

122



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

ECUACIONES Y NOMOGRAMAS PARA LA  
ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN DE  
EQUIPOS DE PROCESO

288491

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO  
PRESENTA

VÍCTOR JAVIER MARTÍNEZ ORTIZ



México, D.F.

EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUÍMICA

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

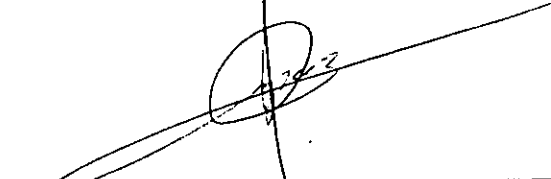
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

JURADO ASIGNADO:

- PRESIDENTE : M. en I. ALEJANDRO ANAYA DURAND  
VOCAL : Q. JOSÉ LUIS PADILLA DE ALBA  
SECRETARIO : Ing. MANUEL MIGUEL LÓPEZ RAMOS  
1er. SUPLENTE : Ing. CARLOS GALDEANO BIENZOBAS  
2o. SUPLENTE : Ing. FERNANDO DE JESÚS RODRÍGUEZ RIVERA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA : INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.



Ing. MANUEL LÓPEZ RAMOS. Asesor del tema



VÍCTOR JAVIER MARTÍNEZ ORTIZ. Sustentante

A DIOS Y A MIS PADRES, A QUIENES DEBO LO QUE SOY.

A MIS HERMANOS.

A VERO.

**CONTENIDO**

**Pág.**

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>TIPOS DE EQUIPO.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>INGENIERÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>DESARROLLO DE ECUACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>DESARROLLO DE NOMOGRAMAS.....</b>	<b>20</b>
<b>VIII.1</b>	<b>BOMBAS CENTRÍFUGAS.....</b>	<b>21</b>
<b>VIII.2</b>	<b>BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....</b>	<b>31</b>
<b>VIII.3</b>	<b>COMPRESORES CENTRÍFUGOS.....</b>	<b>38</b>
<b>VIII.4</b>	<b>COMPRESORES RECIPROCANTES.....</b>	<b>45</b>
<b>VIII.5</b>	<b>CAMBIADORES DE CALOR.....</b>	<b>52</b>
<b>VIII.6</b>	<b>REHERVIDORES.....</b>	<b>59</b>
<b>VIII.7</b>	<b>ENFRIADORES POR AIRE.....</b>	<b>66</b>
<b>VIII.8</b>	<b>HORNOS HORIZONTALES.....</b>	<b>73</b>
<b>VIII.9</b>	<b>HORNOS VERTICALES.....</b>	<b>81</b>
<b>VIII.10</b>	<b>RECIPIENTES HORIZONTALES.....</b>	<b>89</b>
<b>VIII.11</b>	<b>RECIPIENTES VERTICALES.....</b>	<b>96</b>
<b>VIII.12</b>	<b>TANQUES ATMOSFÉRICOS.....</b>	<b>105</b>
<b>VIII.13</b>	<b>TORRES.....</b>	<b>112</b>
<b>VIII.14</b>	<b>INTERNOS DE TORRES.....</b>	<b>121</b>
<b>CAPÍTULO IX.....</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>128</b>
<b>CAPÍTULO X.....</b>	<b>EJEMPLO PRÁCTICO.....</b>	<b>135</b>
<b>CAPÍTULO XI.....</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>168</b>
<b>CAPÍTULO XII.....</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>176</b>
<b>APÉNDICE A.....</b>	<b>ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING PARA EQUIPO Y MATERIALES DE INSTALACIÓN.....</b>	<b>178</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>188</b>

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN.

En virtud de que los métodos integrados de estimación de costos de equipo y materiales son muy poco comunes, se preparó éste trabajo, con el fin de tener una herramienta práctica y confiable, para la preparación de estimados de inversión.

Este trabajo consiste en un método estructurado con base a nomogramas que relacionan a las principales variables que intervienen en la determinación de costos de equipos de proceso y su instalación final, así como para los diferentes materiales que intervienen en la construcción de la planta, tales como: tuberías, acero, concreto, eléctrico, instrumentos, aislamiento y pintura.

Los equipos que fueron analizados se encuentran actualmente en funcionamiento en diferentes plantas industriales, de cuyos libros de proceso fueron extraídos los datos técnicos de éstos. Se analizaron:

- Recipientes horizontales.
- Recipientes verticales.
- Hornos verticales.
- Hornos horizontales.
- Bombas centrífugas (incluyen motor como accionador).
- Bombas reciprocantes (incluyen motor como accionador).
- Compresores centrífugos (incluyen turbina como accionador).
- Compresores reciprocantes (incluyen turbina como accionador).
- Cambiadores de calor de coraza y tubos.
- Rehervidores.
- Enfriadores por aire.
- Torres.
- Internos de torres (platos y empaque).
- Tanques atmosféricos.

Equipos correspondientes a diferentes plantas, principalmente de etileno, alquilación, criogénicas, destilación, reformadoras, entre otras.

Para realizar la estimación de costos de equipo se utilizó el software ICARUS 2000, el cual es una herramienta de vanguardia para la estimación de costos. La estimación de costos de los equipos se realizó en la base de acero al carbón, y se obtuvieron factores de costo para equipos de material de aleación.

Los costos de los equipos se correlacionaron con sus variables técnicas mediante el ajuste de curvas, determinándose el comportamiento matemático y los factores de costo para cada material de construcción del equipo.

La estimación de costos de los equipos considera la participación de los componentes internos de las torres como : platos y empaque, los cuales se estiman mediante nomogramas, de la misma manera que para estimar costos de los equipos.

De ésta manera, el método tiene como principal bondad necesitar únicamente la variable más importante del equipo para que, a partir de ahí, se conozca el estimado de costos de inversión de los equipos.



## CAPÍTULO II

### OBJETIVO.

Proponer, crear y desarrollar un método sencillo, fácil, rápido y preciso para la determinación de estimados de costo de equipos, materiales y su instalación basándose en ecuaciones, nomogramas y factores de costo, que ayude a estimar en un orden de confianza, la inversión de plantas de proceso, y que este método sea una herramienta confiable para la toma de decisiones.

## CAPÍTULO III

### ANTECEDENTES.

Existen varios métodos para la realización de estimados de costo de equipos y materiales e instalación, muchos de ellos se pueden encontrar en bibliografía especializada o en paquetes de cómputo.

En México, existe poca información que aborda éste tema con la profundidad que se alcanza en éste trabajo, por lo que resulta interesante y útil elaborar un método que analice cómo se realiza un estimado de costo confiable de los rubros que integran una inversión.

Es importante resaltar que el alcance de éste trabajo permite competir con los métodos avanzados para la estimación de costos que han sido desarrollados por expertos en el tema y por compañías que se dedican al desarrollo de software especializado en la estimación de costos, ya que se profundiza con detalle, además de ser un valioso material didáctico de fácil acceso, que proporciona suficiente información y arroja resultados confiables.

Éste trabajo presenta un esquema integrado para estimar inversiones, que a diferencia de otros métodos, que únicamente se limitan a elaborar nomogramas y esquemas para la estimación de costos de equipo de una manera aislada, sin prestar importancia a los componentes periféricos que participan en su instalación e interrelación con los demás equipos.

Por éstos motivos se presenta éste trabajo que, como ya se indicó, es un método confiable y de fácil aplicación.

## CAPÍTULO IV

### TIPOS DE EQUIPO.

Los equipos principales más comunes que se encuentran en una planta industrial son los siguientes:

#### **Bombas.**

Las plantas modernas de procesos no funcionarían si no fuera por las bombas mediante las que se mantiene un flujo estable de los fluidos a través de la planta, estableciéndose un proceso continuo. La selección inadecuada de las bombas crea serios problemas en la operación de una planta. Por lo tanto, el ingeniero de proyecto debe tener una cuidadosa supervisión en lo que respecta a la selección, compra e instalación de las bombas.

Las bombas se fabrican de tamaño estándar. Lo fundamental para cada caso es seleccionar el tamaño y el tipo que más se ajuste a las necesidades de servicio requeridas. Por lo tanto, resulta de mucha utilidad el contacto que se tenga con los fabricantes de bombas, y a fin de obtener el máximo beneficio habrá de seguir las recomendaciones del mismo. También es esencial entender los principios fundamentales de operación de las bombas.

Las bombas se clasifican en centrífugas y de desplazamiento positivo:

#### Bombas centrífugas:

El desarrollo de la bomba centrífuga ha sido extraordinario; actualmente se le usa para cualquier tipo de servicio. Casi todos los fabricantes producen bombas centrífugas de capacidades desde 5 gpm hasta bombas de pasos múltiples de 2,800 a 3,000 gpm. Se tienen diseños que manejan fluidos hasta 850°F altamente volátiles y lechosos.

Bombas especiales han sido diseñadas para condiciones de operación impresionantes. Por ejemplo, las bombas en el acueducto del río del Colorado bombean 90,000 gpm a 444 pies de altura.

Una ventaja que distingue a las bombas centrífugas es la gran variedad de materiales que pueden emplearse en la construcción de sus partes. Las cubiertas pueden hacerse de materiales que pueden ser desde vidrio y objetos de barro hasta aceros aleados de gran dureza. Por lo tanto, las proposiciones generales son de escaso valor. Se ha determinado que, para las plantas de procesos, las partes de bronce no pueden emplearse en operaciones arriba de 250°F, y las partes de hierro fundido no deben usarse para temperaturas arriba de 350 a 400°F. Para temperaturas superiores a 400°F, frecuentemente se usan aceros al cromo de 11 a 13%.

#### Bombas de desplazamiento positivo:

Un grupo muy importante de bombas usadas en las industrias de procesos es el de las bombas dosificadoras o de volumen controlado, la que es usada ampliamente para alimentar de manera muy exacta los flujos necesarios de un proceso y para proporcionar flujos de varias corrientes a reactores y a tanques de tratamientos o mezcladores. Estas bombas no sólo actúan como tal sino también como aparatos de medidores del volumen del flujo bombeado y se usan para bajas capacidades.

#### Compresores.

El transporte de gases y vapores es tan importante como el movimiento de líquidos. En muchas plantas químicas algunos procesos requieren alimentación de gases comprimidos a presiones elevadas. La estación de compresores es una planta dentro de otra planta, que tiene máquinas complicadas y caras, que requieren no únicamente de operación práctica sino también de conocimientos de ingeniería para su selección e instalación. Generalmente los fabricantes de compresores proporcionan al cliente, o a un cliente en prospecto, los servicios de sus ingenieros para ayudarles en la selección de sus unidades. Sin embargo, el ingeniero de proyecto debe tener ciertos conocimientos fundamentales que le permitan hacer preguntas pertinentes y sostener conversaciones inteligentes con el fabricante.

#### Compresores centrífugos:

Al igual que las bombas centrífugas, los compresores centrífugos proporcionan el bombeo o acción compresora por la rotación de los álabes en el rodete. La carga de velocidad impartida al gas en el rodete es convertida a carga de presión. A simple vista puede confundirse, un compresor centrífugo de pasos múltiples con una bomba centrífuga de pasos múltiples. Sin embargo, en los compresores el ancho de los rodetes se ve disminuido desde el lado de baja hasta el lado de alta presión debido a la disminución del volumen del fluido cuando el gas se comprime.

La máquina centrífuga tiene ventajas muy definidas sobre la máquina de pistón cuando se manejan volúmenes grandes de aire a bajas presiones. A volúmenes pequeños, la eficiencia del compresor centrífugo baja tan rápidamente que su uso es incosteable.

Compresores recíprocos:

Brevemente, el Compressed Air and Gas Institut define al compresor de pistón como una máquina en la que el elemento compresor es un pistón con movimiento alternativo dentro de un cilindro.

La mayoría de los primeros compresores que se instalaron fueron unidades accionadas con vapor. El uso de esas unidades se ha reducido a instalaciones pequeñas (10 a 300 hp) de baja presión, a unidades de un solo paso; éstos compresores trabajan de 250 a 500 rpm y se emplean más como compresores de aire.

Los compresores más grandes (200 hasta 1,500 hp) accionados con vapor, generalmente son horizontales, en diseños de un solo paso o de dos pasos. Una desventaja de los compresores grandes accionados con vapor es la superficie de paso relativamente grande que ocupan dichas unidades; esto probablemente haya influido para su declinación, junto con la introducción de compresores impulsados por motores de gas natural y por lo barato del gas natural.

Las turbinas de vapor se emplean cuando los costos de energía eléctrica son muy altos y los del vapor son bajos.

Hay una gran variedad de compresores de pistón impulsados por motor eléctrico en intervalos que varían de 5 a 150 hp hasta compresores multicilíndricos de tamaño grande (150 a 4,500 hp).

En los compresores grandes, diseñados para impulsarse con motores eléctricos pueden también usarse motores diesel, de gas-diesel o de gas.

### **Hornos.**

El diseño de un calentador o de un horno de craqueo, requiere conocimiento de transferencia de calor, de flujo de fluidos y de las propiedades de metales y refractarios usados para las presiones y temperaturas altas. Hace algunos años, la mayoría de los hornos de fuego directo se usaban para suministrar el calor a las unidades de destilación de crudo, y el diseño era empírico. Como el uso y las aplicaciones de éstos calentadores ha ido en aumento, desde torres rehedidoras hasta reactores, se ha desarrollado una base teórica muy fuerte para el diseño de los mismos, especialmente en cálculos respecto a la absorción de calor por convección y radiación. Por lo

tanto, el diseño de un horno se ha convertido en una especialidad. Los fabricantes de hornos tienen un grupo de especialistas dedicados al diseño y construcción de hornos. Algunos hornos pequeños pueden construirse en la fábrica y embarcarse la unidad completa hasta el sitio de la planta, mientras que para usos mayores, deben construirse en el lugar de uso.

Los hornos pueden ser verticales (o cilíndricos) y horizontales (o de tipo caja).

### **Cambiadores de calor.**

Los procesos químicos invariablemente requieren de la adición o eliminación de calor. Por consiguiente, el diseño y la aplicación cuidadosos de los cambiadores de calor han sido objeto de una consideración importante en el diseño de plantas.

El diseño completo de los cambiadores de calor rara vez constituye una tarea del ingeniero de proceso o del ingeniero de proyecto. Por lo general dicho equipo se compra al fabricante de cambiadores de calor, quien lo diseña y garantiza. No obstante, el ingeniero de proyecto debe entender los métodos de diseño y fabricación de cambiadores de calor. El conocimiento de éstas técnicas permite una estrecha cooperación entre el ingeniero de proyecto y los representantes del fabricante, cooperación que puede ahorrar tiempo y dinero.

Cambiadores de calor de coraza y tubos y rehervidores:

El tipo más ampliamente usado de cambiador de calor es el de coraza y tubos, pueden ser de cabezal fijo, de cabezal flotante o rehervidores (tipo Kettle o termosifón). El diseño de coraza y tubos, no obstante, proporciona una gran área superficial de intercambio de calor por volumen unitario de espacio ocupado. Aunque difiriendo en ciertos detalles de diseño, todos los fabricantes de cambiadores construyen diversos tipos estándares de cambiadores de calor de coraza y tubos.

La fuente primordial de suministro de calor para la mayoría de las columnas de destilación es el rehervidor. Un rehervidor es un cambiador de calor diseñado para suministrar calor y permitir fácil control de las condiciones en la torre de destilación.

Los tubos de éstos cambiadores de calor pueden ser de diferentes metales: acero inoxidable, diversas aleaciones de cobre, incluyendo bronce, latón o metal "admiralty". En servicios severos, el aluminio, metal Monel, níquel y otros materiales se usan ampliamente. No es poco común encontrar condiciones en las que los fluidos, tanto de exterior como del interior de los tubos, son en extremo corrosivos y, además, requieren un metal diferente para cada lado.

### **Enfriadores por aire.**

Muchas regiones del mundo padecen seria escasez de agua. El desarrollo del cambiador enfriado por aire ha permitido la construcción de plantas de proceso aún en lugares donde la escasez de agua es un problema constante. Estas unidades de enfriamiento por lo general constan de un gran número de tubos con aletas transversales. El fluido por enfriar circula por los tubos, los cuales reciben el aire por medio de un ventilador, ya sea de tiro inducido o bien forzado. Debido a la alta resistencia de las películas de gas, estos enfriadores por aire requieren grandes áreas superficiales, y por consiguiente, un espacio también grande, por kilocaloría de calor transmitido.

### **Recipientes.**

Recipientes a presión (horizontales o verticales), tanques atmosféricos y torres (de 1,2 y 3 diámetros).

El diseño y fabricación de recipientes de diferente tipo, tamaño y forma, es una labor muy complicada que requiere de la participación de los ingenieros de proceso y proyecto, del diseñador del recipiente y del fabricante. El diseño de recipientes requiere de la experiencia de ingenieros especializados en éste campo. Para éste trabajo se requiere dedicación completa y con el fin de solucionar el problema, deben conocerse los diferentes códigos y propiedades de los materiales que intervienen en su fabricación, los ingenieros encargados del proceso y proyecto deben familiarizarse con el diseño básico y con los procesos de fabricación por lo que resulta muy necesario el intercambio de ideas que tengan con el diseñador de los recipientes.

El ingeniero de proceso determinará el tamaño y la forma del recipiente. El diámetro y la altura de una torre de destilación se fijan dentro de ciertos límites, de acuerdo a cálculos del sistema de destilación. De acuerdo con éstos cálculos, se determinará el volumen de los tambores de acumulación, reactores y tanques. Quien realiza estos cálculos, se da cuenta de todas las posibilidades que tiene que hacer para la elección. Por ejemplo, para un tanque acumulador que debe tener cierto volumen, existe un número infinito de selecciones de longitud a diámetro para satisfacer ese volumen. Un factor necesario a considerar, es el que produzca el diseño más económico; otros factores que deben considerarse son la disposición del equipo, apariencia y cimentaciones. El ingeniero de proceso debe especificar los recipientes de modo que puedan emplearse materiales estándar en su totalidad. El uso de cabezales estándar evitará el costo extra de arreglos especiales.

La selección de materiales para la construcción del recipiente, deberá hacerse conjuntamente por el diseñador del recipiente, el ingeniero de proceso y el ingeniero de proyecto. Los metales que se escojan deben resistir los efectos de erosión y corrosión, y deben tener suficiente resistencia para poder soportar la temperatura y presión de diseño, y además que conduzcan a un diseño práctico.



## CAPÍTULO V

### MATERIALES.

Los materiales son aquéllos elementos que requiere un equipo para poder ser instalados y funcionar correctamente en de una planta industrial de proceso; se agrupan dentro de los siguientes rubros:

#### Tubería.

Tubería:

La tubería puede obtenerse en una gran variedad de tamaños y materiales. Debido a que el acero al carbono es el material más comúnmente usado en tuberías, resulta muy común referir las denominaciones a tuberías de acero, utilizando las iniciales I.P.S (Iron Pipe Size). Se especifica el diámetro de un tubo mediante un valor nominal, el que corresponde a su diámetro real, además, se tiene una gran variedad de espesores para todos los tamaños de diámetro.

Al parecer, el acero continúa siendo el material más importante utilizado en tuberías. Su empleo resulta ser muy necesario para las condiciones de servicio severo que existen en las industrias de proceso, en lo que a presión y temperatura se refiere. El tubo plástico se instala fácilmente. El peso ligero y las propiedades del plástico hacen que sea de manejo muy fácil, por lo que su uso resulta ser muy económico. Existen otros materiales que han probado ser muy valiosos para trabajar con sustancias corrosivas. Entre ellos se incluyen tubos de aceros forrados con hule, acero forrado con plomo y al vidrio.

