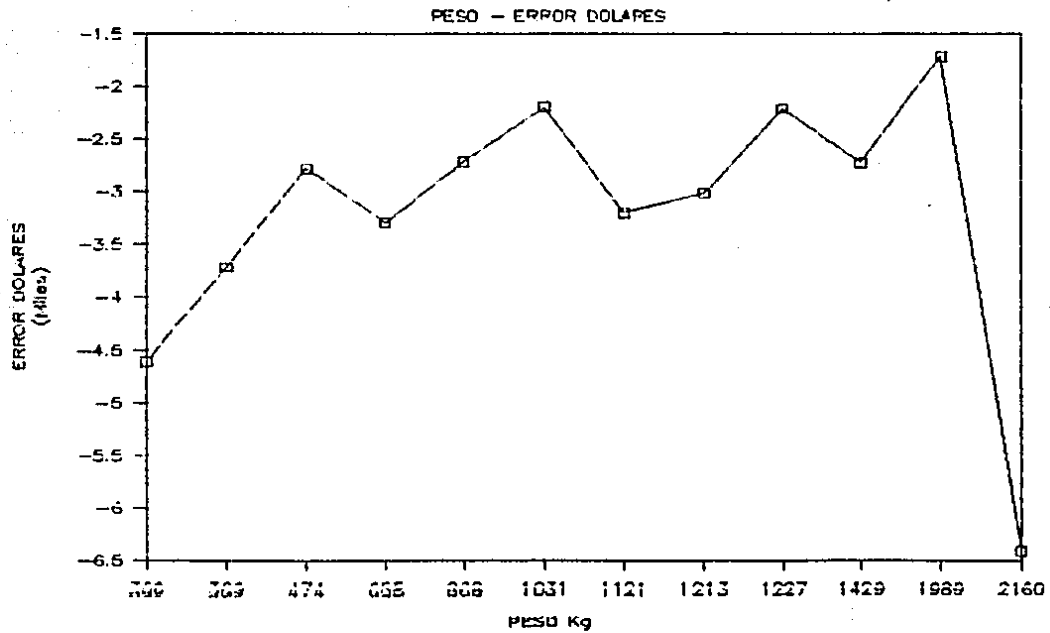
COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION



COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION



COSTOS DE RECIPIENTES A PRESION



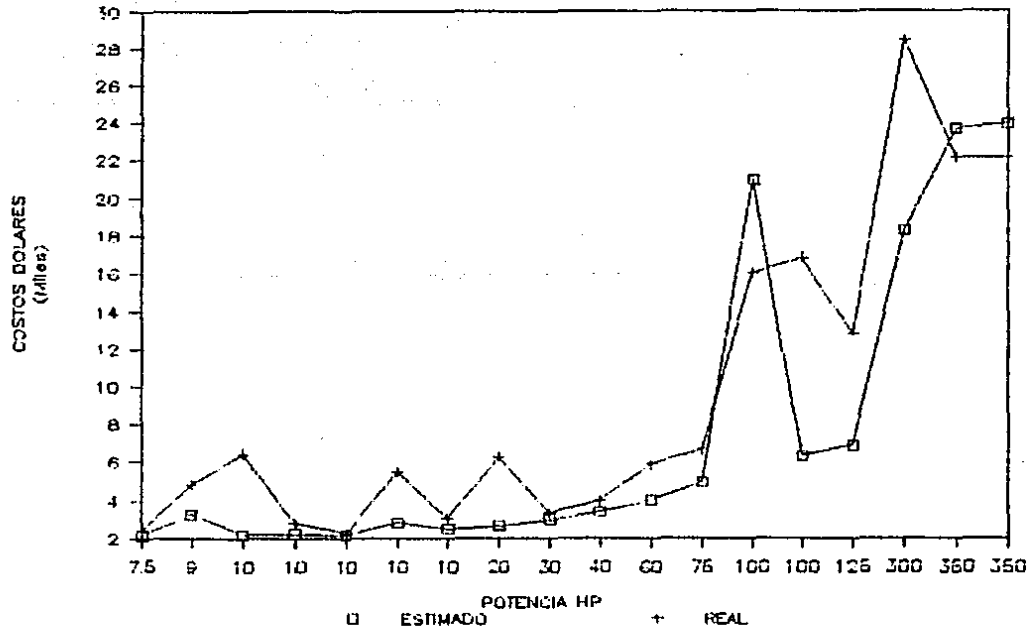
COSTOS DE BOMBAS 20 DATOS

TAB	FLUJO (M ³ /S)	CAPEZAH (J/KG)	S (QHP ^{1/2})	F1	FH	POTENCIA HP	REAL (pesos)	REAL (dls)	ESTIMADO (pesos)	ESTIMADO (dls)	ERROR (pesos)	ERROR (dls)	ERROR (%)	MATERIAL
G-530	7.94E-03	300.00	1262	1.875	1.15	7.5	54961	2410	49307	2162	-5654	-248	-10.29	HD.A296
G-610	1.58E-02	269.59	2379	2.230	1.35	9	110116	4842	74548	3269	-35668	-1573	-32.48	AF.A216
G-311	0.33E-03	434.14	1593	1.826	1.15	10	146388	6419	50411	2210	-95977	-4269	-65.56	HD.A296
G-615	1.42E-02	301.84	2256	1.741	1.15	10	63787	2797	51058	2239	-12726	-558	-19.95	HD.A296
G-720	3.75E-03	583.10	631	1.962	1.15	10	51267	2248	45687	2168	-1390	-61	-2.65	HD.A296
G-230	1.58E-02	196.60	2026	2.259	1.15	10	125755	5514	64970	2849	-60785	-2665	-46.34	HD.A296
G-611	2.61E-03	736.92	651	2.094	1.35	10	69529	3049	57148	2506	-12381	-543	-17.61	AF.A216
G-631	2.59E-02	344.96	4259	1.598	1.15	20	142596	6253	60817	2667	-81779	-3586	-57.35	HD.A296
G-630	1.66E-02	597.20	3723	1.606	1.15	30	75623	3316	68303	2955	-7320	-321	-5.68	HD.A296
G-920	2.14E-02	676.20	5099	1.516	1.15	40	90446	3766	77579	3402	-12667	-561	-14.23	HD.A296
G-740	4.17E-03	1215.20	1332	1.867	1.15	60	134760	5910	50612	3973	-44168	-1937	-32.77	HD.A296
G-115	1.58E-02	592.99	3522	1.622	1.35	75	151747	6351	113024	4956	-36723	-1693	-26.52	AF.A216
G-320	1.21E-01	370.44	21330	1.972	1.15	100	366369	16065	478973	21003	112694	4930	30.74	HD.A296
G-970	6.83E-02	716.28	1677	1.161	1.35	100	384345	16853	144542	6336	-239803	-10515	-62.39	AF.A216
G-510	4.80E-02	1342.80	15460	1.165	1.15	125	292160	12811	156931	6881	-135226	-5760	-46.29	HD.A296
G-910	5.46E-02	1359.00	18383	1.134	1.35	300	448112	28419	417204	18294	-230903	-10175	-35.63	AF.A216
F-103	3.33E-01	1176.54	95560	1.916	1.35	350	5537882	22152	591050	23676	361166	1525	6.88	AF.A216
P-405	3.36E-01	1285.76	163765	1.918	1.35	350	5537832	22152	5387725	23597	451843	1807	6.16	AF.A216

1014.15 1358043 171829 15-14068 135567 -65955 -36262 -21.10

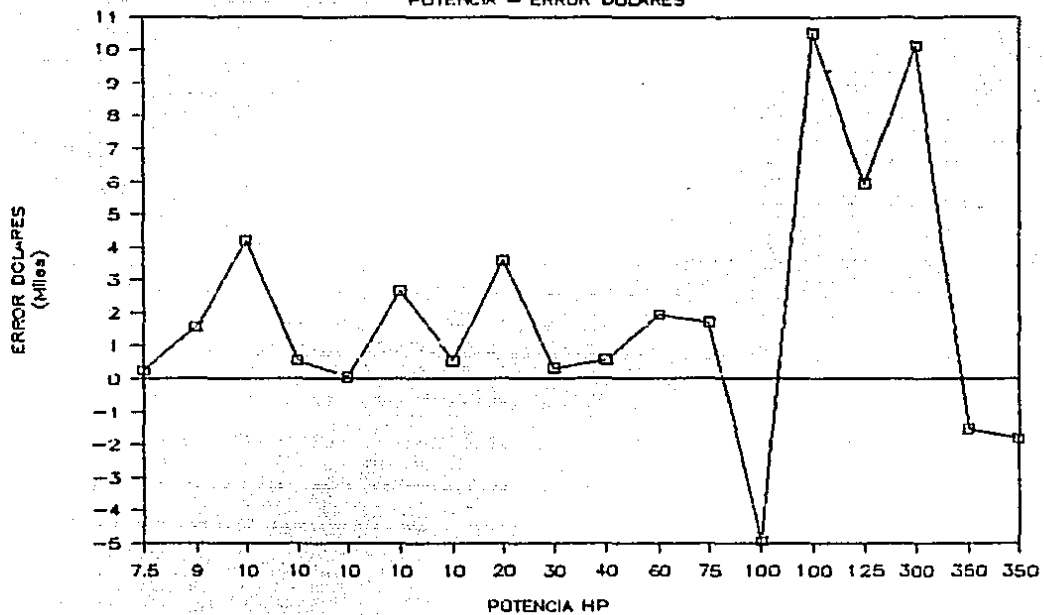
COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS *

POTENCIA - COSTOS



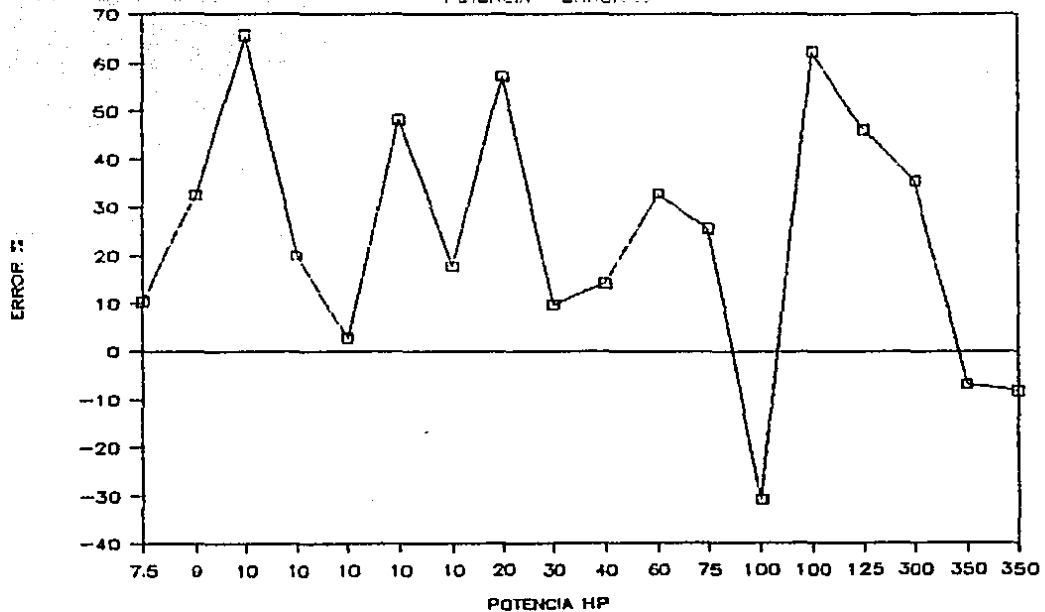
COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS *

POTENCIA - ERROR DOLARES



COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS *

POTENCIA - ERROR %

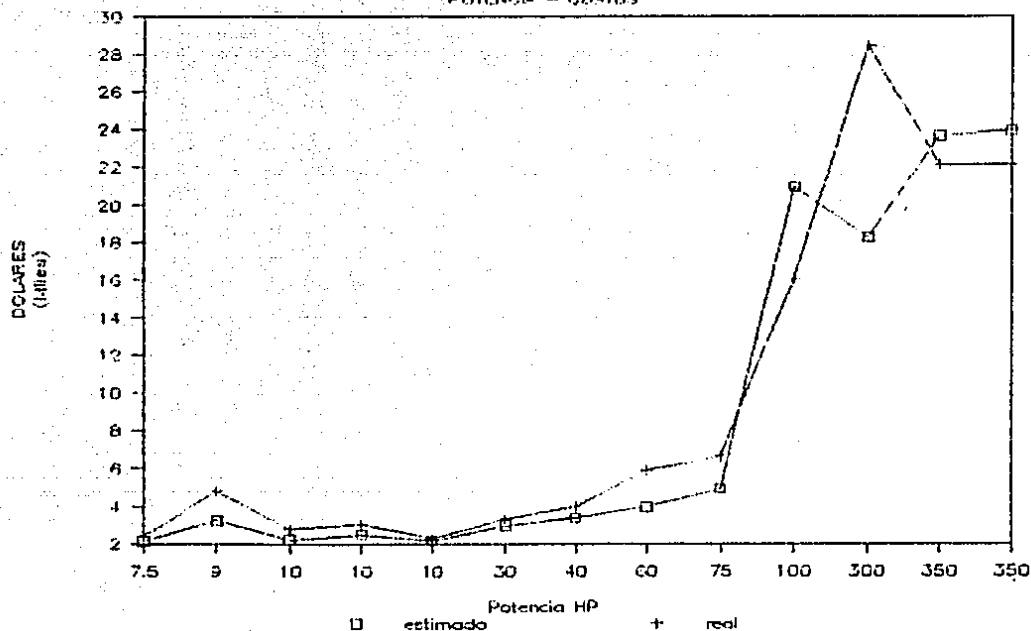


COSTOS DE BOMBAS (datos de 1979)

TAG	FLUJO (M ³ /s)	CABEZAL (J/kg)	S	F1	FH	POTENCIA REAL	REAL	REAL	ESTIMADO	ESTIMADO	ERROR	ERROR	ETAGR	MATERIAL
	m ³ /s	J/kg	MM	L/2	HP	HP	pesos	dlls	pesos	dlls	pesos	dlls		
G-530	7.94E-03	300.00	1262	1.879	1.15	7.5	54961	2410	49397	2162	-5654	-240	-10.29	HD.A296
G-610	1.58E-02	267.50	2379	2.230	1.35	9	110116	4842	74548	3269	-35868	-1573	-32.48	AF.A216
G-615	1.42E-02	301.84	2256	1.741	1.15	10	63787	2797	51058	2238	-12728	-558	-14.95	HD.A296
G-611	2.61E-03	733.92	651	2.004	1.35	10	69527	3049	57143	2503	-12391	-543	-17.81	AF.A216
G-720	3.75E-03	583.10	831	1.962	1.15	10	51267	2248	49887	2156	-1309	-61	-2.69	HD.A296
G-670	1.66E-02	577.80	3723	1.406	1.15	30	75635	3316	68303	2993	-7329	-321	-9.68	HD.A296
G-920	2.14E-02	676.20	5679	1.516	1.15	40	90446	3966	77579	3402	-12567	-564	-14.23	HD.A296
G-740	4.17E-03	1215.20	1332	1.867	1.15	60	131769	5910	90612	3973	-44166	-1937	-32.77	HD.A296
G-115	1.58E-02	592.50	3522	1.672	1.35	75	151747	6654	113024	4956	-36773	-1658	-25.52	AF.A216
G-320	1.21E-01	370.44	21330	1.972	1.15	100	362369	16065	478973	21003	-112504	-4938	-30.74	HD.A296
G-710	5.46E-02	1350.00	16383	1.134	1.35	300	648112	28419	417204	18294	-230708	-10125	-33.63	AF.A216
F-403	3.33E-01	1179.54	95360	1.918	1.35	350	5537332	22152	5919050	23676	-381668	-1525	6.88	AF.A216
F-405	3.16E-01	1295.76	103745	1.918	1.15	350	5537332	22152	5919050	23557	-451813	-1807	8.16	AF.A216