La ASTM especifica las descripciones de cada tipo de metal convencional usado en tuberías; esto incluye el proceso de manufactura, composición química, propiedades de tensión, propiedades de flexión y procedimientos requeridos para hacer las pruebas.

Accesorios (coples, nipples, bridas, te´s etc.):

Durante muchos años el único método práctico para unir tubos fue el de conectar sus extremos roscados con bridas u otros dispositivos con rosca, tales como accesorios, válvulas y uniones. Se produjeron mejoras con el uso de la soldadura de acero al carbono con oxiacetileno; posteriormente el proceso de soldadura de arco eléctrico redujo el valor de la mano de obra y produjo una unión completamente sellada y junta más resistente. Actualmente , la unión de tubos

roscados se limita a tamaños menores de 1.5 pulgadas. Los tubos de tamaño mayor se unen mediante bridas en cuanto al fácil desmantelamiento de los tubos.

#### **Válvulas:**

La válvula es el accesorio más importante en tubería y se consigue en una variedad ilimitada de materiales y diseños. Sin embargo, se simplifica el mantenimiento y almacenaje en una planta si se conserva al mínimo el número de tipos de válvulas en existencia. Puede resultar muy económico, tratándose de válvulas pequeñas, seleccionar uno o dos diseños que satisfagan a todos los servicios.

Se clasifican como válvulas de compuerta, de globo, de tapón, de retención y de control o maniobra. Se tienen estandarizadas las condiciones de servicio de muchos de los tipos más comunes de válvulas, así como también las dimensiones de las bridas de las válvulas bridadas.

#### **Concreto.**

Las cimentaciones para el equipo, los edificios y las estructuras de acero no solamente deben transmitir las cargas al suelo o al empilotado, sino también sujetar en su lugar al equipo soportado. Como dato práctico puede decirse que todas las cimentaciones se construyen de concreto simple o de concreto reforzado. Este material es relativamente barato y puede dársele cualquier forma mientras está plástico. Para sujetar el equipo directamente en la cimentación, se dejan ahogados en el concreto pernos de anclaje cuando se cuela. Después que ha fraguado, se sujeta al equipo en su lugar con los pernos. La mayor parte del equipo se atornilla firmemente, ya sea que esté colocado sobre un soporte de acero estructural que a su vez esté atornillado a una cimentación, o cuando el equipo se sujete directamente a la cimentación de concreto. Los tanques de gran diámetro, de fondo plano, por lo general no se atornillan, porque pueden colocarse directamente sobre losas de concreto o sobre una capa de suelo preparada, sin ninguna conexión.

Los tipos de cimentación que más se usan en las plantas de proceso son las zapatas, las cimentaciones flotantes, las masivas y las de pilotes.

#### **Acero.**

En la actualidad, las estructuras más importantes de una planta de proceso son los esqueletos gigantes de acero que se usan para soportar equipo. Hacia varias décadas se inventaron algunos perfiles que tienen el máximo de resistencia con el menor peso. Se propusieron fórmulas basadas en éstos perfiles, y se tabularon sus propiedades para facilitar el trabajo del proyectista de

estructuras de acero. En general, los perfiles comunes de acero laminado, como vigas, columnas, canales y ángulos, son suficientes para proyectar casi todos los tipos de estructuras pasadas.

Con la aparición de la soldadura eléctrica de arco y su aceptación general en la industria, se construyen otros perfiles especiales y ligeros, como viguetas de celosía que se usan como elementos de apoyo. Se usan otros perfiles formadas con placas soldadas, que también se llaman perfiles compuestos, para fabricar estructuras de entramados de acero rígidas.

Además de usarse acero al carbón, también se utilizan muchos otro materiales, como los varios aceros inoxidable, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el magnesio, las aleaciones de magnesio, y muchas aleaciones de cobre. En la mayoría, de los casos, éstos materiales son más costosos que el acero al carbón, o requieren procesos de fabricación más caros. Sin embargo, se han usado con ventaja económica aleaciones y materiales no ferrosos, cuando existen problemas de peso o de corrosión, así como las estructuras de acero inoxidable se han usado con frecuencia en atmósferas especialmente corrosivas. Los aceros inoxidable son más ligeros que el acero al carbón, y es posible lograr una reducción en el peso de un proyecto determinado.

### **Instrumentación.**

La industria de proceso no pueden existir sin instrumentos que indiquen, registren, controlen, y en algunos casos, se anticipen a los muchos cambios que ocurren en un proceso. Aún en procesos que requieren control manual, los instrumentos le avisan al operador cuándo se debe dar vuelta a la válvula u oprimir un botón.

Toda aplicación, selección y compra de instrumentos debe ser dirigida por un ingeniero de ésta especialidad. Los diferentes instrumentos se clasifican de la siguiente manera según los tipos de elementos primarios:

- Flujo.
- Temperatura.
- Presión.
- Nivel.

## **Material eléctrico.**

El sistema eléctrico está constituido por la fuente de fuerza, equipo de transformación, dispositivos de conmutación y protección, los tendidos de distribución y los usuarios.

A través de la planta, la fuerza puede ser distribuida por medio de

- a) Alambrado descubierto sujeto a polos o estructuras.
- b) Cables por el interior de tuberías metálicas aparentes.
- c) Cables por el interior de tuberías metálicas, o de otro tipo, ocultas bajo el piso.
- d) Cables enterrados directamente en el suelo.

El cable que corre bajo el piso lo hace por el interior de tuberías de acero galvanizado de pared delgada o de tubos de asbesto-cemento.

Las tuberías de conducción eléctrica deben correr más abajo del nivel de penetración de las heladas y lo suficientemente separadas a manera de permitir la disipación del calor.

Existen diferentes tipos de cableado eléctrico, con o sin recubrimiento con el conductor generalmente de cobre; se encuentran en distintos calibres y diversas longitudes según los requerimientos de energía.

## **Aislamiento.**

El aislamiento térmico propiamente aplicado, asegura una operación efectiva del equipo de proceso y conserva el calor, con los beneficios económicos que ello implica. Para una situación dada, existe siempre una amplia variedad de materiales aislantes y a cada tipo se le debe dar una consideración cuidadosa para poder hacer una decisión inteligente.

Los materiales aislantes pueden ser clasificados en cuatro tipos:

- Fibrosos (Asbesto).
- Granulares (tierra de diatomeas).
- Celulares (corcho).
- Reflectores (aluminio).

## **Pintura.**

Se refiere a la pintura aplicada sobre la tubería o sobre el equipo, y dependiendo de las normas establecidas, ya sea por código de seguridad o protección, se aplican sobre la misma superficie algunas capas de pintura de cierto espesor especificado, siendo ésta preferentemente vinílica de buena calidad.

## CAPÍTULO VI

### INGENIERÍA.

La ingeniería de Proyecto en el desarrollo de instalaciones industriales, se considera en un proyecto como el eslabón que permite el paso de la concepción técnica inicial a una realidad física industrial. Es decir, es una actividad de tipo interdisciplinario, que tiene como objetivo optimizar la realización de proyectos industriales, en los que la ingeniería se debe desarrollar en el menor tiempo, al menor costo, alta calidad y el mejor aprovechamiento de los recursos materiales asignados para ello. Fundamentalmente centraliza sus actividades para el mejor desarrollo del proyecto en las etapas de diseño, instalación, puesta en marcha y funcionamiento.

Siendo la ingeniería de proyecto como ya se mencionó, una actividad interdisciplinaria, en la cual se canaliza una serie de esfuerzos de un grupo de trabajo con diferentes actividades de ingeniería hacia el logro de un fin común.

El diseño y la construcción de una planta de proceso nunca podrá ser llevado a cabo únicamente por profesionales de una sola rama de ingeniería. Ello debe resultar de los esfuerzos coordinados de ingenieros químicos, mecánicos, electricistas y civiles, así como de químicos y especialistas en otros campos. Sin embargo, este esfuerzo combinado, debe ser dirigido por un solo individuo capaz de guiar a los ingenieros, anticipar los problemas rutinarios y programar las diversas fases del trabajo. Por lo tanto, ha llegado a ser práctica común en industrias de procesos, asignar esta responsabilidad global a un solo individuo llamado ingeniero de proyecto o gerente. Los deberes del ingeniero de proyecto para una planta de procesos, además de requerir de un profundo conocimiento de ingeniería química, demandan conocimientos de otros campos de la ingeniería, administración de empresas y economía. Aunque no sea necesariamente un experto en alguna de esas ramas, debe tener conocimientos suficientes para coordinar las actividades de todas ellas.

Las compañías más grandes operando en las industrias de procesos, tales como la química y la petrolera, mantienen grandes grupos de tecnólogos en todas las ramas de la ingeniería dedicados a la investigación, desarrollo y mantenimiento de la planta. Estas compañías investigan cualquier proceso nuevo, tanto bajo consideraciones técnicas como económicas. Sin embargo, cuando una compañía de operación decide construir una planta completa o un simple proceso unitario, utiliza los servicios de un ingeniero en jefe y una firma constructora, especializada en tal trabajo.

Es posible tener numerosas variantes en la división del trabajo, entre la compañía constructora (contratista) y la compañía a la cual se le está realizando el trabajo (cliente).

1. El contratista se encarga del desarrollo del proceso, del diseño del proceso, de la ingeniería y de la construcción.
2. El proceso ha sido desarrollado por el cliente, el contratista y el cliente trabajan conjuntamente en el diseño del proceso, la ingeniería y construcción a cargo del contratista. Este es un arreglo común cuando el cliente, a través de trabajos en modelos a escala y plantas pilotos, ha desarrollado un proceso y desea construir una planta a escala de prototipo. El contratista utiliza los datos básicos proporcionados por el cliente.
3. Todo el diseño del proceso ha sido desarrollado por el cliente. Cuando éste cuenta con personal adecuado para el diseño de procesos, el cual ha estado en estrecho contacto con un proceso, a menudo es aconsejable que éste grupo provea el diseño completo del proceso al contratista. Sin embargo, no es raro que el cliente solicite al contratista para que compruebe su diseño.

Es posible tener otras variaciones de la forma de compartir la responsabilidad. Sin embargo, es importante notar que el papel desempeñado por el ingeniero de proyecto es extremadamente importante cualquiera que sea el arreglo. Cuando tanto el contratista como el cliente son participantes, el ingeniero de proyecto del cliente y el ingeniero de proyecto del contratista, tienen esencialmente deberes paralelos.

El ingeniero de proyecto del cliente debe proveer al ingeniero de proyecto del contratista, toda la información concerniente a los requisitos y preferencias del cliente. Debe comprobar y aprobar todos los diseños y escuchar los comentarios de varios grupos de diseño y operación de su propia organización. El ingeniero de proyecto del contratista debe ser responsable de hacer llegar la información a los diferentes grupos de su propia organización, para salvaguardar tanto los intereses del cliente como los del contratista en todas las decisiones ingenieriles, obligaciones contractuales y sobre todo a fin de que la planta sea terminada a tiempo y opere conforme a las especificaciones dadas.

## CAPÍTULO VII

### DESARROLLO DE ECUACIONES.

Para obtener correlaciones confiables que permitan un estimado de costos preciso, se recopiló información a partir de las hojas de datos, diagramas de diseño y listas detalladas de una gran cantidad de equipos de 20 diferentes plantas industriales como plantas de etileno, alquilación, criogénicas, de destilación y reformadoras entre otras.

De las plantas industriales consideradas se eligieron los grupos de equipos considerados más importantes y se clasificaron de la siguiente manera:

EQUIPO	CANTIDAD	RANGO
BOMBAS CENTRÍFUGAS	131	1.8 – 12,000 gpm
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	40	0.00007 – 900 gpm
COMPRESORES CENTRÍFUGOS	19	620 – 162,530 pcm
COMPRESORES RECÍPROCANTES	6	130 – 3,490 pcm
ENFRIADORES POR AIRE	28	320 – 41,092 m <sup>2</sup>
CAMBIADORES DE CALOR	54	3 – 711 m <sup>2</sup>
REHERVIDORES	54	3 – 711 m <sup>2</sup>
HORNOS HORIZONTALES	27	6.5 – 147.5 x 10 <sup>6</sup> Kcal / hr
HORNOS VERTICALES	16	0.3 – 15.4 10 <sup>6</sup> x Kcal / hr
RECIPIENTES HORIZONTALES	80	844 – 142,170 Kg
RECIPIENTES VERTICALES	131	680 – 121,011 Kg
TORRES	68	2.3 – 313.5 Ton
TANQUES	42	719 – 206,987 Kg

La información recabada consistió en las características técnicas principales de cada equipo como: dimensiones y geometría, datos de diseño de temperatura y presión y Materiales de construcción.

El costo y peso de cada uno de los equipos fueron estimados mediante el paquete ICARUS 2000 en la base de acero al carbón, estimando para los mismos equipos su costo y peso en diferentes materiales de construcción, obteniéndose distintos reportes que permitieron obtener los factores de costo para equipos con diferentes materiales de construcción.



Con los datos obtenidos de los distintos reportes se analizaron el modelos de ajuste de curvas. Se analizaron los modelos lineal, exponencial, logarítmico y potencial, para cada tipo de equipo se escogió la del coeficiente de correlación más cercano a uno descartando las tendencias ilógicas y se obtuvieron las ecuaciones de costo de equipo en función de la variable de diseño indicada, además se ajustaron curvas de tendencia por rubro para calcular el peso y el costo de instalación de cada material.

Se incluyen también las ecuaciones obtenidas para el cálculo del espacio volumétrico que ocupa cada equipo dentro de una planta industrial como una opción para determinar el área de terreno que va a ser ocupada por tal equipo.

Además se calcularon los factores de costo para los diferentes materiales construcción.

En el caso de los compresores, enfriadores por aire y tanques atmosféricos no se calcularon factores de costo por tipo de material ya que en el caso de los compresores y tanques atmosféricos se construyen comúnmente de acero al carbón, así como en los enfriadores por aire los tubos también son de acero al carbón con aletas de aluminio, principalmente.

Para estimar todos los rubros de cada tipo de equipo se tienen ecuaciones sencillas y ordenadas para simplificar los cálculos, además se definió una nomenclatura para especificar las variables de costo y peso de los equipos, así como del costo y cantidad de los materiales para la instalación de los equipos.

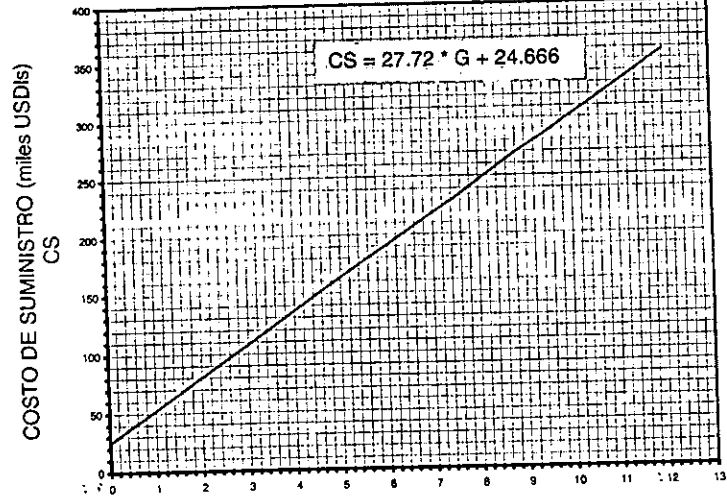
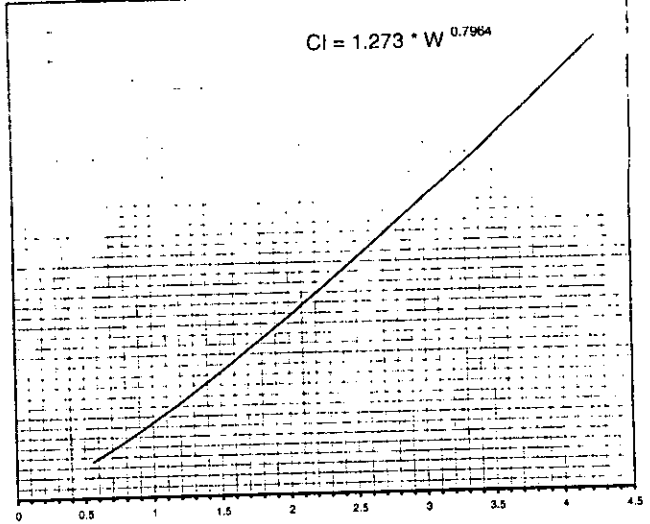
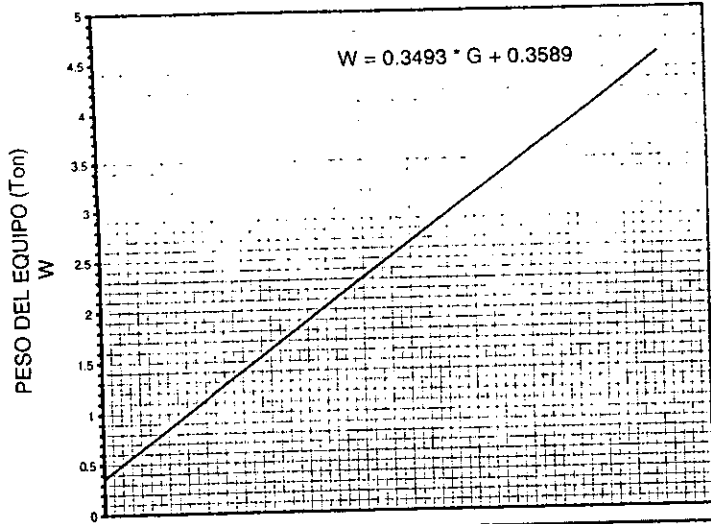
## CAPÍTULO VIII

### DESARROLLO DE NOMOGRAMAS.

A partir de las ecuaciones obtenidas para cada equipo, se procedió a trazar las curvas correspondientes e interrelacionarlas ordenadamente con el fin de crear un algoritmo gráfico que permita una rápida y sencilla forma de realizar un estimado de costos de inversión para un equipo.

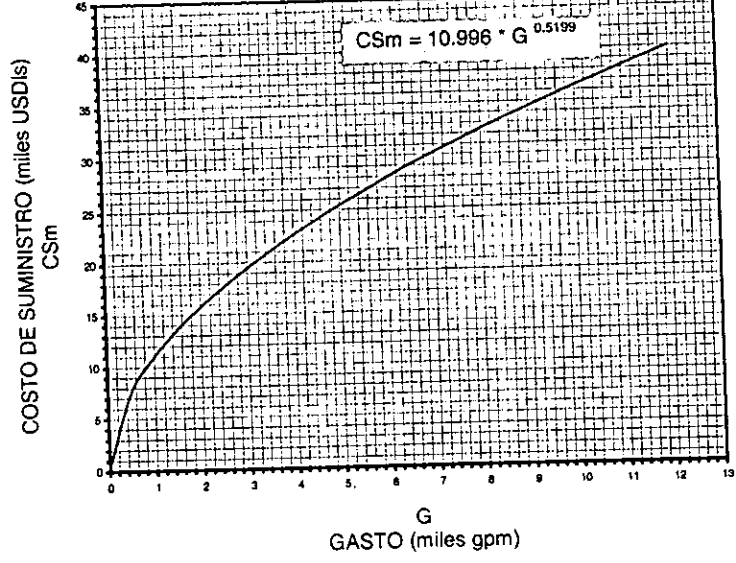
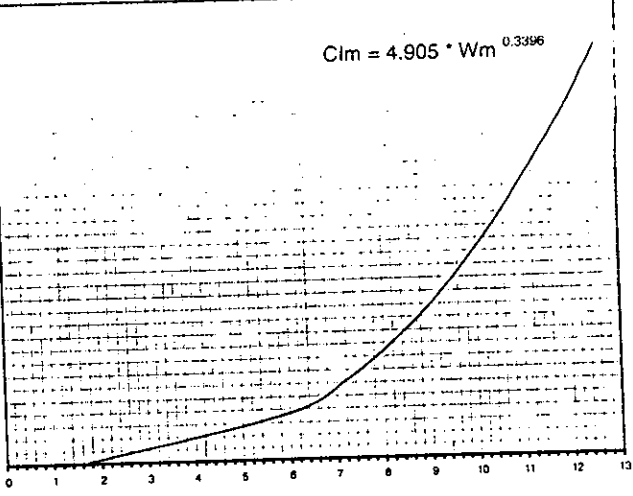
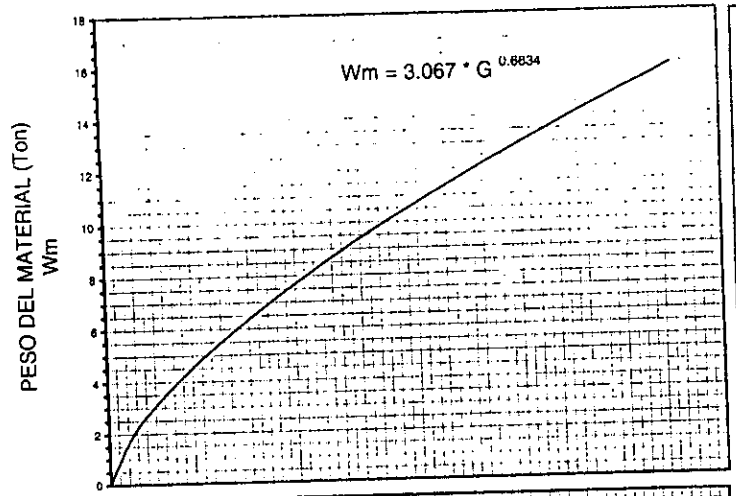
Los nomogramas para bombas, compresores, cambiadores de calor, rehervidores, enfriadores por aire y hornos, están diseñados para estimar el costo de suministro y el peso de los equipos, costo de suministro materiales y costo de instalación de equipos y materiales.

El algoritmo varía ligeramente para estimar los recipientes, tanques y torres con respecto al de los demás equipos, debido a que en los equipos mencionados el peso es fácil de conocer con el proveedor y no es necesario calcularlo, por lo tanto la variable considerada es el peso del equipo. En el caso de la estimación de costos de equipo, se consideró que era preferible trazar el peso contra el cociente del costo de suministro dividido por el peso del equipo con el cuál se puede conocer el costo del recipiente; para después conocer el costo de su instalación. Por otro lado, a partir del peso del equipo podemos conocer el peso del material y con él, tanto el costo de suministro como el de instalación de los materiales.



CI  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

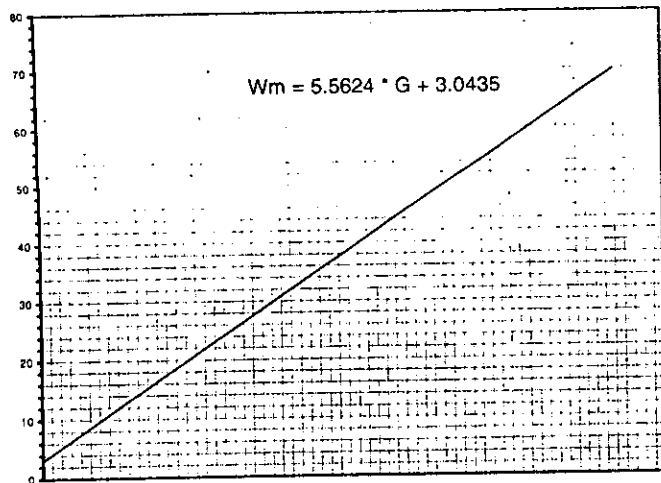
FIGURA VIII.1.1  
BOMBAS CENTRÍFUGAS  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
NORMA: API - 610  
MATERIAL: S - 6  
RANGO: 10 - 12,000 gpm  
CABEZA < 300 m



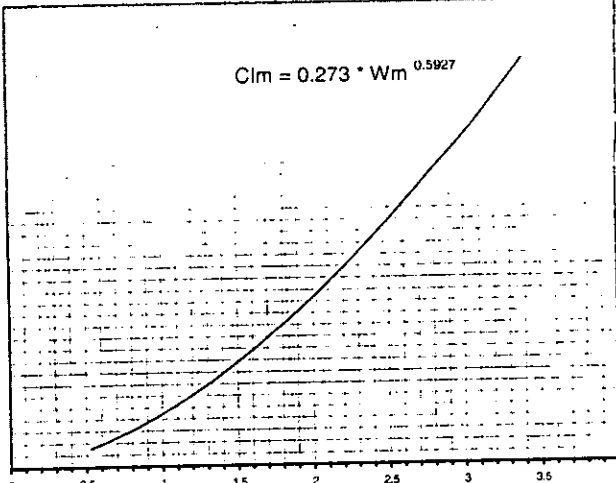
CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.1.2  
BOMBAS CENTRÍFUGAS  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
NORMA: API - 610  
MATERIAL: S - 6  
RANGO: 10 - 12,000 gpm  
CABEZA < 300 m

PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$

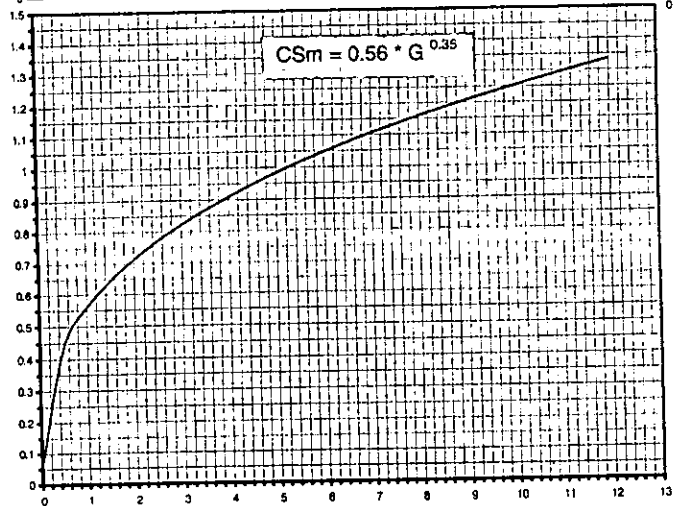


$$C_{Im} = 0.273 * W_m^{0.5927}$$



$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

COSTO DE SUMINISTRO (miles USDs)  
 $C_{Sm}$



$G$   
GASTO (miles gpm)

FIGURA VIII.1.3

BOMBAS CENTRÍFUGAS

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

NORMA: API - 610

MATERIAL: S - 6

RANGO: 10 - 12,000 gpm

CABEZA < 300 m

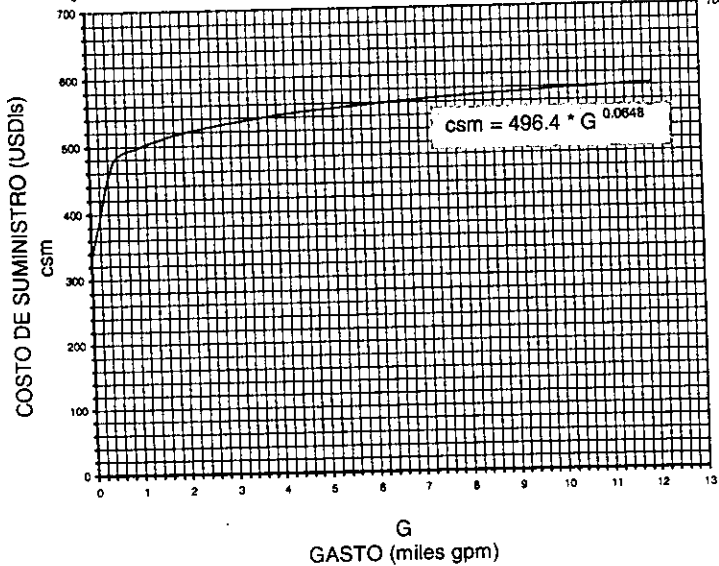
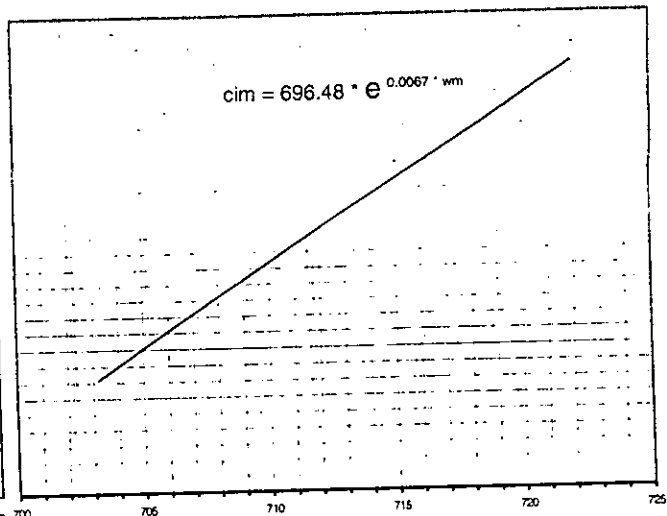
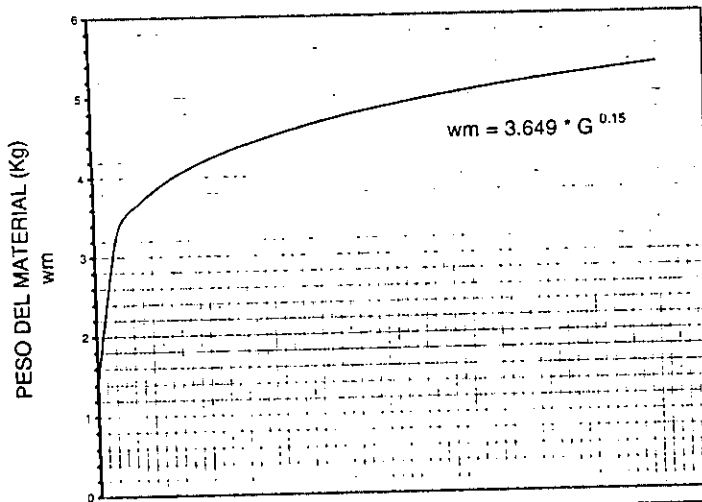
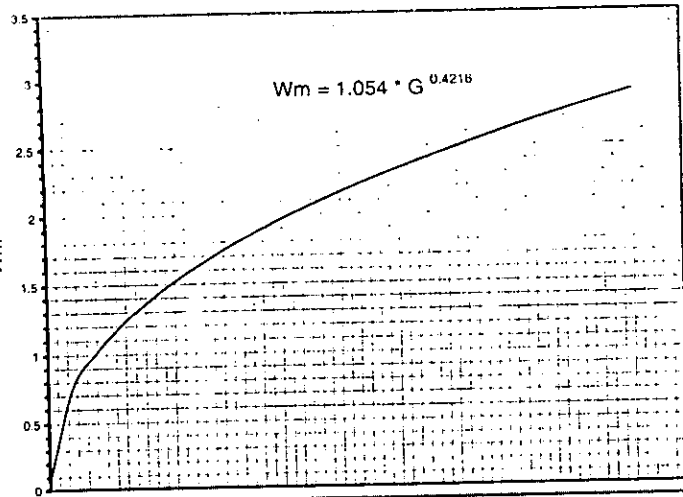


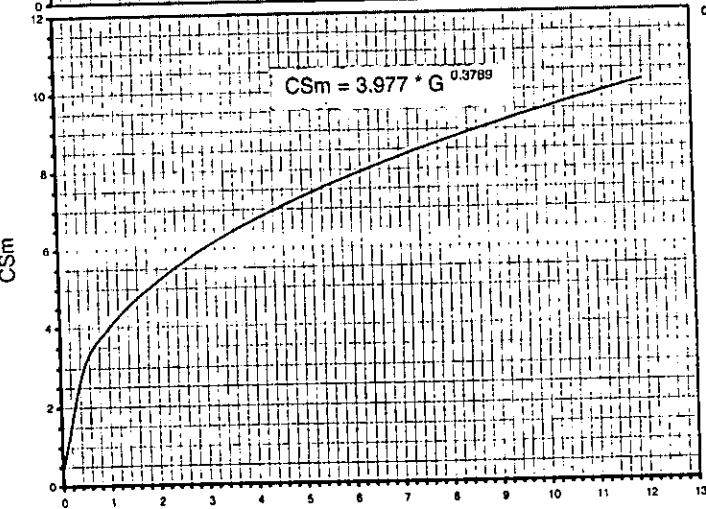
FIGURA VIII.1.4  
 BOMBAS CENTRÍFUGAS  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE MATERIAL  
 ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

NORMA: API - 610  
 MATERIAL: S - 6  
 RANGO: 10 - 12,000 gpm  
 CABEZA < 300 m

PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$



COSTO DE SUMINISTRO (miles USDIs)  
 $CS_m$



G  
GASTO (miles gpm)

$$CI_m = 1.4107 * W_m + 0.77041$$

$CI_m$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.1.5

BOMBAS CENTRÍFUGAS

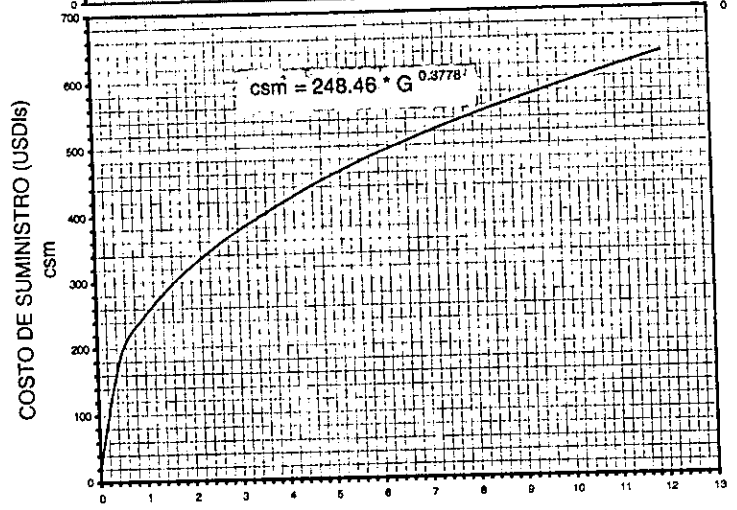
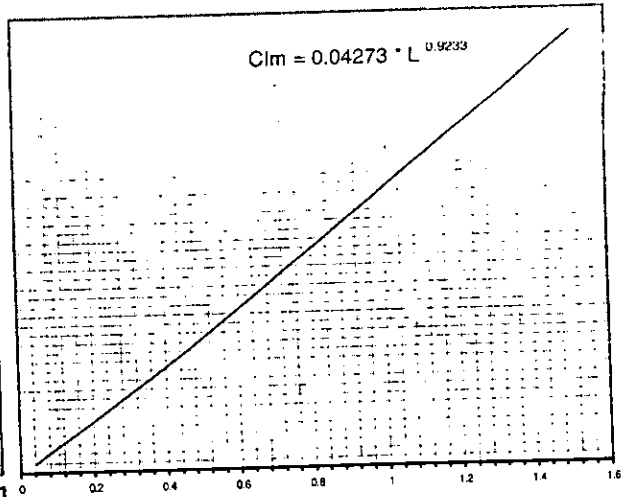
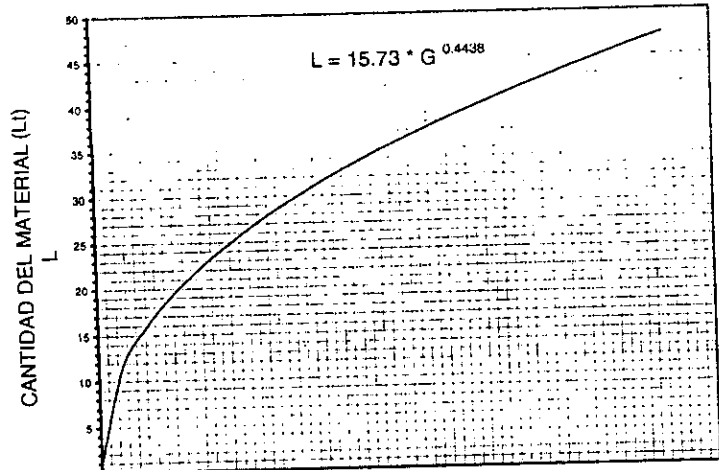
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

NORMA: API - 610

MATERIAL: S - 6

RANGO: 10 - 12,000 gpm

CABEZA < 300 m

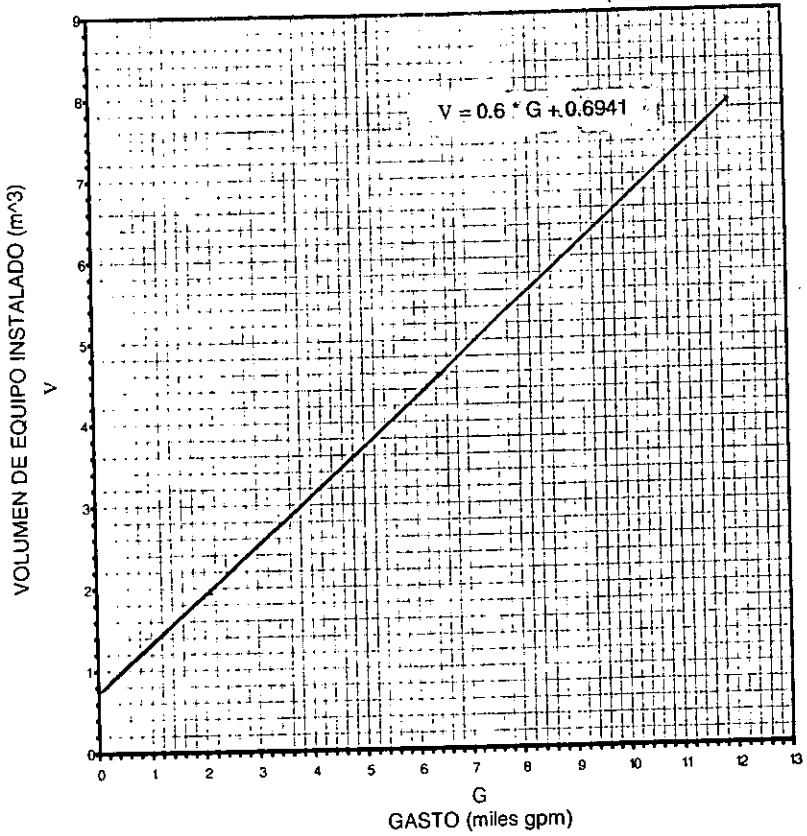


$C_{Im}$   
 COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.1.6  
 BOMBAS CENTRÍFUGAS  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 NORMA: API - 610  
 MATERIAL: S - 6  
 RANGO: 10 - 12,000 gpm  
 CABEZA < 300 m



FIGURA VIII.1.7  
 BOMBAS CENTRÍFUGAS  
 VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO  
 NORMA: API - 610  
 MATERIAL: S - 6  
 RANGO: 10 - 12,000 gpm  
 CABEZA < 300 m