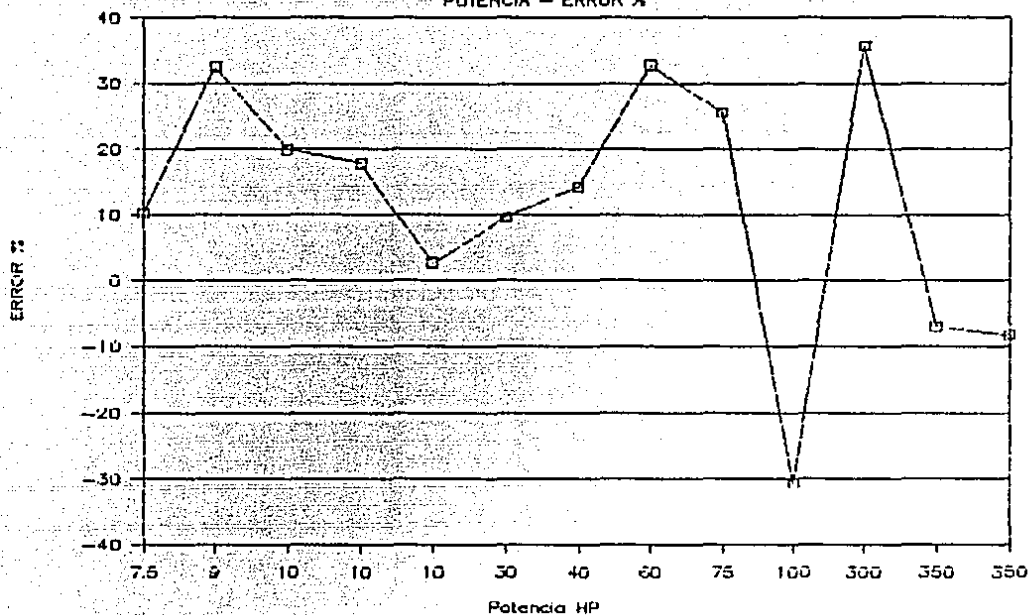
TOTALES 12972900 123773 13436118 114621 543618 -9358 -7.55

COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS
POTENCIA - COSTOS



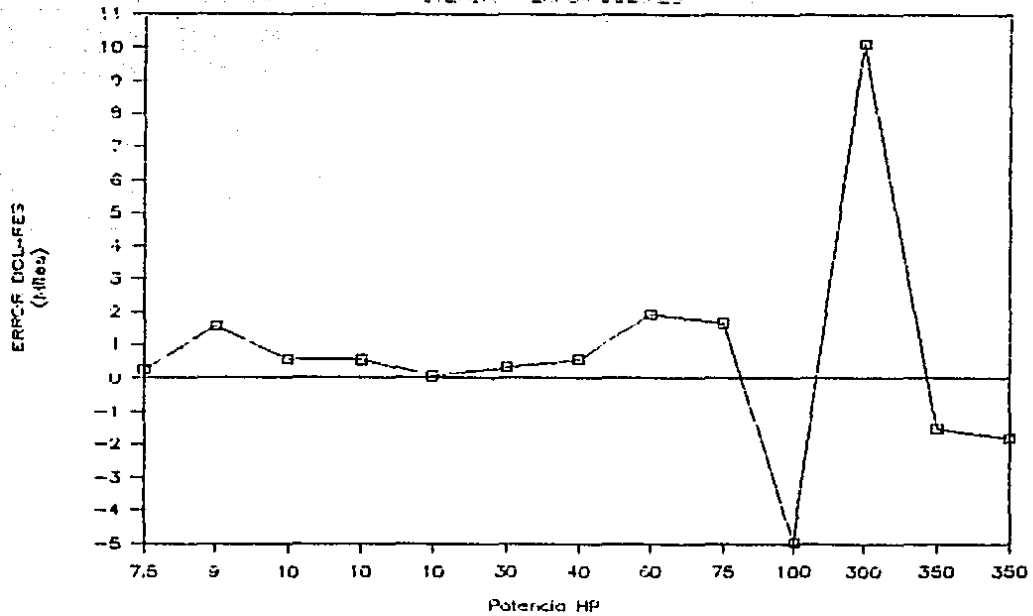
COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

POTENCIA - ERROR %



COSTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

POTENCIA - ERROR DOLARES



CAPITULO VI

GUIA DEL USUARIO

En el presente capítulo, se proporciona una guía básica para el usuario del programa, que se ha desarrollado en el presente trabajo para la estimación del costo de una planta de proceso. El programa como se ha mencionado en capítulos anteriores fue realizado en lenguaje UCSD-PASCAL e implementado en una microcomputadora apple IIe.

Para utilizar el programa se procede de la siguiente manera:

- 1.- Introduzca el disco del programa PASCAL-PLANTA.
- 2.- Encienda la máquina.

Una vez que ha sido instalado el programa en la memoria de la microcomputadora, aparecerá un rotulo en la pantalla que identifica al programa, así como la leyenda de lo que se realiza a través del mismo, en el proceso de selección de los materiales que se utilizan en los diferentes equipos y el cálculo de los factores que son utilizados en las correlaciones, para estimar el costo de los diferentes equipos que integraran la planta de proceso.

El programa es interactivo con el usuario, de tal forma que permite corregir la información en el caso de que esta no sea la adecuada. Al final del cálculo de cada equipo se pregunta si es correcto el estimado, esto permite al usuario aprobar o desaprobado el costo que se ha obtenido y así poder efectuar nuevamente el cálculo del estimado de costo.

Una vez que han sido calculados los costos de los equipos, se presenta al final el resumen de costo total de cada grupo de equipos, los cuales pasaran a integrar la sumatoria del costo total de los equipos principales que son considerados en la planta de proceso.

En la continuación se presenta el ejemplo de como se estima el costo de un proceso de proceso y la forma en como aparece en la pantalla del monitor el programa, cuando este se está ejecutando. Los equipos seleccionados y datos utilizados para cada equipo, que aparecen en los cálculos, han sido supuestos, ya que se trata de mostrar únicamente la secuencia del programa.

```

*****
**
**
**          COSTO DE PLANTA
**
**
**
*****

```

ESTE PROGRAMA PERMITE CALCULAR UN ESTIMADO DEL COSTO DE EQUIPO DE UNA PLANTA.