**TABLA VIII.1.1 BOMBAS CENTRÍFUGAS (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)**

<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (CARCAZA)</b>	<b>FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: S-6</b>
I-1	0.798
I-2	0.880
S-1	0.889
S-3	0.905
S-4	0.906
S-5	0.974
S-6	1.000
A-7	1.193
A-8	1.225
C-6	1.416
S-9	1.425
MONEL	1.904
NIQUEL	2.154
TITANIO	2.306
INCONEL	3.047

<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>ALEACIÓN</b>
MONEL	Ni, Cu
INCONEL	Ni, Cu, Fe

Tabla VIII.1.2 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES DE COMPONENTES DE LA BOMBA

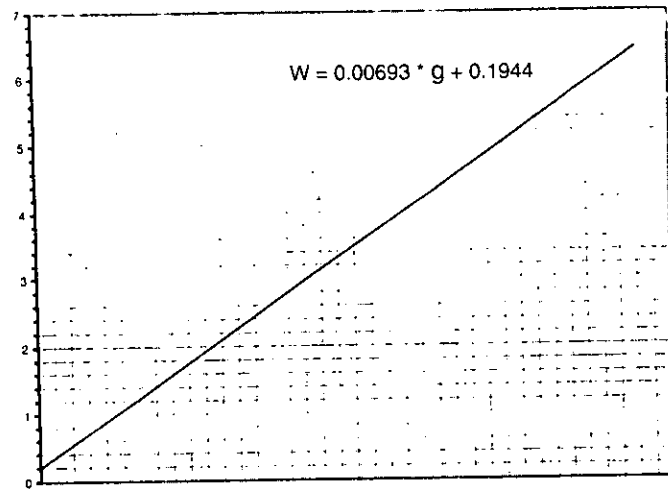
CLASE DEL MATERIAL	I-1	I-2	I-3	S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	S-9	C-6	D-6	A-7	A-8		
MATERIAL CARCASA INTERIORS	HIERRO	HIERRO	BRONCE	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	ACERO	12% Cr	9% Cr	INOX 316-S	INOX 316		
PARTE	HIERRO	BRONCE	BRONCE	HIERRO	HIERRO RESISTENTE	ACERO	ACERO 12% Cr	12% Cr	MONEL	12% Cr	12% Cr	INOX 316-S	INOX 316		
CARACASA EXTERIOR	HIERRO FUNDIDO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	ACERO AL CARBONO			ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO		12% Cr	MONEL	12% Cr	9% Cr	INOX 316-S	INOX 316
PARTES INTERNAS (TAJONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS)		BRONCE		HIERRO FUNDIDO	HIERRO RESISTENTE	HIERRO FUNDIDO		ACERO AL CARBONO	12% Cr			MONEL	12% Cr	12% Cr	INOX 316-S
IMPULSOR						HIERRO FUNDIDO	HIERRO FUNDIDO			HIERRO FUNDIDO	12% Cr		MONEL	INOX 316-S CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL	INOX 316 CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL
ANILLO DE DESGASTE DE LA CARCASA		BRONCE		BRONCE	HIERRO FUNDIDO	HIERRO RESISTENTE	HIERRO FUNDIDO	12% Cr	ENDURECIDO	12% Cr	ENDURECIDO	INOX 316-S CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL	INOX 316 CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL		
ANILLO DE DESGASTE DEL IMPULSOR		BRONCE		BRONCE	HIERRO FUNDIDO	HIERRO RESISTENTE	HIERRO FUNDIDO	12% Cr	ENDURECIDO	12% Cr	ENDURECIDO	INOX 316-S CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL	INOX 316 CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL		
FLECHA	ACERO AL CARBONO						AISI-4140	MONEL-K	12% Cr	INOX 316-S	INOX 316				
CAMISA DE LA FLECHA CUANDO SE USAN EMPAQUES	ADICIONAL 12% Cr ENDURECIDO	BRONCE ENDURECIDO		ACERO AL 12% Cr ENDURECIDO		CARBURO DE TUNGSTENO 3 SOBRE 12% Cr		MONEL-K ENDURECIDO	CARBURO DE TUNGSTENO 3 SOBRE 12% Cr		INOX 316-S CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL	INOX 316 CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL			
CAMISA DE LA FLECHA CUANDO SE USA SELLO MECANICO	INOX 316-S O 12% Cr		INOX 316-S O 12% Cr			INOX 316-S O 12% Cr			INOX 316-S O 12% Cr	INOX 316-S	INOX 316				
BUJE DE ENTRADA Y DE REGULACIÓN	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	HIERRO RESISTENTE	HIERRO FUNDIDO	12% Cr	MONEL-K ENDURECIDO	12% Cr	INOX 316-S CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL	INOX 316 CON ENDURECIMIENTO SUPERFICIAL				
CAMISA ENTRE PASOS							12% Cr		MONEL	INOX 316-S					
BUJES ENTRE PASOS							12% Cr		MONEL-K ENDURECIDO	INOX 316-S					
ANILLO LINTERNA (SI LA BOMBA TIENE EMPAQUE)							12% Cr		MONEL	INOX 316-S					
PRENSA ESTOPA (CUANDO HAY EMPAQUE) O BRIDA DE ASIENTO (EN SELLO MECANICO)	ACERO AL CARBONO			ACERO AL CARBONO				12% Cr	ACERO AL CARBONO INOX 316-S	ACERO AL CARBONO INOX 316					
TORNILLOS O BIFLOS (DEL PRENSA ESTOPA Y BRIDA ASIENTO)	ACERO AL CARBONO		ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO				AISI-4140	MONEL-K ENDURECIDO	AISI-4140	INOX 316-S	INOX 316			
TORNILLO DE LA CAVICAJIA	ACERO AL CARBONO			ACERO AL CARBONO				AISI-4140	MONEL-K ENDURECIDO	AISI-4140	INOX 316-S	INOX 316			
JUNTA DE LA CARCASA	COMPUESTOS A BASE DE ASBESTO						INOX 316-S ENCAJUETADO UL' ASBESTO		TEJLÓN	INOX 316-S ENCAJUETADO DE ASBESTO		INOX 316 ENCAJUETADO UL' ASBESTO			

**TABLA VIII.1.3 MATERIAL ELÉCTRICO**

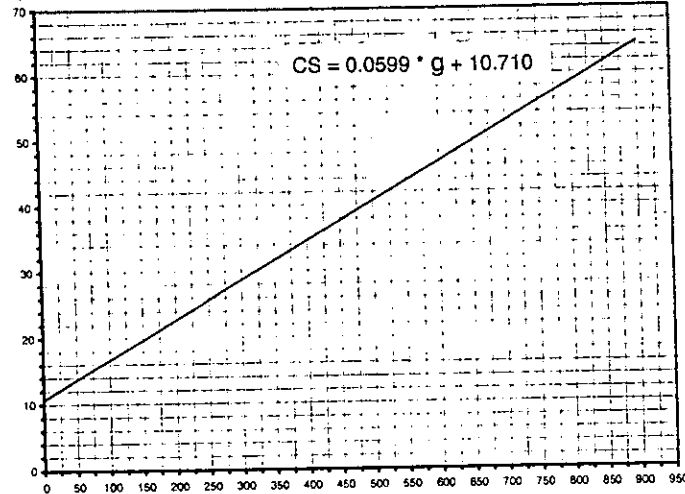
<b>CENTROS DE CONTROL DE MOTORES PARA BOMBAS</b>	
<b>POTENCIA (HP)</b>	<b>COSTO (USDIs)</b>
0.25 - 11.99	893
12.00 - 25.99	1,057
26.00 - 55.99	1,896
56.00 - 109.99	2,832
110.00 - 224.99	5,665
225.00 - 1,249.99	13,618
1,250.00 - 1,699.99	14,380
1,700.00 -	19,391

<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTO (USDIs)</b>
<b>SWITCHGEAR</b>	768,215
<b>TRANSFORMADOR</b>	186,645

PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$

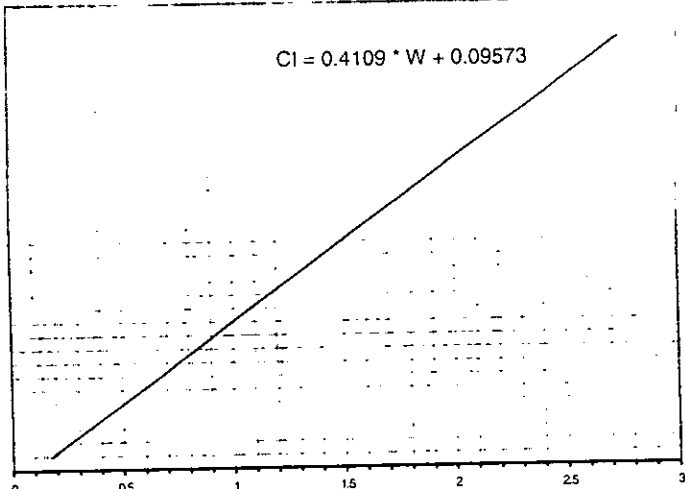


COSTO DE SUMINISTRO (miles USDs)  
 $CS$



$g$   
GASTO (gpm)

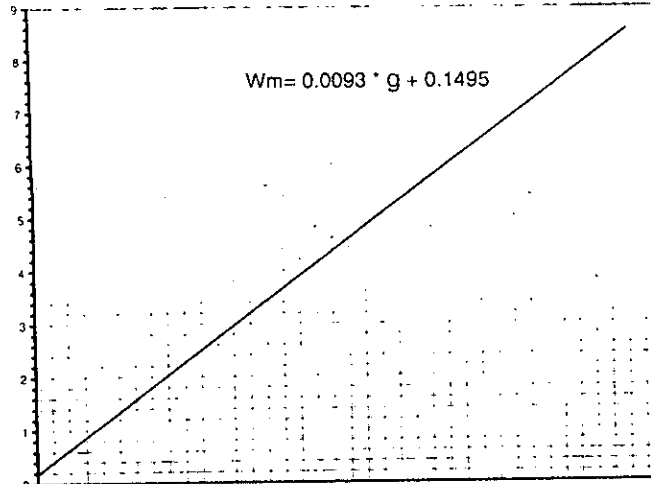
$CI = 0.4109 * W + 0.09573$



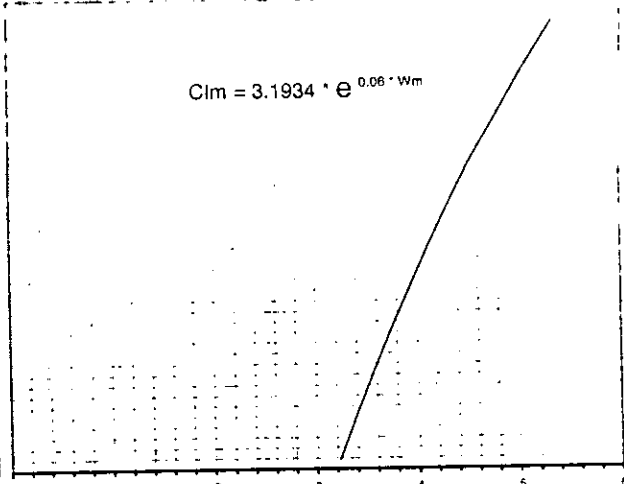
$CI$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.2.1  
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO  
POSITIVO  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 0.005 - 900 gpm

PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$



$$C_{Im} = 3.1934 \cdot e^{0.06 \cdot W_m}$$



$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

COSTO DE SUMINISTRO (miles USDs)  
 $CS_m$

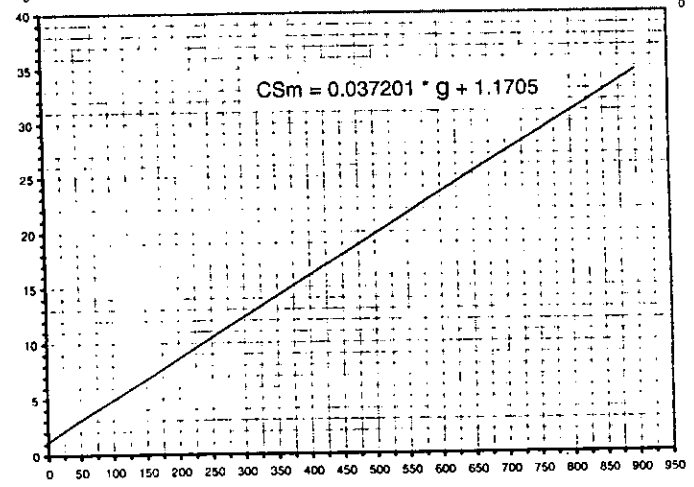


FIGURA VIII.2.2

BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO  
POSITIVO

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 0.005 - 900 gpm

$g$   
GASTO (gpm)

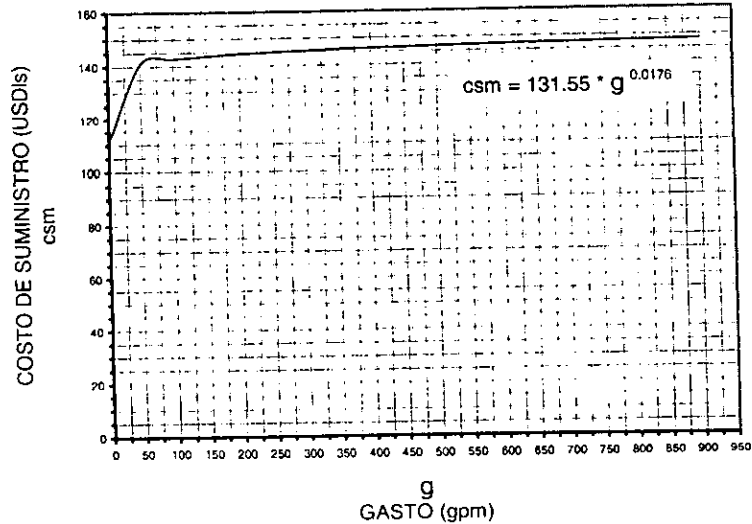
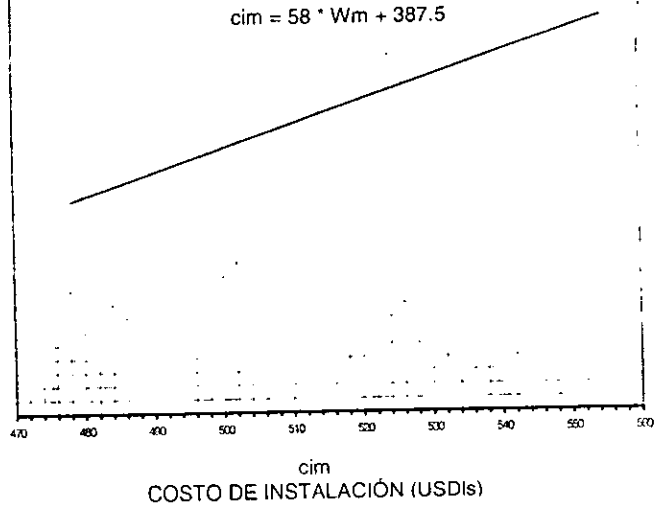
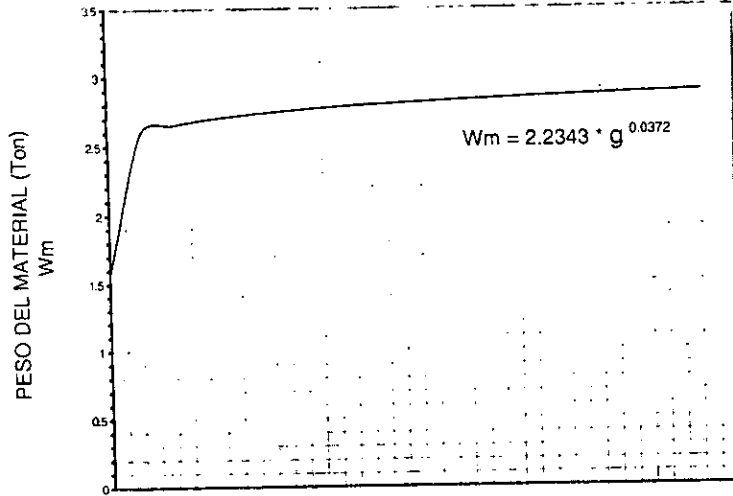


FIGURA VIII.2.3  
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO  
POSITIVO  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 0.005 - 900 gpm

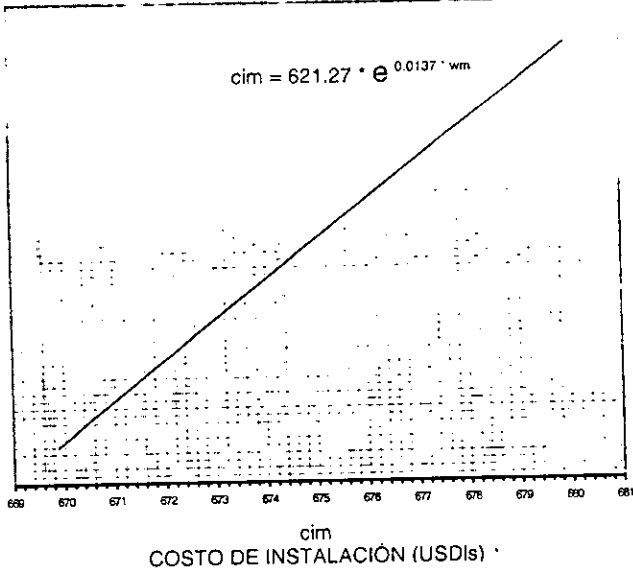
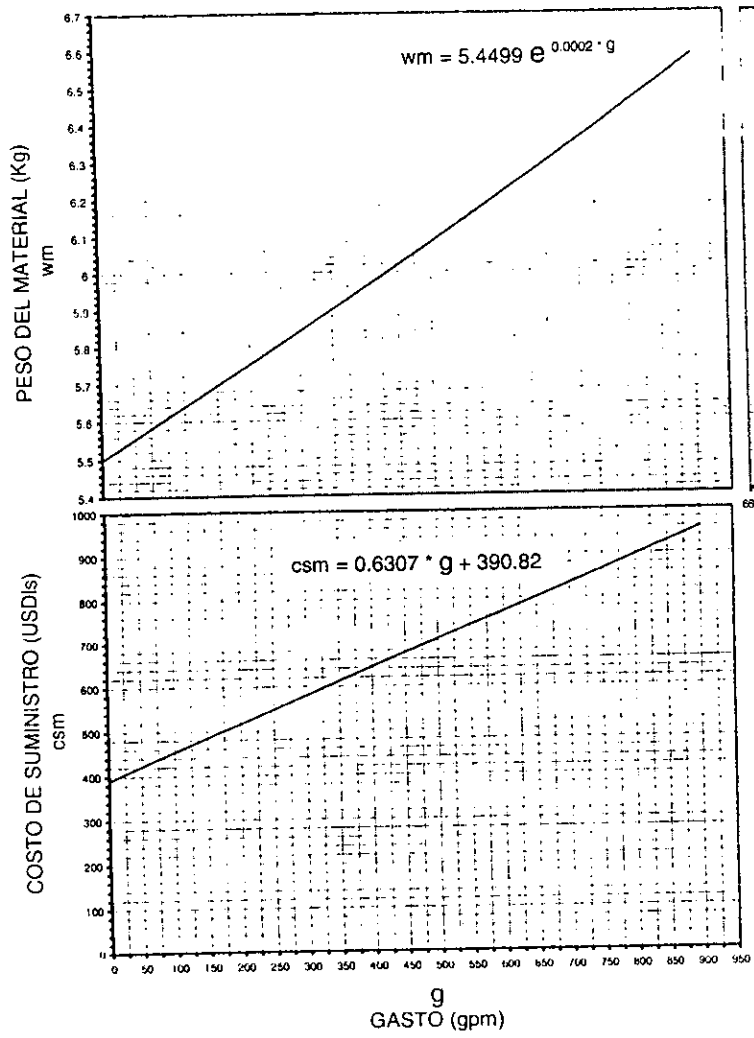


FIGURA VIII.2.4  
 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO  
 POSITIVO  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE MATERIAL  
 ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 0.005 - 900 gpm



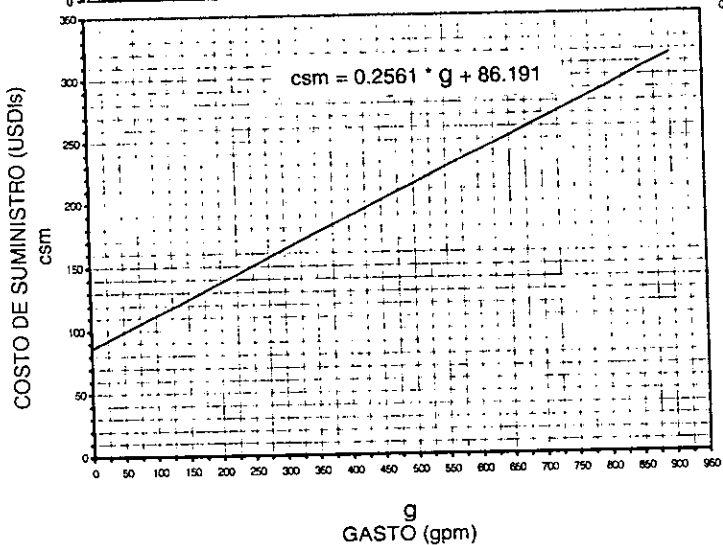
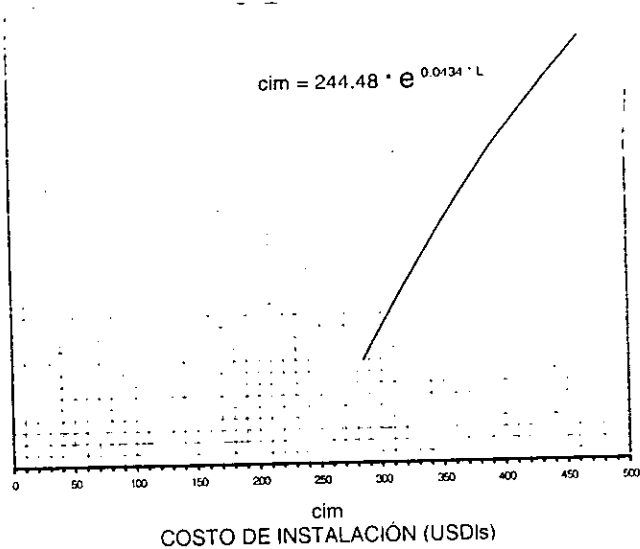
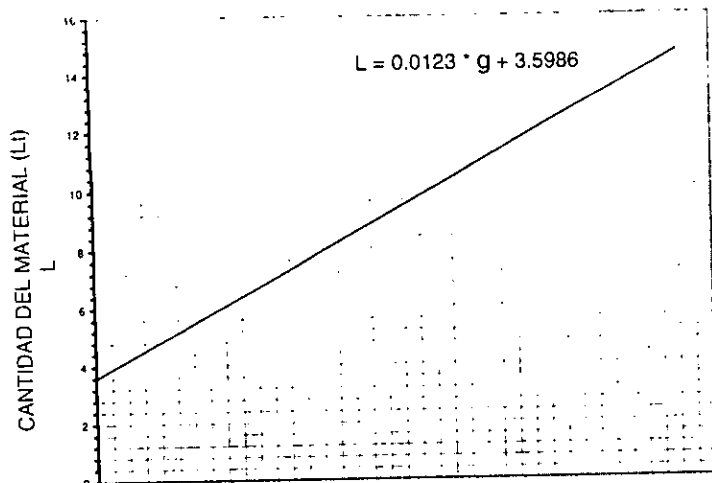
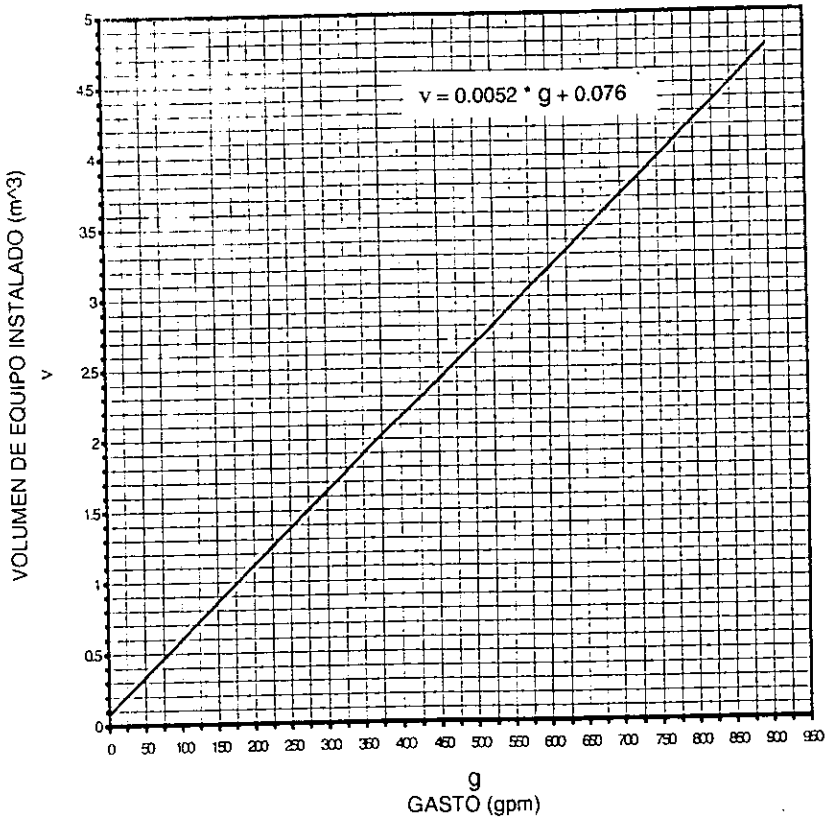


FIGURA VIII.2.5  
 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO  
 POSITIVO  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 0.005 – 900 gpm

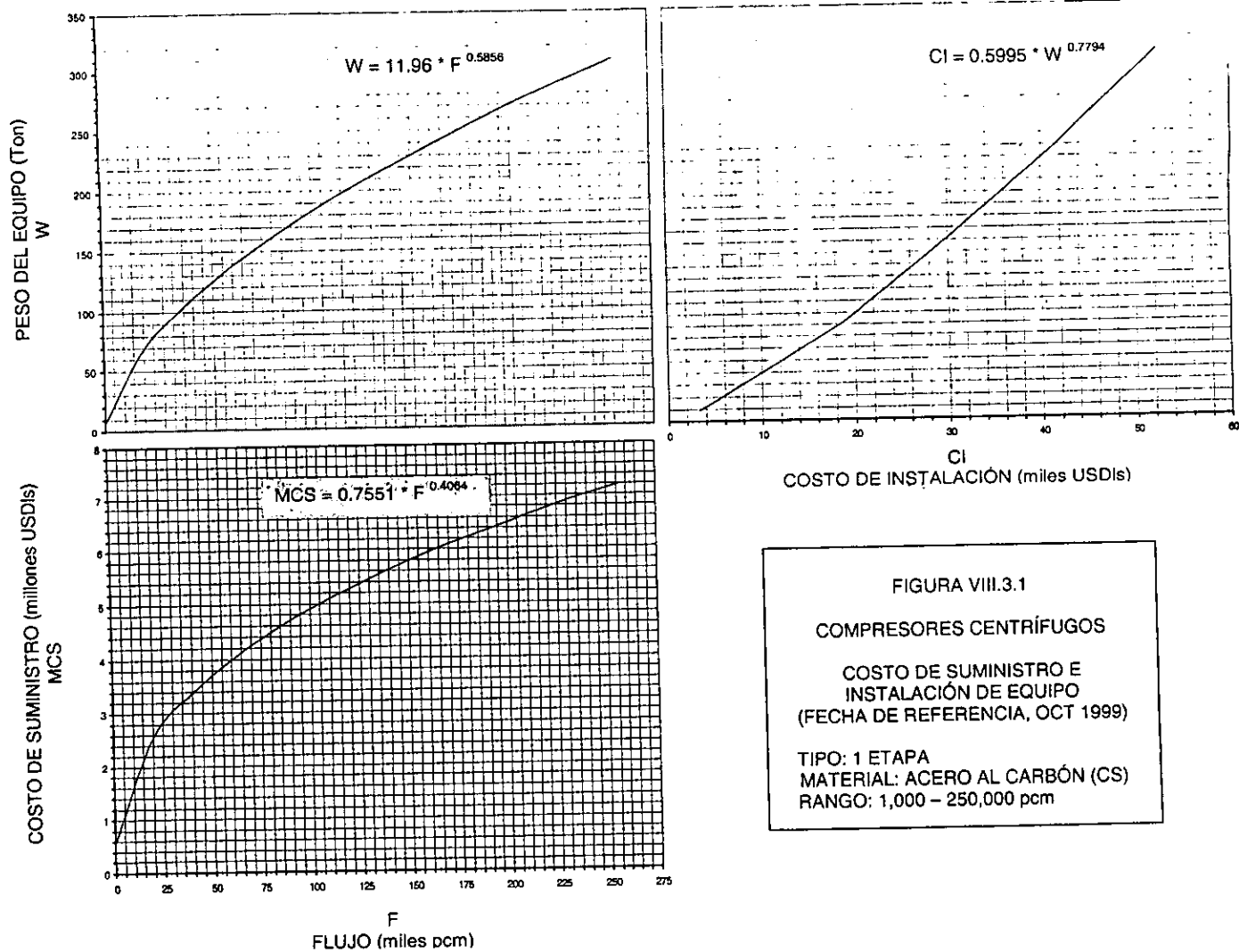
FIGURA VIII.2.6  
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO  
VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 0.005 - 900 gpm



**TABLA VIII.2.1 BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO  
(FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)**

<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (CARCAZA)</b>	<b>FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN</b>
ACERO AL CARBÓN	1.000
ACERO INOXIDABLE SS-316	1.541

<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>ALEACIÓN</b>
ACERO INOXIDABLE SS-316	18 Cr, 8 Ni



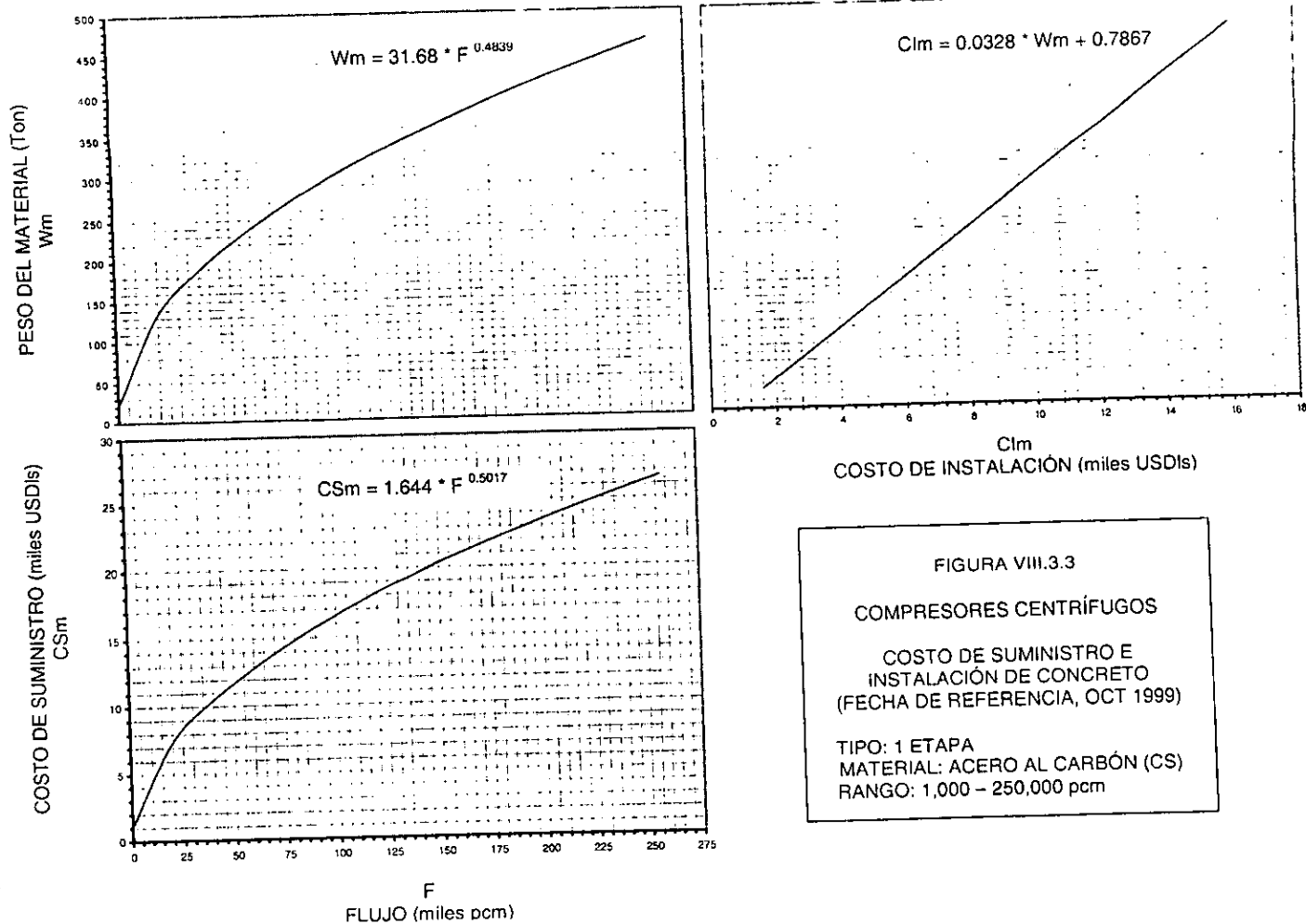
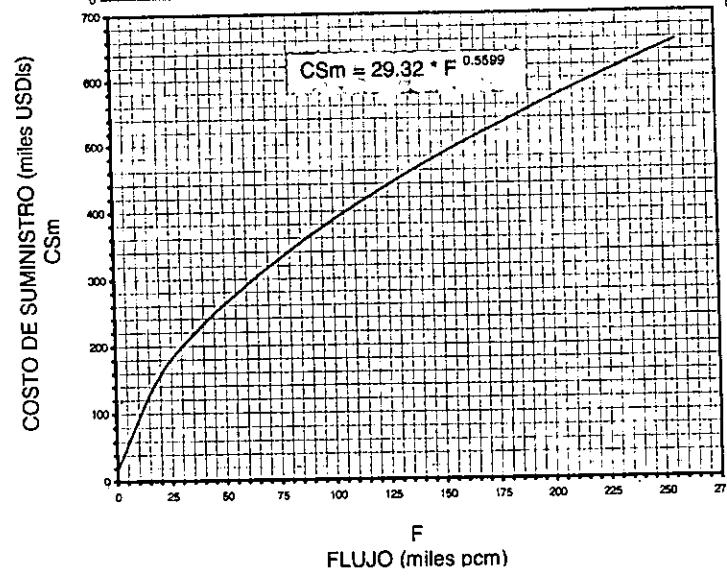
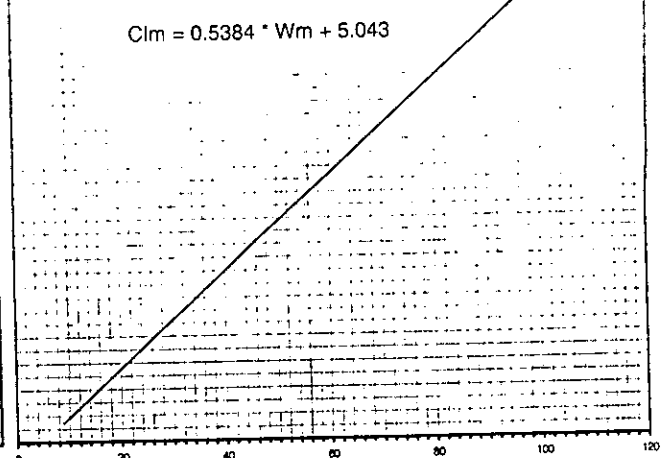
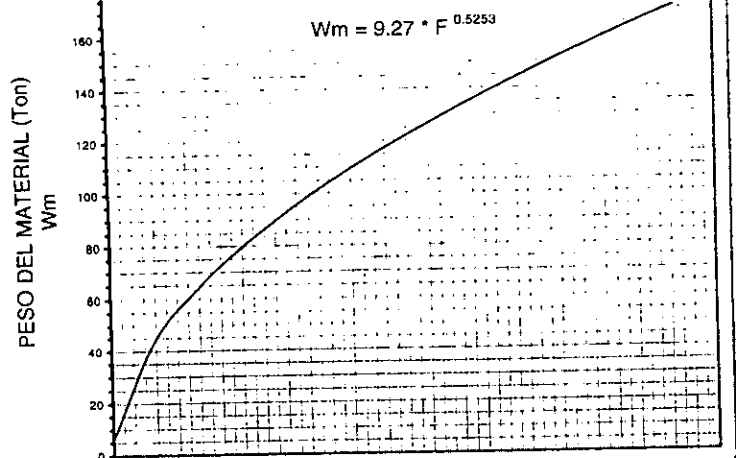


FIGURA VIII.3.3

## COMPRESORES CENTRÍFUGOS

COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE CONCRETO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO: 1 ETAPA  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1,000 - 250,000 pcm



COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.3.2  
 COMPRESORES CENTRÍFUGOS  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO: 1 ETAPA  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1,000 – 250,000 pcm