INICIALMENTE SE PRESENTA UNA TABLA DE SELECCION DEL NUMERO DE LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE FORMAN LA PLANTA.

POSTERIORMENTE ES NECESARIO ALIMENTAR LAS CARACTERISTICAS DE CONSTRUCCION Y MATERIAL DE CADA EQUIPO, PARA OBTENER EL COSTO DE CADA UNO DE ELLOS.

AL FINAL SE PRESENTA UN RESUMEN DE COSTOS TOTALES.

<RET> para Continuar ...

SELECCION DEL NUMERO DE EQUIPOS DE LA PLANTA:

```

INTERCAMBIADORES DE CALOR          ? 0
RECIPIENTES A PRESION                : 0
TORRES DE DESTILACION                 : 0
COLUMNAS DE ABSORCION                 : 0
TANQUES DE ALMACENAMIENTO             : 0
INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS : 0
BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO : 0
COMPRESORES                           : 0
AGITADORES                            : 0
REACTORES                             : 0

```

F)In, <CTL>-A Anterior, <RET> Siguiete

SELECCIONE EL NUMERO DE EQUIPOS DE LA PLANTA :

INTERCAMBIADORES DE CALOR	: 8
RECIPIENTES A PRESION	: 7
TORRES DE DESTILACION	: 5
COLUMNAS DE ABSORCION	: 3
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	: 6
INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS	: 1
BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO	: 14
COMPRESORES	: 3
AGITADORES	: 2
REACTORES	: 4

Configuracion seleccionada correcta (S/N) C

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN INTERCAMBIADOR DE CALOR

INTERCAMBIADOR # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

S)istema Internacional; I)ngles ? S

VALOR DE LA PRESION EN KN/M² (700 <= P <= 6200) ? 878

VALOR DEL AREA EN MTS. CUADRADOS (14 <= A <= 1100) ? 25

SELECCIONA MATERIAL DE CONSTRUCCION

- [1] ACERO INOXIDABLE 316
- [2] ACERO INOXIDABLE 304
- [3] ACERO INOXIDABLE 347
- [4] NICKEL
- [5] MONEL 400
- [6] INCONEL 600
- [7] INCOLOY 825
- [8] TITANIO
- [9] HASTELLOY
- [10] ACERO AL CARBON

SELECCIONA UNO : 10

<CTL>-X Cancelar

SELECCIONA EL TIPO DE INTERCAMBIADOR

- [1] CABEZA FIJA
- [2] RECALENTADOR KETTLE
- [3] TUBOS EN U

SELECCIONA UNO : 1

<CTL>-X Cancelar

COSTO DEL INTERCAMBIADOR # 1 : 4,455.23

Si el estimado no es correcto puede efectuarse nuevamente el calculo para este intercambiador.

Corre. No (2011) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN RECIPIENTE A PRESION

RECIPIENTE A PRESION # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

Sistema Internacional, Ingles ? S

TIPOS DE MATERIALES

- [1] ACERO INOXIDABLE 304.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.
- [3] CARPENTER 20CB-2.
- [4] NIQUEL-200.
- [5] MONEL-400.
- [6] INCONEL-600.
- [7] INCOLOY-825.
- [8] TITANIO.
- [9] ACERO AL CARBON.

SELECCIONE . . . 1

TIPOS DE RECIPIENTES

- [1] HORIZONTAL.
- [2] VERTICAL.

SELECCIONE . . . 2

DIAMETRO DEL RECIPIENTE EN METROS ($1.83 \leq D \leq 3.05$) ? 2.5

LONG. TG. A TG. DEL RECIP. EN MTS. ($3.66 \leq L \leq 6.1$) ? 5.5

SE CONOCE EL PESO DE LA CORAZA (S/N) ? N

DATOS PARA EL CALCULO DEL PESO DE LA CORAZA

ESPESOR POR CORROSION EN mm. ($0.2 \leq E \leq 0.6$) ? 0.3

PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES ($P > 0$) ? 170000

EFICIENCIA DE JUNTAS ($0.45 \leq E_f \leq 1$) ? 0.8

COSTO DEL RECIPIENTE # 1 : 14, 506.28

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para este recipiente.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UNA TORRE DE DESTILACION

TORRE DE DESTILACION # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

Sistema Internacional, Ingles S

TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA TORRE

- [1] ACERO INOXIDABLE 304.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.
- [3] CARPENTER 20CB-3.
- [4] NIQUEL-200.
- [5] MONEL-400.
- [6] INCONEL 600.
- [7] INCOLOY 825.
- [8] TITANIO.
- [9] ACERO AL CARBON.

SELECCIONE. . . 1

DIAMETRO DE LA TORRE EN Mts. ($0.91 \leq D \leq 7.32$)	?	1.8
LONG. TANG. A TANG. EN Mts. ($17.53 \leq L \leq 51.82$)	?	21.0
ESPESOR POR CORROSION EN mm. ($0.79375 \leq E \leq 6.35$)	?	3.0
PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES ($P > 0$)	?	480000
EFICIENCIA DE JUNTAS ($0.45 \leq E_f \leq 1$)	?	0.8
NUMERO DE PLATOS	?	30
DIAMETRO DE LOS PLATOS EN Mts. ($D.P. < D.TORRE$)	?	1.7

TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LOS PLATOS

- [1] ACERO INOXIDABLE 304.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.
- [3] CARPENTER 20CB-3.
- [4] MONEL.

SELECCIONE . . . 1

TIPO DE PLATOS

- [1] VALVULA.
- [2] REJILLA.
- [3] CACHUCHAS (CALOTAS).
- [4] PERFORACIONES (CON BAJANTES).