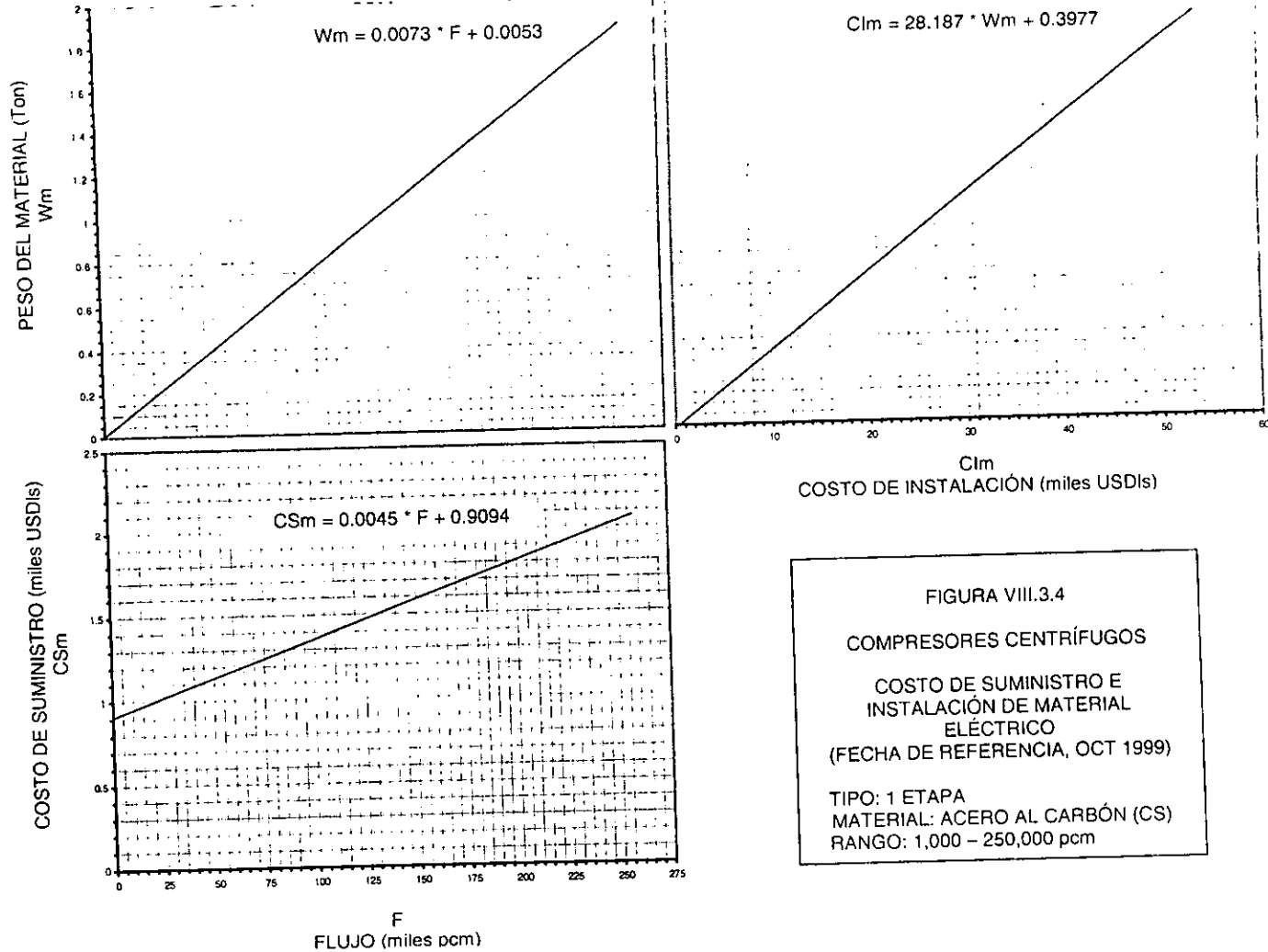
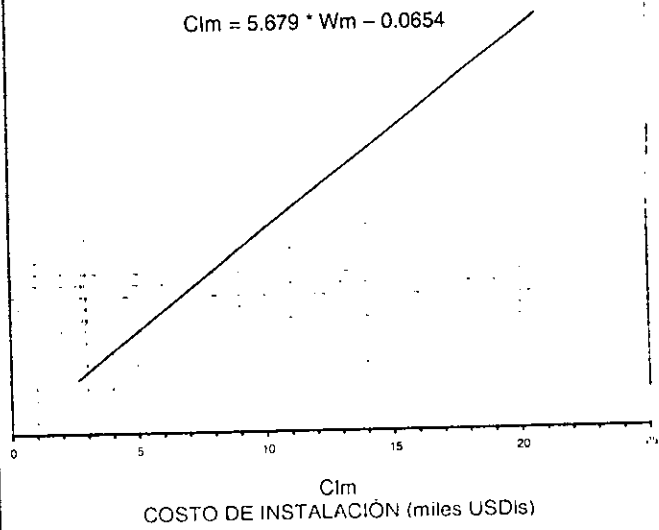
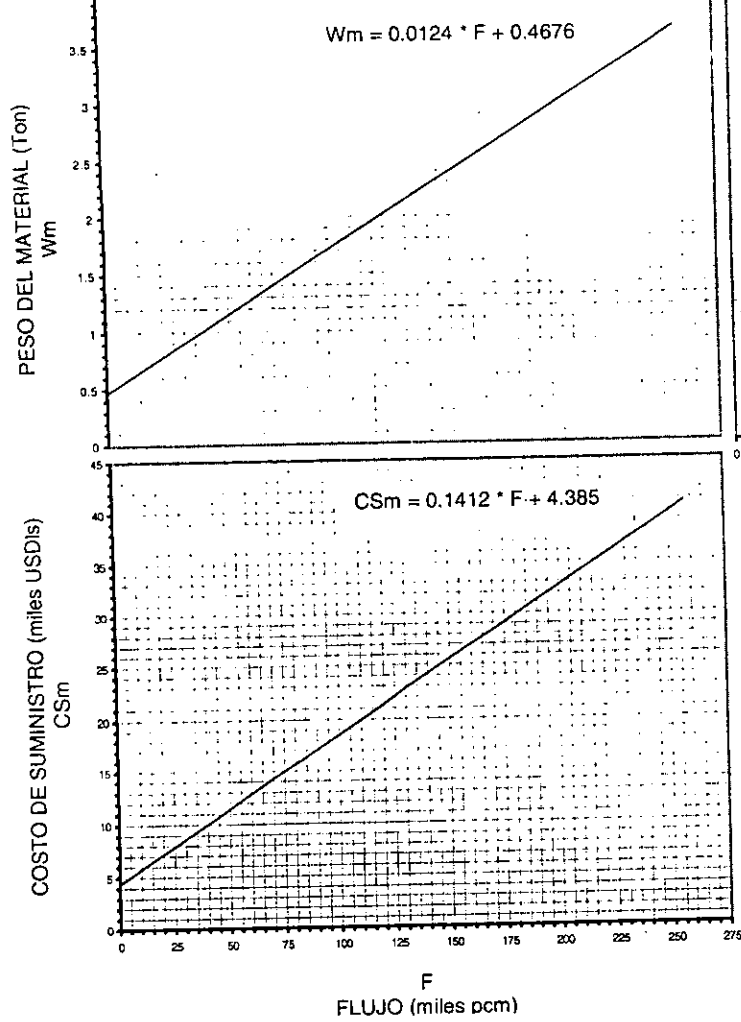
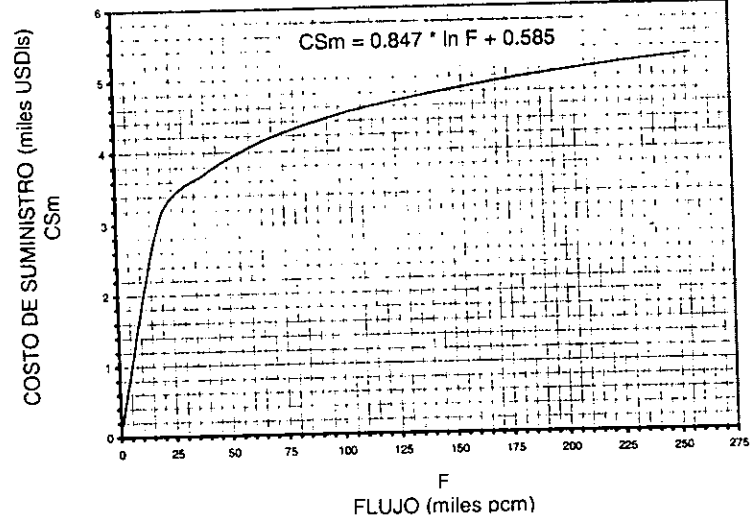
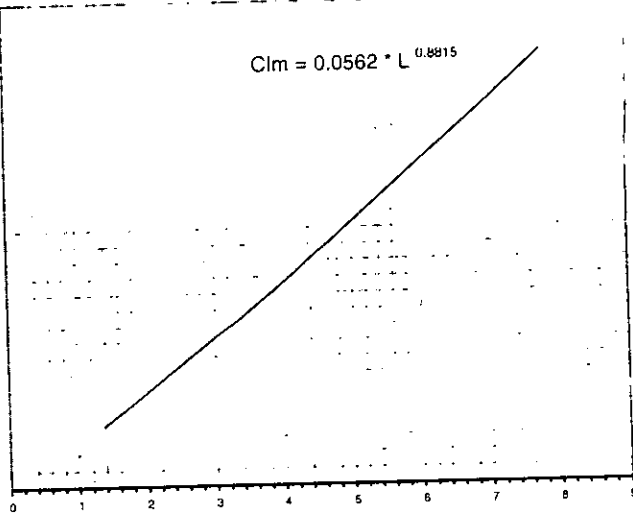
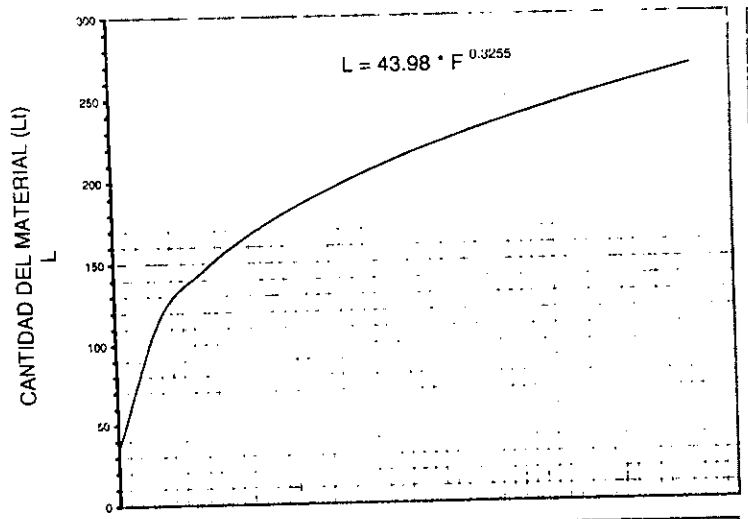


FIGURA VIII.3.4  
 COMPRESORES CENTRÍFUGOS  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE MATERIAL  
 ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO: 1 ETAPA  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1,000 – 250,000 pcm



**FIGURA VIII.3.5**  
**COMPRESORES CENTRÍFUGOS**  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO: 1 ETAPA  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1,000 - 250,000 pcm

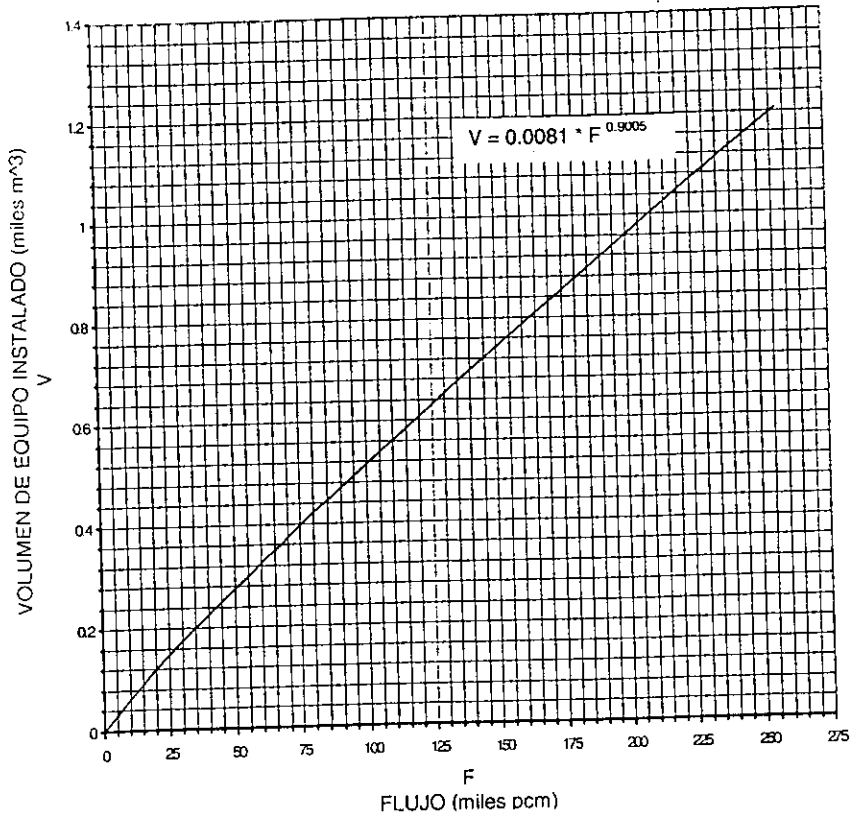


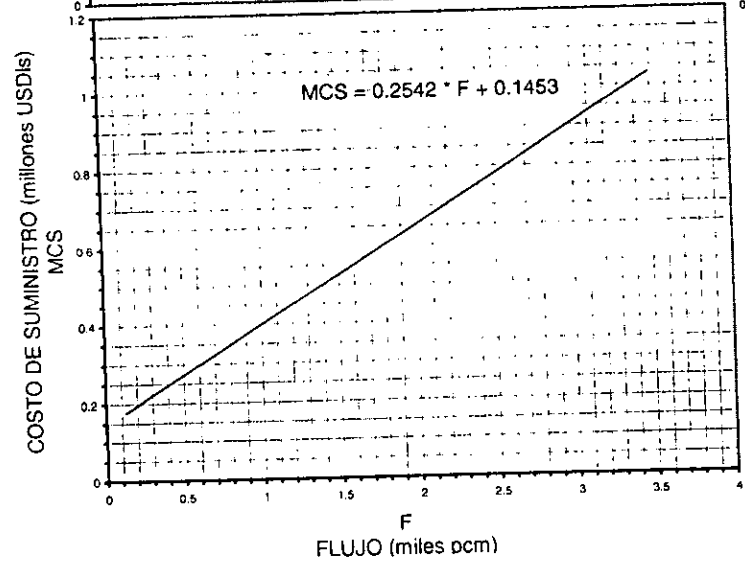
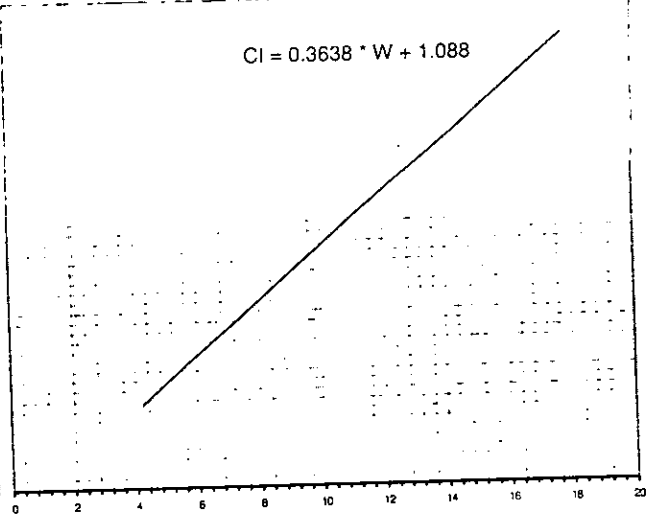
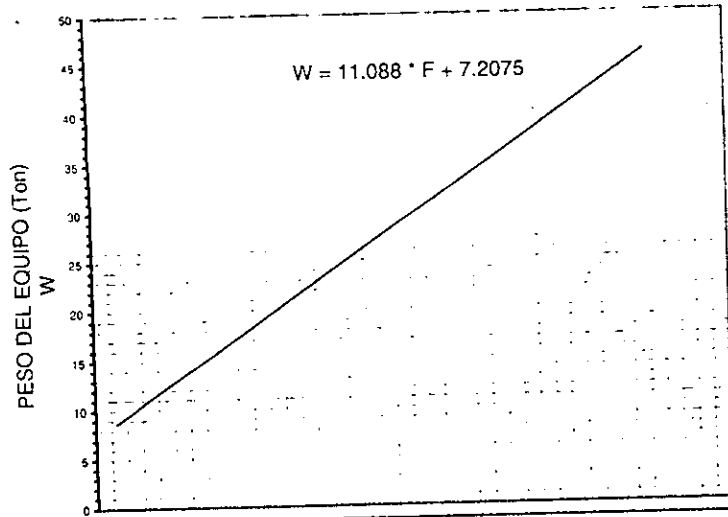


$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.3.6  
COMPRESORES CENTRÍFUGOS  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE PINTURA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO: 1 ETAPA  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 1,000 – 250,000 pcm

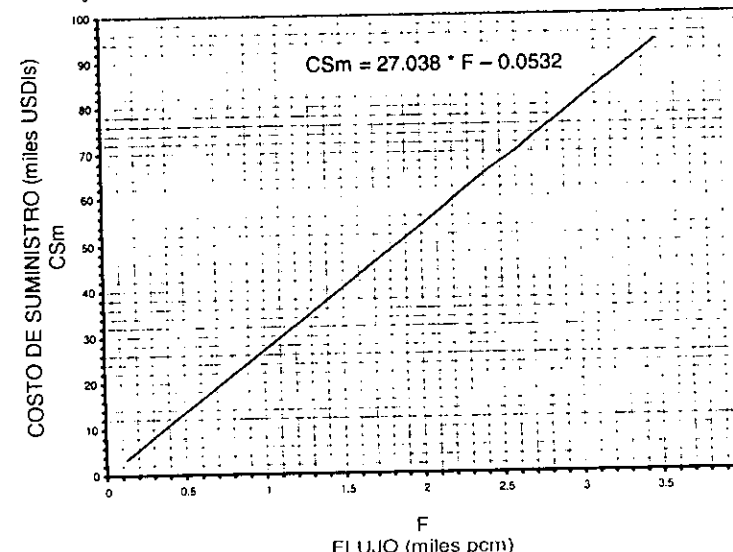
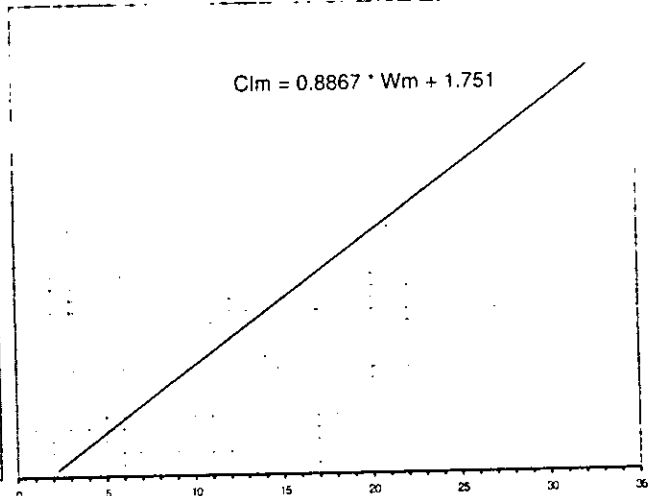
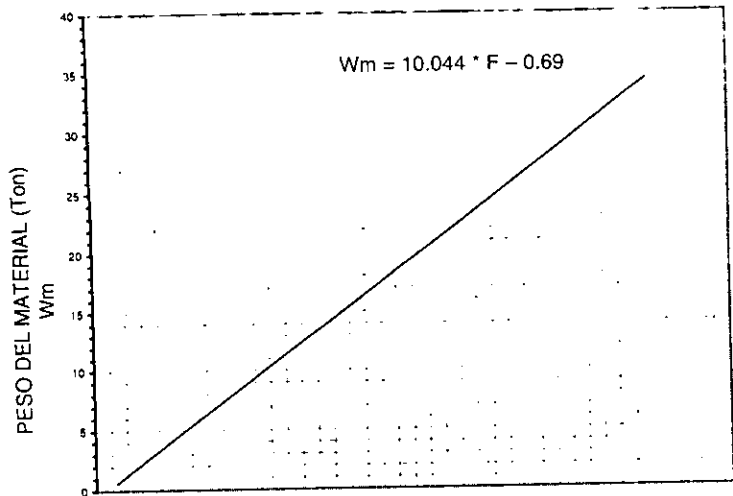
**FIGURA VIII.3.7**  
**COMPRESORES CENTRÍFUGOS**  
**VOLUMEN DEL EQUIPO INSTALADO**  
 TIPO: 1 ETAPA  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1,000 - 250,000 pcm