SELECCIONE . . . 1

COSTO DE LA TORRE DE DESTILACION N 1: 117,528.52

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para esta torre.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UNA COLUMNA DE ABSORCION

COLUMNA DE ABSORCION # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

Sistema internacional, Ingles S

TIPOS DE MATERIALES

- [1] ACERO INOXIDABLE 304.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.
- [3] CARPENTER 20CB-3.
- [4] NIQUEL-200.
- [5] MONEL-400.
- [6] INCONEL-60.
- [7] INCOLOY-825.
- [8] TITANIO.
- [9] ACERO AL CARBON.

SELECCIONE .. 9

DIAME. Ø DE LA COLUMNA EN Mts. ($0.91 \leq D \leq 6.4$) ? 1.3
 LONG. TANG. A TANG. EN Mts. ($8.23 \leq L \leq 12.19$) ? 12
 SE CONOCE EL PESO DE LA CORAZA (S/N) ? N

DATOS PARA EL CALCULO DEL PESO DE LA CORAZA

ESPESOR POR CORROSION EN mm. ($0.2 \leq E \leq 0.6$) ? .5
 PRESION INTERNA DE DIS. EN PASCALES ($P > 0$) ? 103270
 EFICIENCIA DE JUNTAS ($0.45 \leq Ef \leq 1$) ? 0.8

TIPO DE EMPACADO

- [1] ANILLOS DE CERAMICA RASCHING, 1 PLG.
- [2] ANILLOS DE METAL RASCHING, 1 PLG.
- [3] SILLETAS INTALOX, 1 PLG.
- [4] ANILLOS DE CERAMICA RASCHING, 2 PLGS.
- [5] ANILLOS DE METAL RASCHING, 2 PLGS.
- [6] ANILLOS DE METAL PALL, 1 PLG.
- [7] SILLETAS INTALOX, 2 PLGS.
- [8] ANILLOS DE METAL PALL, 2 PLGS.

SELECCIONE .. 1

ALTURA DEL EMPACADO EN HCS. (H < LONG. TG. A TG.) ? 11.5

COSTO DE LA COLUMNA DE ABSORCIÓN 1: 15,752.00

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para esta columna.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN TANQUE

TANQUE # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

Sistema internacional, Ingles ? S

TIPO DE CONSTRUCCION

- [1] FABRICADO EN TALLER
- [2] LEVANTADO EN CAMPO

SELECCIONE .. 2

VOLUMEN EN METROS CUBICOS (30 <= V <= 45,000) ? 2000

MATERIALES DE CONSTRUCCION

- [1] ACERO INOXIDABLE 316
- [2] ACERO INOXIDABLE 304
- [3] ACERO INOXIDABLE 347
- [4] NICKEL
- [5] MONEL
- [6] INCONEL
- [7] ZIRCONIO
- [8] TITANIO
- [9] ACERO RECUBIERTO CON LADRILLO Y CAUCHO
O LADRILLO Y POLIESTER
- [10] ACERO RECUBIERTO CON PLOMO O HULE
- [11] POLIESTER, FIBRA DE VIDRIO REFORZADA
- [12] ALUMINIO
- [13] COBRE
- [14] CONCRETO
- [15] ACERO AL CARBON

SELECCIONE .. 15

COSTO DEL TANQUE # 1 : 72.768.17

Si el estimado no es correct. puede efectuarse nuevamente el calculo para este tanque.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN INTERCAMBIADOR ESPECIAL

INTERCAMBIADOR ESPECIAL # 1

TIPOS DE INTERCAMBIADORES

[1] PLACA Y TUBO.

MATERIAL DE CONSTRUCCION: Todos los Tipos de Aceros
Inoxidables 304.

[2] PLACA Y ESTRUCTURA.

MATERIAL DE CONSTRUCCION: Estructura - Acero al Carbon;
Placas - Acero al Carbon 304.

[3] ESPIRAL Y PLACA.

MATERIAL DE CONSTRUCCION: Todos los tipos de Aceros
Inoxidables 304.

SELECCIONE ... 2

NOTA: las condiciones de operacion deberan ser
Temp. Max. de Operacion < 250 Grados Fahrenheit.
Pres. Max. de operacion < 200 psig.

AREA DEL INTERCAMBIADOR EN Pies² (100 <= A <= 5,000) ? 200

COSTO DEL INTERCAMBIADOR ESPECIAL # 1 : 6,168.80

SI el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente
el calculo para este intercambiador especial.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UNA BOMBA

BOMBA # 1

Seleccione el sistema de unidades en el que se proporcionaran los datos para la estimacion:

Sistema Internacional, Ingles ? S

TIPOS DE BOMBAS

- [1] UNA ETAPA, 3550 RPM, VSC.
- [2] UNA ETAPA, 1750 RPM, VSC.
- [3] UNA ETAPA, 3550 RPM, HSC.
- [4] UNA ETAPA, 1750 RPM, HSC.
- [5] DOS ETAPAS, 3550 RPM, HSC.
- [6] MULTJETAPA, 3550 RPM, HSC.

SELECCIONE .. 3

FLUJO EN m³/seg (0.00231 <= F <= 0.0946) ? 0.003

CABEZA EN Joules/Kg (300.0 <= C <= 1350.0) ? 500.0

<CTL>-X Cancelar

TIPOS DE MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA BOMBA

- [1] ACERO FUNDIDO.
- [2] CONEXIONES 304 o 316.
- [3] ACERO INOXIDABLE 304, 316.
- [4] ALEACION COULD FUNDIDA No. 20.
- [5] NIQUEL.
- [6] MONEL.
- [7] ISO B.
- [8] ISO C.
- [9] TITANIO.
- [10] HASTELLOY C.
- [11] ACERO DUCTIL.
- [12] BRONCE.
- [13] HIERRO FUNDIDO.

SELECCIONE .. 13

TIPOS DE MOTOR

- [1] ABIERTO. A PRUEBA DE GOTO.
- [2] TOTALMENTE CERRADO. ENFRIADO POR VENTILADOR.
- [3] A PRUEBA DE EXPLOSION.

SELECCIONE ... 3

VELOCIDAD DEL MOTOR

- [1] 3600 RPM.
- [2] 1800 RPM.
- [3] 1200 RPM.

SELECCIONE ... 1

DENSIDAD DEL FLUIDO EN Kg/m³ (DENS > 0) ? 1000

POTENCIA NOMINAL EN Hp (4.7 <= POT <= 200.0) ? 30

COSTO DE LA BOMBA # 1 : 2,816.53

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para esta bomba.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN COMPRESOR

COMPRESOR # 1

TIPOS DE COMPRESORES

- [1] RECIPROCANTES.
- [2] CENTRIFUGOS.

SELECCIONE . . . 2

POTENCIA EN Hp. (300 <= POT <= 5,500) ? 2000

COSTO DEL COMPRESOR # 1 : 197,648.75

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para este compresor.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN AGITADOR

AGITADOR # 1

TIPO DE MATERIAL DE LA PARTE SUMERGIDA

- [1] ACERO AL CARBON.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.

SELECCIONE ... 2

VELOCIDAD DEL IMPULSOR

- [1] 30 a 45 R.P.M.
- [2] 56 a 100 R.P.M.
- [3] 125 a 200 R.P.M.

SELECCIONE .. 2

NUMERO DE IMPULSORES

- [1] UN IMPULSOR.
- [2] DOS IMPULSORES .

SELECCIONE .. 2

POTENCIA DEL IMPULSOR EN Hp. (1 (= POT (<= 450) ? 50

COSTO DEL AGITADOR # 1: 23,146.34

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para este agitador.

CORRECTO (S/N) ? S

ESTIMACION DEL COSTO PARA UN REACTOR

REACTOR # 1

MATERIAL DE CONSTRUCCION

- [1] ACERO INOXIDABLE 304.
- [2] ACERO INOXIDABLE 316.

SELECCIONE ... 1

CONDICIONES DE DISEÑO DEL REACTOR

- PRESION MAXIMA 75 PSI.
- TEMPERATURA MAXIMA 350 GRADOS FARENHEIT.

CONDICIONES DE DISEÑO PARA EL AISLANTE

- CHAQUETAS DE HOYUELOS DE ACERO INOXIDABLES.
- PRESION MAXIMA 125 PSI.
- TEMPERATURA MAXIMA 350 GRADOS FARENHEIT.

VOLUMEN DEL REACTOR EN GALONES (0 <= V <= 10,000) ? 7000

<CTL>-X Cancelar

COSTO DEL REACTOR # 1: 47,132.96

Si el estimado no es correcto, puede efectuarse nuevamente el calculo para este reactor.

CORRECTO (S/N) ? S

RESUMEN DE COSTOS

TOTALES DE COSTO POR TIPO DE EQUIPO

INTERCAMBIADORES DE CALOR	:	4,455.23
RECIPIENTES A PRESION	:	14,506.28
COLUMNAS DE DESTILACION	:	117,528.52
COLUMNAS DE ABSORCION	:	15,752.00
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	:	72,768.17
INTERCAMBIADORES DE CALOR TIPO PLACAS	:	6,168.80
BOMBAS CENTRIFUGAS CON MOTOR ELECTRICO	:	2,816.53
COMPRESORES	:	197,848.75
AGITADORES	:	23,146.34
REACTORES	:	47,132.96

COSTO TOTAL DEL EQUIPO PRINCIPAL: CEP = 502,123.58

COSTO DEL MODULO SENCILLO: CMS = 2.95*CEP = 1,481,264.561

COSTO TOTAL DE LA PLANTA: CT = CMS + 18% = 1,747,892.182

CONCLUSIONES

Este trabajo se ha desarrollado, como se mencionó al inicio del mismo, con la finalidad de establecer un método de estimados de costos que cumpla con las siguientes condiciones:

Disminución en el tiempo de la realización del estimado de costos con respecto a los métodos tradicionales.

Confiable en los resultados que se obtienen a través de esta metodología.

Disminución en los costos del proyecto, debido a los costos que implica el realizar el estimado de costo.

En lo referente al tiempo, se observó que es bastante considerable la disminución de este, con respecto al tiempo, que le toma a un ingeniero de costos elaborar un estimado de estudio, cuando lo realiza en forma manual, comparado con la misma determinación del estimado de estudio, utilizando la metodología de cálculo que aquí se ha desarrollado.

Esta metodología nos permite obtener el estimado del costo de una pieza de equipo o de un grupo de equipos del mismo tipo, utilizando equipo de cómputo, en nuestro caso el equipo utilizado fue una microcomputadora, proporcionando a los programas, los parámetros críticos para cada uno de los equipos, que se

desean costear y por lo tanto se puede determinar el costo total del equipo que integra el proyecto.

En lo que respecta a la confiabilidad en los resultados obtenidos con los programas que se han desarrollado en este trabajo, se observo que en su mayoria, las correlaciones cumplen con la condicion establecida para el estimado de estudio, es decir, que la prediccion de los costos se encuentre en el rango de $\pm 30\%$ del error.

Ahora bien, al realizar un analisis de los costos totales, entre los costos estimados y los costos reales, se observa que el error en el que se incurre es bastante aceptable, de acuerdo a los metodos estadisticos [10], [24], veanse por ejemplo los datos de los intercambiadores de calor, bombas centrifugas torres de destilacion y absorcion.