CI  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

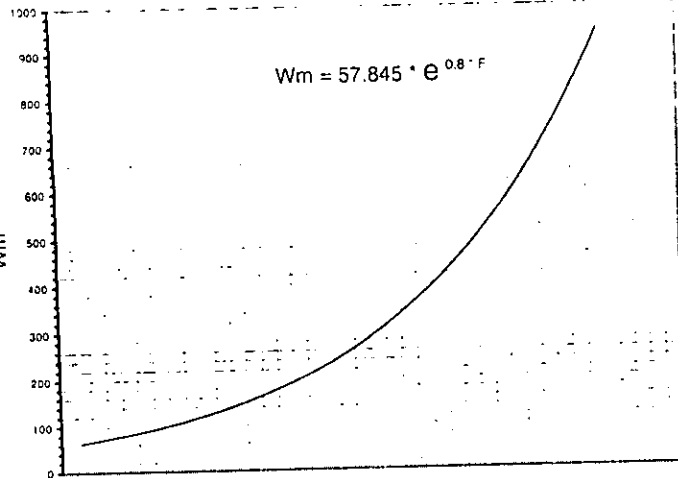
FIGURA VIII.4.1  
COMPRESORES RECIPROCANTES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO: 2 ETAPAS  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 2,000 – 3,400 pcm



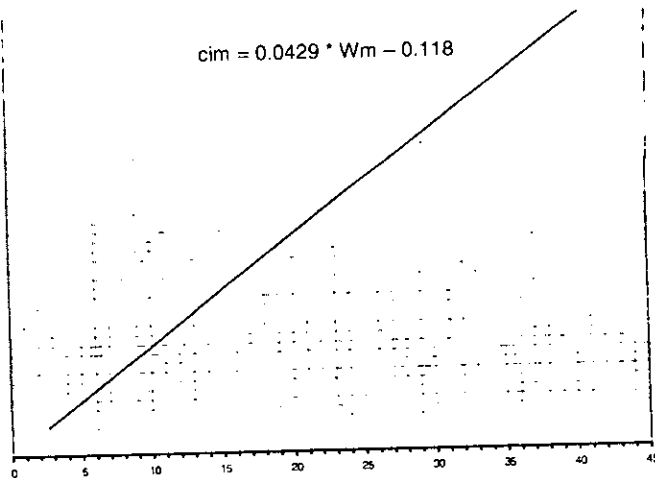
CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.4.2  
COMPRESORES RECIPROCANTES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO: 2 ETAPAS  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 2,000 – 3,400 pcm

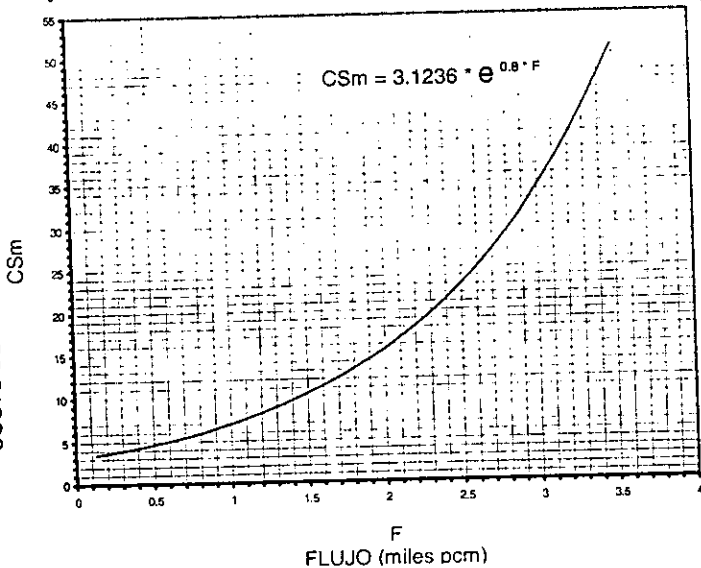
PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$



$$C_{im} = 0.0429 \cdot W_m - 0.118$$



COSTO DE SUMINISTRO (miles USDs)  
 $CS_m$



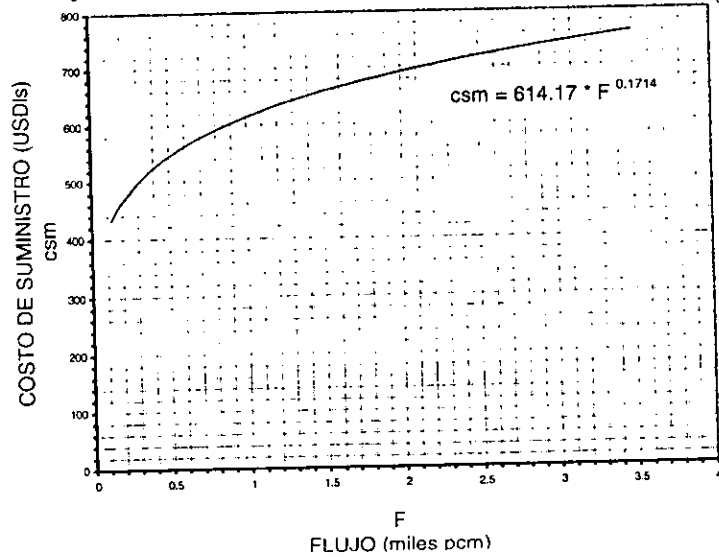
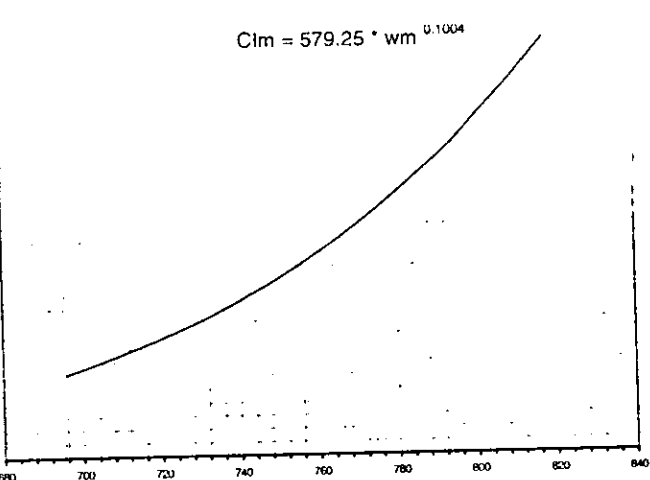
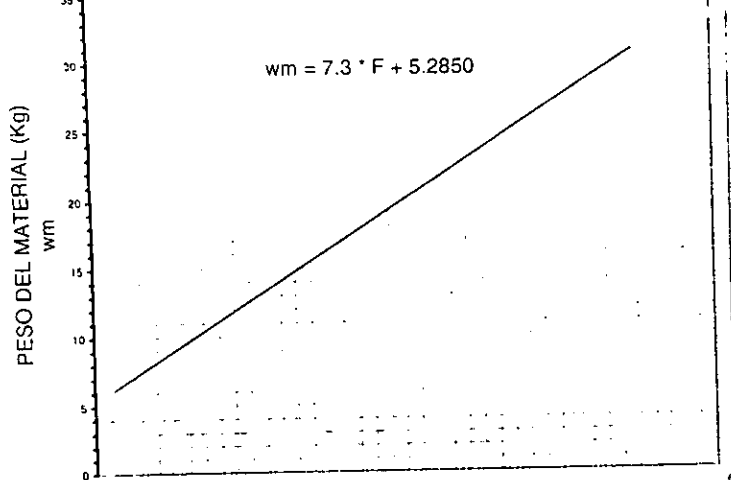
$C_{im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.4.3

COMPRESORES RECIPROCANTES

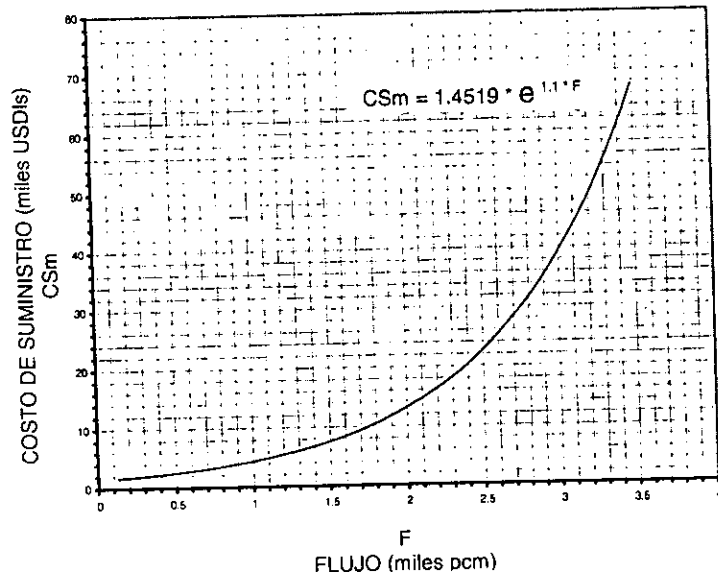
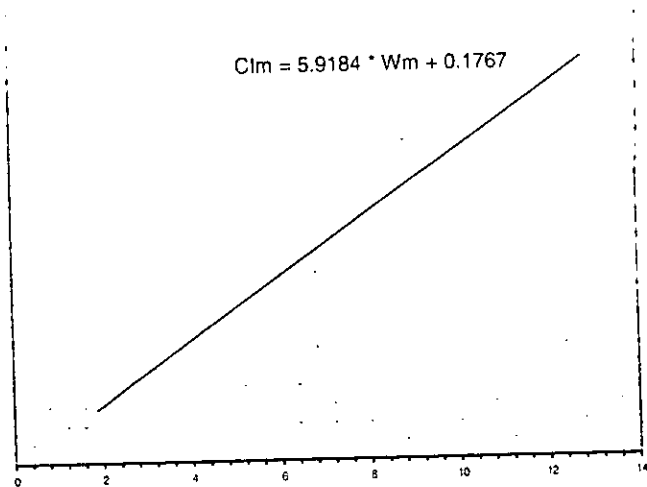
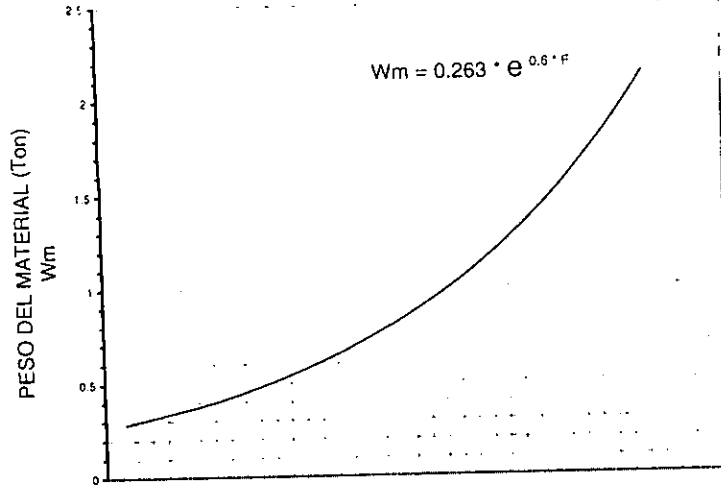
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO: 2 ETAPAS  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 2,000 – 3,400 pcm



cim  
 COSTO DE INSTALACIÓN (USDIs)

FIGURA VIII.4.4  
 COMPRESORES RECIPROCANTES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE MATERIAL  
 ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO: 2 ETAPAS  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 2,000 – 3,400 pcm



$CIm$   
 COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.4.5

COMPRESORES RECIPROCANTES

COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO: 2 ETAPAS  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 2,000 – 3,400 pcm

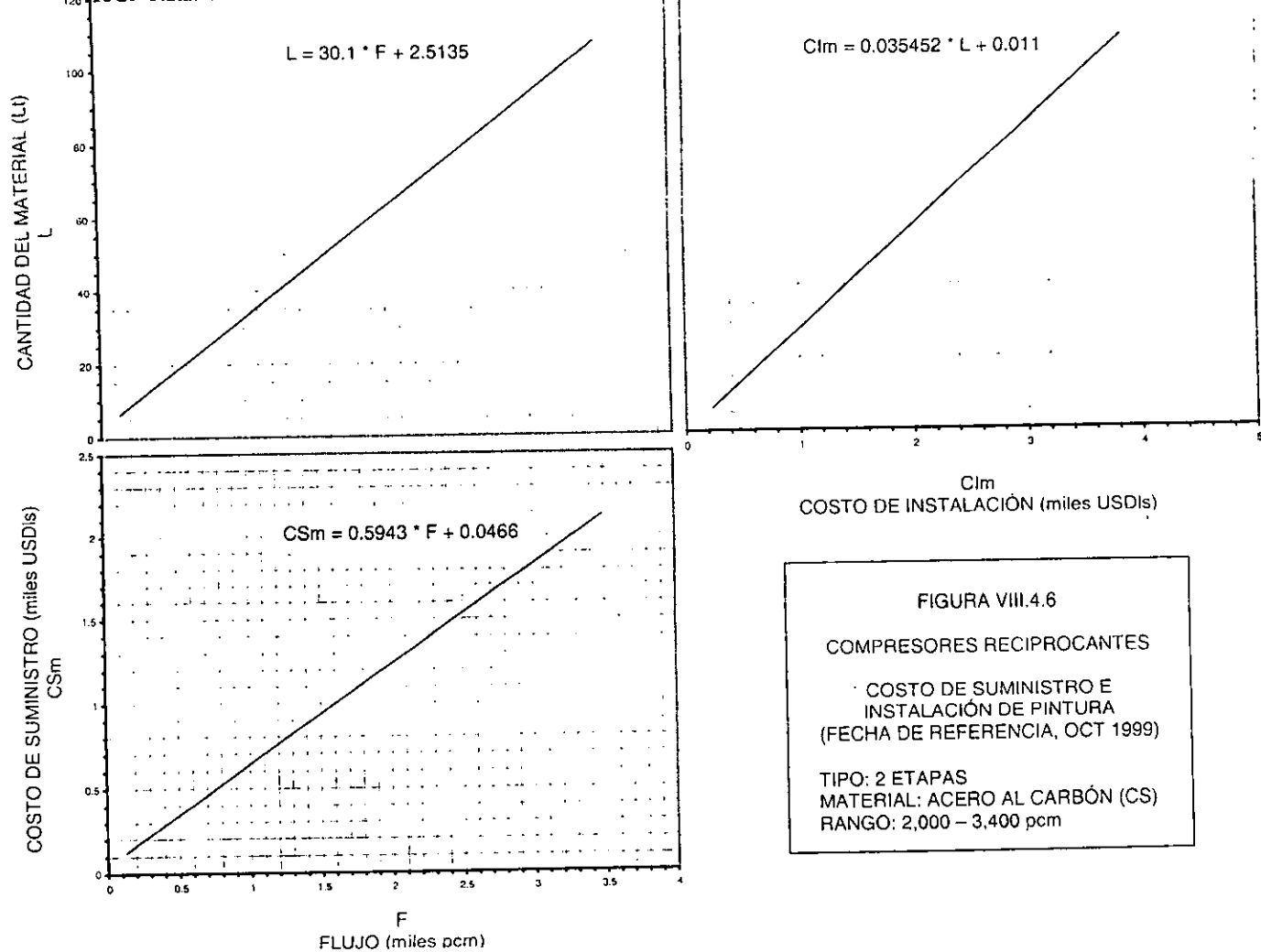
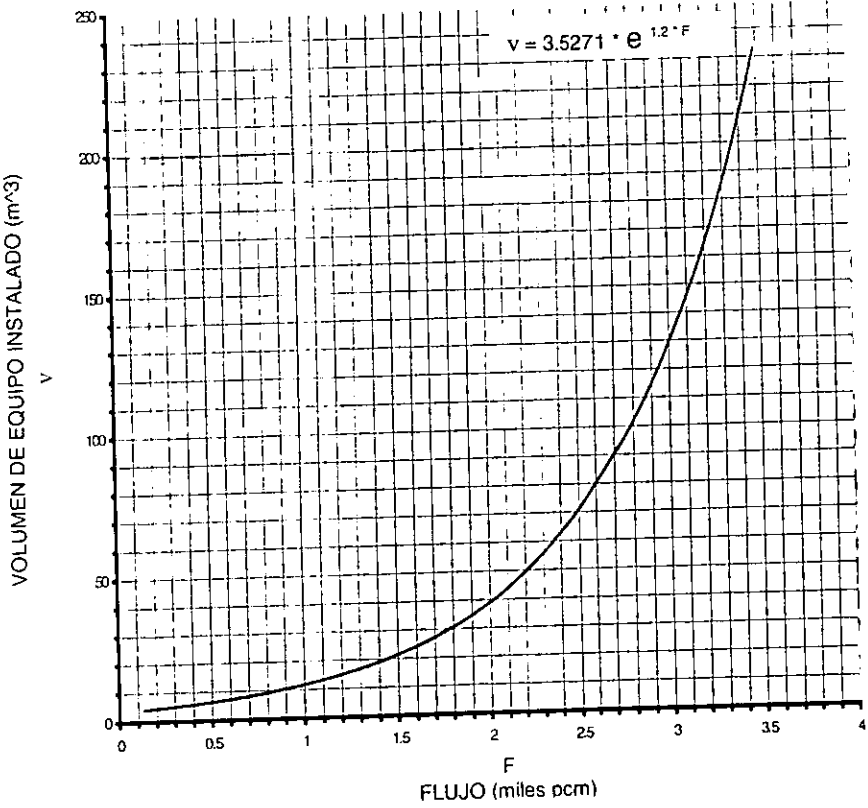




FIGURA VIII.4.7  
 COMPRESORES RECIPROCANTES  
 VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO  
 TIPO: 2 ETAPAS  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN  
 RANGO: 2,000 - 3,400 pcm