En el caso de los recipientes a presion se puede observar en la tabla reportada, que en el analisis de los costos totales el error es muy pequeno en el conjunto de los datos analizados, pero el error en el que se incurre en la determinacion de cada uno de los recipientes es bastante considerable. Este error se deba a que al realizar el estimado de costo de los recipientes se toman en consideracion unicamente los parametros requeridos para la aplicacion de la correlacion, y que posiblemente para la cotizacion real algunos de ellos no sean de suficiente peso con respecto al proceso de ingenieria.

Comprobar lo anterior, llevaría a un análisis de los criterios que se toman para la cotización de los recipientes a presión y que posiblemente no se hayan considerado en las correlaciones utilizadas en este trabajo. el determinar estos criterios requiere de mas tiempo, lo que sería adecuado para la realización de otro trabajo con mayor profundidad, debido a la importancia de este tipo de equipo en las plantas de proceso.

En el caso de los compresores, la correlación para la determinación de los costos, fue obtenida de las gráficas reportadas por Peters y Timmerhaus [25] y por las reportadas por Pikulik y Diaz [26] en la literatura.

De lo anterior se puede concluir que al cumplir con la disminución en el tiempo de estimación, con la confiabilidad del método, Esto nos llevara a poder lograr una disminución bastante aceptable en la cantidad de horas-hombre que se requieran para la realización del estimado, teniendo como consecuencia que el costo que esto representa en la factibilidad del proyecto se vea reducido.

Con la metodología que se presenta, se pueden estandarizar criterios de ingeniería para determinar costos de equipo de proceso.

El programa al ser escrito en lenguaje BASIC puede con facilidad adaptarse a simulaciones de plantas de proceso y a paquetes de diseño en ingeniería.

BIBLIOGRAFIA

1. American Society for Metals. "Metals Handbook". 9a. ed.. Vol 3 Metals Park, Ohio. 1980.
2. Aries. R. S. and Newton. R. D.. "Cost Estimation". McGraw-Hill 1955.
3. ASME. "ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII Unfired Pressure Vessels". ASME. 1959.
4. Aspen Project. Massachusetts Inst. of Tec..Cambridge Mass.. 1979.
5. Brasler. S. A. and Kuo. M. I.. "Cost Estimating by Computer" Chem. Eng.. May 29. pp. 94. 1972.
6. Chemical Engineering. "Modern Cost Engineering: Methods and Data" Chem. Eng.. 1979.
7. Corripio A. B.. Chrien K. S. and Evans L. B.. "Estimate Costs of Heat Exchangers and Storage Tanks via Correlations". Chem. Eng.. Jan 25. pp.125. 1982.
8. Corripio A.B.. Chrien. K. S. and Evans L. B.. "Estimate Costs of Centrifugal Pumps and Electric Motors". Chem. Eng. Feb 22. 1982.
9. Chan. J.. "Improved Factored Method Gives Better Preliminary Cost Estimates". Chem. Eng.. April 6. pp. 65. 1981.
10. Draper. N. R.. and Smith. H.. "Applied Regression Analysis" John Wiley & Sons. Inc.. New York. 1966.
11. Epstein. L. D.. "Cost of Standard-Sized Reactors and Storage tanks". Chem. Eng. Oct. 1971.
12. Guthrie. K. H.. "Data and Techniques for Preliminary Capital Cost Estimating". Chem. Eng.. Vol. 26. No. 6. pp. 114. 1969.
13. Guthrie K. H.. "Process Plant Estimation, Evaluation and Control". Craftman Book Co.. Solana Beach. Calif. 1974.
14. Hall. R. S.. Malley. J.. McNaughton. E.J.. "Current Costs of Process Equipment". Chem. Eng.. Vol. 89. No. 7 pp. 80. 1982.
15. Institut Français du Pétrole. "Manual of Economic Analysis of Chemical Processes". McGraw-Hill. New York. 1981.

16. Khang, S. J., Levenspiel O. "New Scale-Up and Design Method for Stirrer Agitated Batch Mixing Vessels", Chem. Eng. Science, Vol.31, pg. 567, 1976.
17. Kumana, J. D., "Cost Update on Specialty Heat Exchangers" Chem. Eng., June 25, pp. 169, 1984.
18. McNaughton, K. J., "Materials Engineering I Selecting Materials for Process Equipment", Chem. Eng., McGraw-Hill New York, 1980.
19. Meyer, W. S. and King, D. L., "Cost Estimation for Turbine Agitators", Chem. Eng. Sept. 1976.
20. Midoux, N., Charpentier, J.C. "Mechanically Agitated Gas Liquid Reactor, Part 1", Hydrodynamics International Chemical Engineering, Vol. 24, No. 2, 1984
21. Mulet A., Corripio A. B. and Evans L. B., "Estimate Costs of Distillation and Absorption Towers via Correlations", Chem. Eng., Dec 28, pp.77, 1981.
22. Mulet A., Corripio A. B. and Evans L. B., "Estimate Costs of Pressure Vessels via Correlations", Chem. Eng., Oct 5 pp. 145, 1981.
23. Oldenue, J. H., Mixing Equipment Co. "Fluid Mixing Technology and Practice" Chem. Eng., Vol. 90, No. 12, pg. 82, 1983.
24. Ott, Lyman, "An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis", Dorbury Press, North Scituate Massachusetts, 1977.
25. Peters, H. S., and Timmerhaus, K. D., "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 2nd Ed., McGraw-Hill New York, 1980.
26. Pikulik A. and Diaz H. E., "Cost Estimating for Major Process Equipment", Chem. Eng., Oct 10, 1977 pp: 106-122
27. Ward, T. J., "Cost-Estimating Methods", American Institute of Chemical Engineers, Modular Instruction Series, pp. 12-21