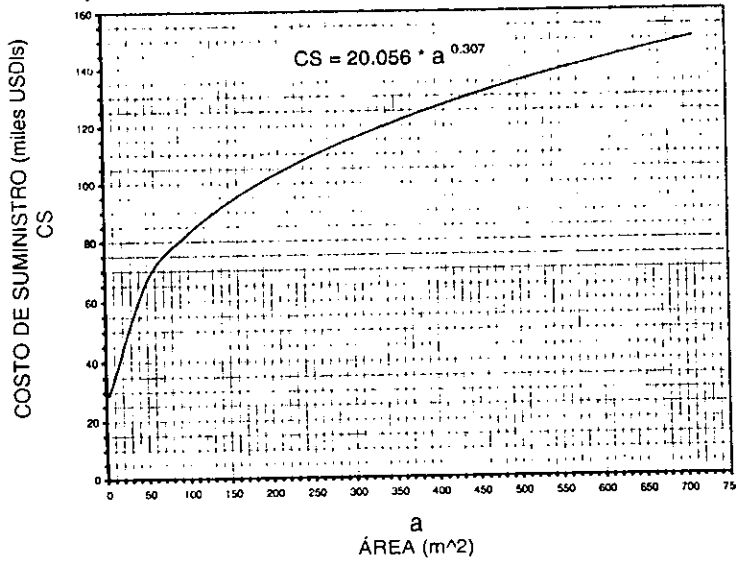
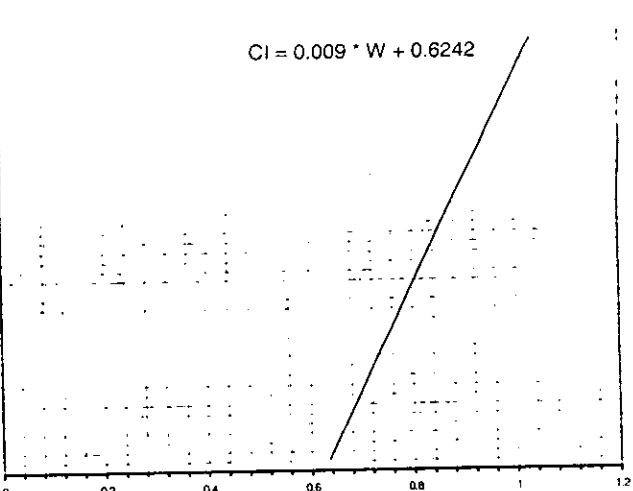
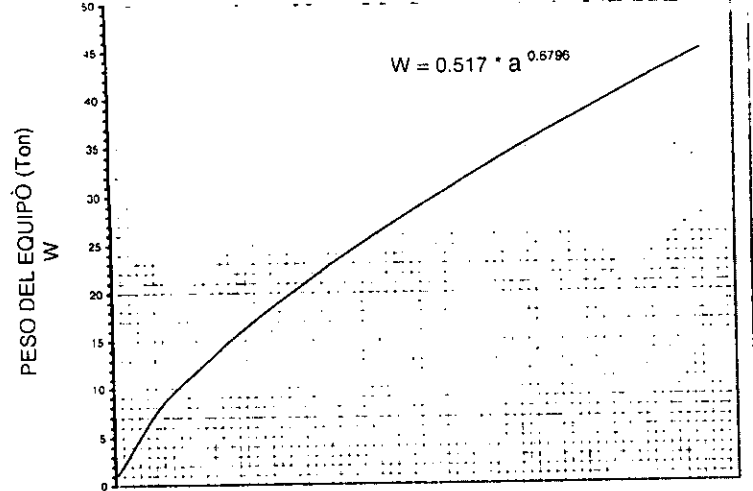
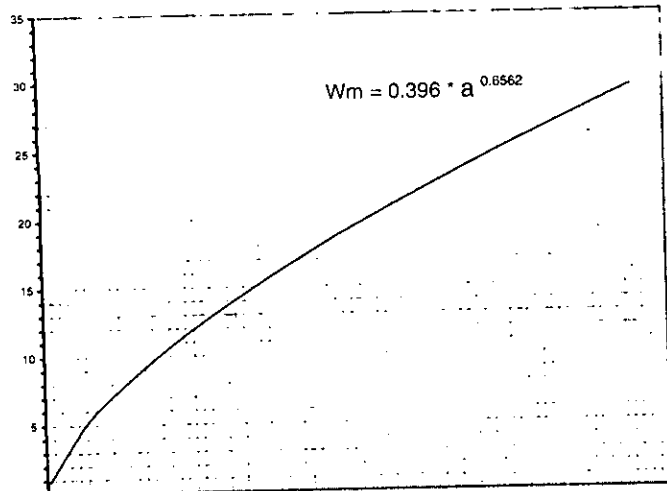
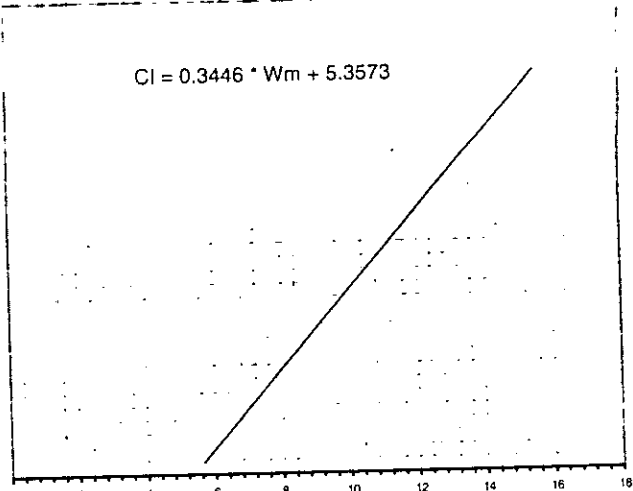


FIGURA VIII.5.1  
CAMBIADORES DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS  
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO TEMA: AES  
MATERIAL : (TUBOS / CORAZA)  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 3.5 - 700 m<sup>2</sup>

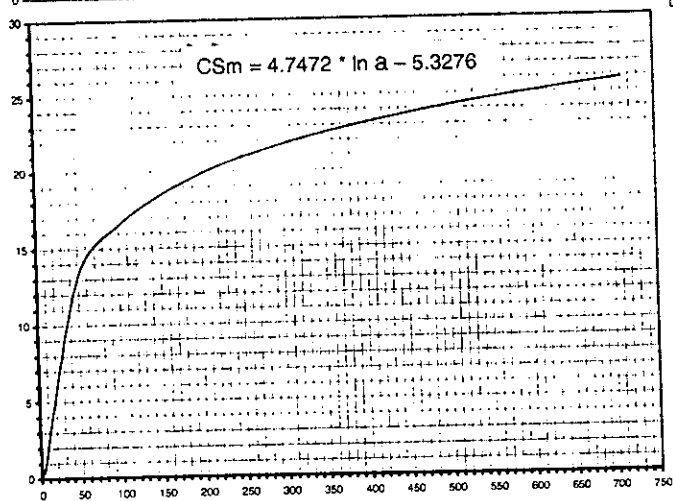
PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$



$$C_{Im} = 0.3446 * W_m + 5.3573$$



COSTO DE SUMINISTRO (miles USDs)  
 $CS_m$



$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.5.2

CAMBIADORES DE CALOR DE  
CORAZA Y TUBOS

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO TEMA: AES

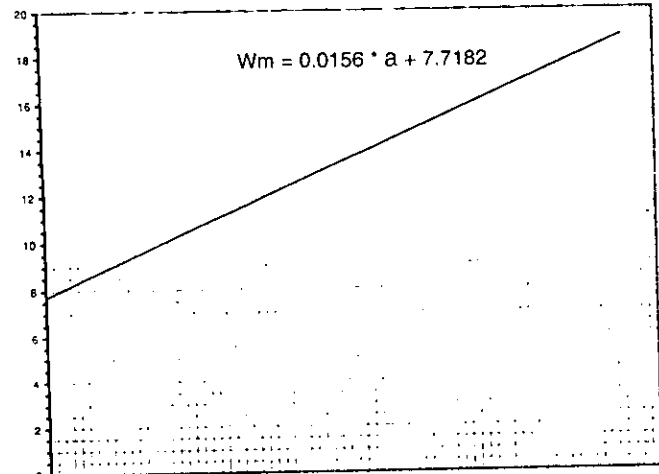
MATERIAL : (TUBOS / CORAZA)

SA - 179 / SA - 516 70

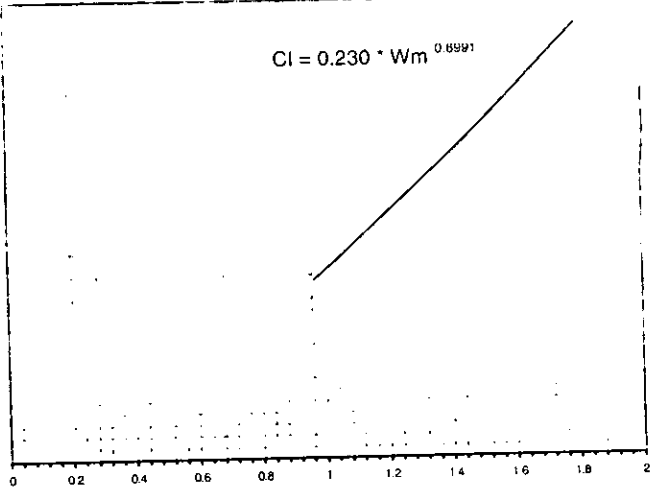
RANGO: 3.5 - 700 m<sup>2</sup>

$a$   
ÁREA (m<sup>2</sup>)

PESO DEL MATERIAL (Ton)  
 $W_m$



$CI = 0.230 * W_m^{0.8991}$



$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

COSTO DE SUMINISTRO (miles USDIs)  
 $C_{Sm}$

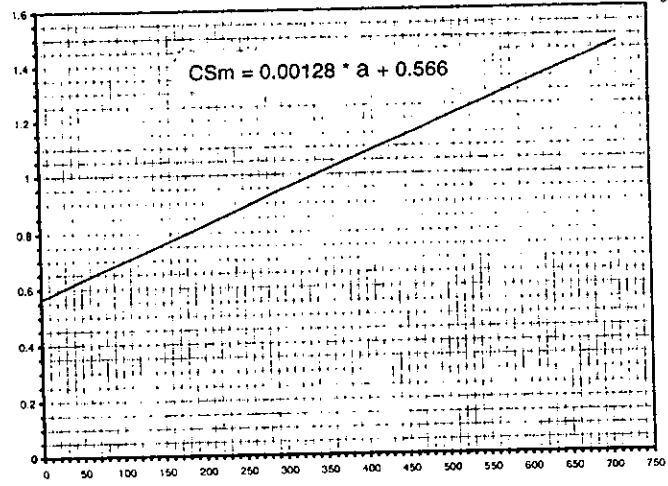


FIGURA VIII.5.3  
CAMBIADORES DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO TEMA: AES  
MATERIAL : (TUBOS / CORAZA)  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 3.5 - 700 m<sup>2</sup>

$a$   
ÁREA (m<sup>2</sup>)

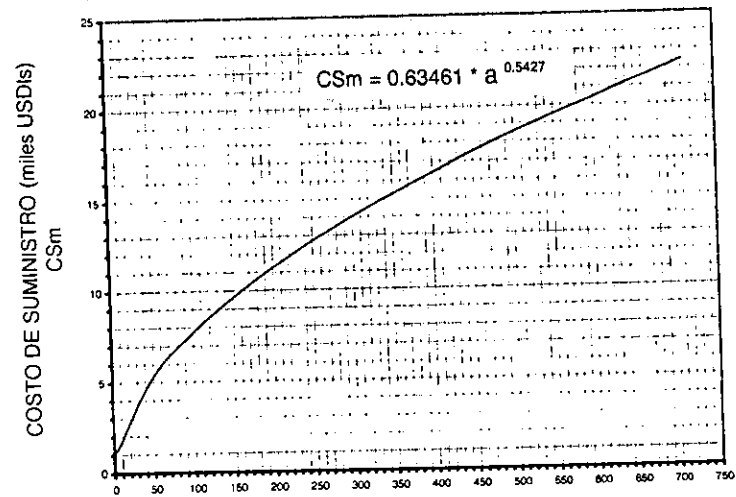
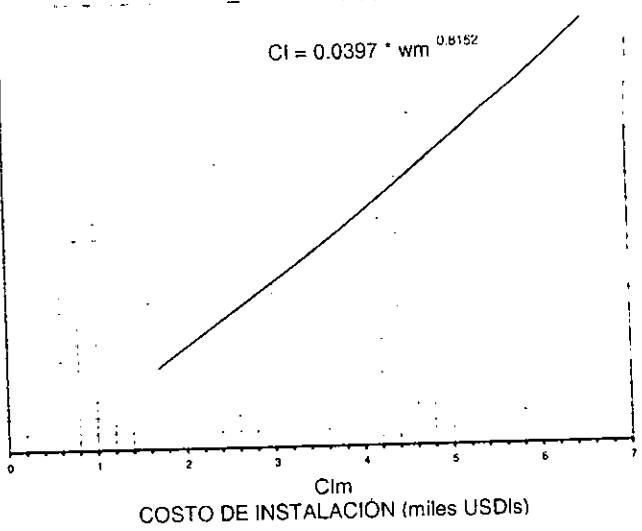
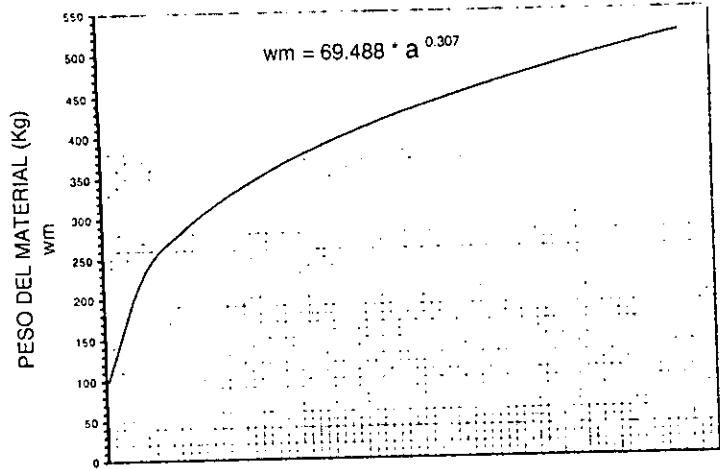
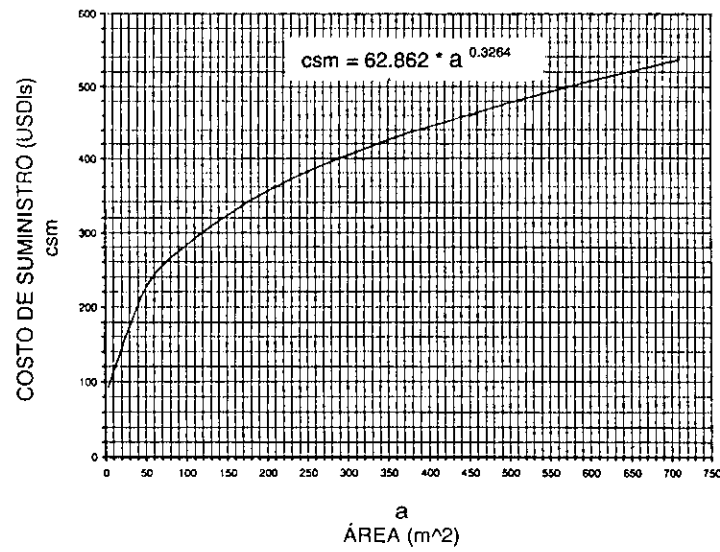
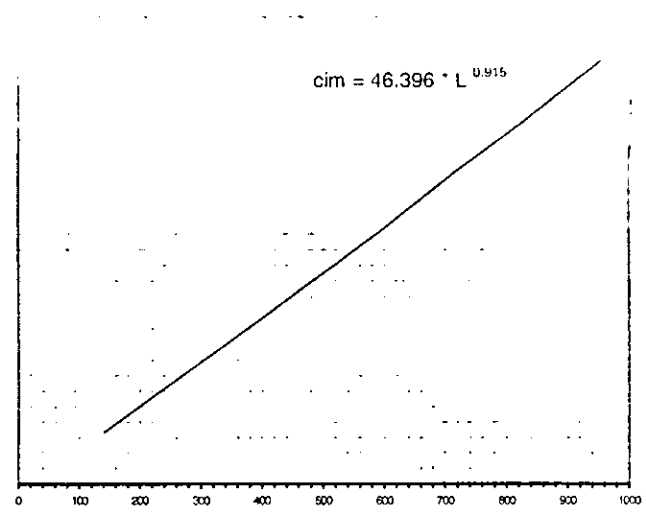
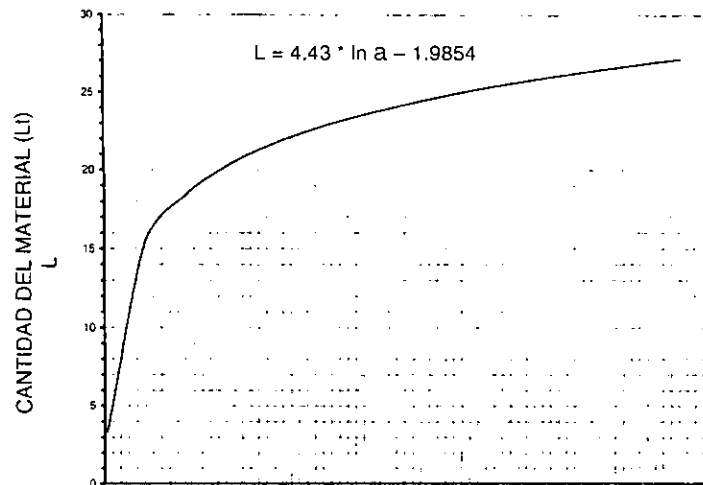


FIGURA VIII.5.4  
CAMBIADORES DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO TEMA: AES  
MATERIAL : (TUBOS / CORAZA)  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 3.5 - 700 m<sup>2</sup>

a  
ÁREA (m<sup>2</sup>)



cim  
 COSTO DE INSTALACIÓN (USDIs)

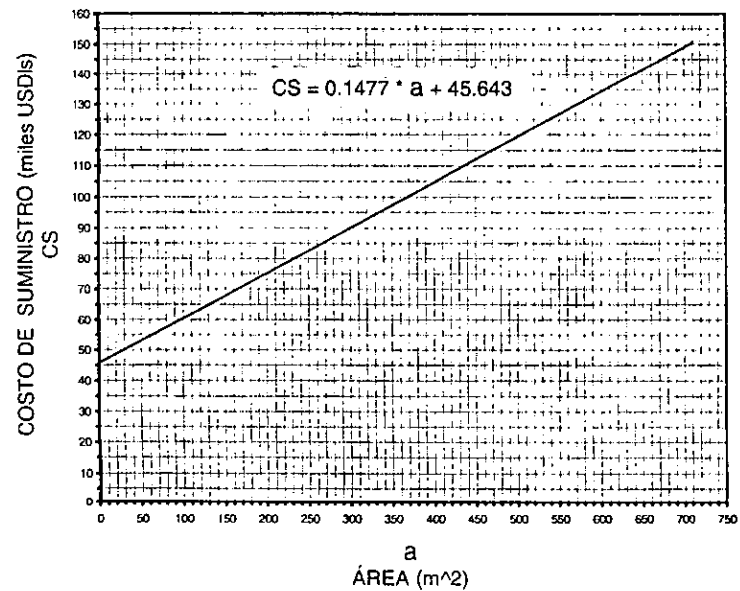
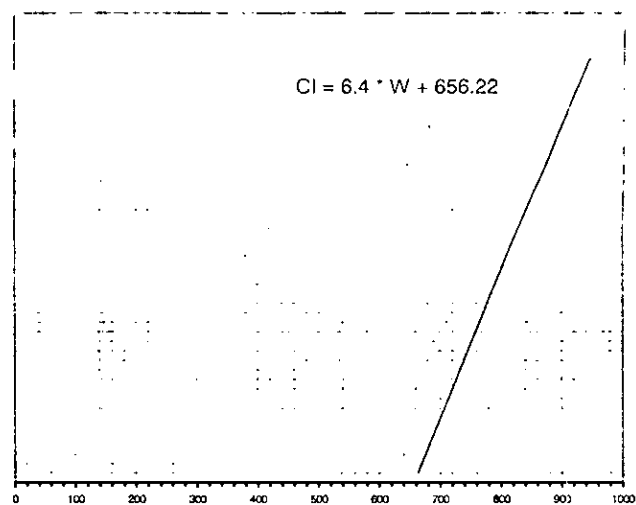
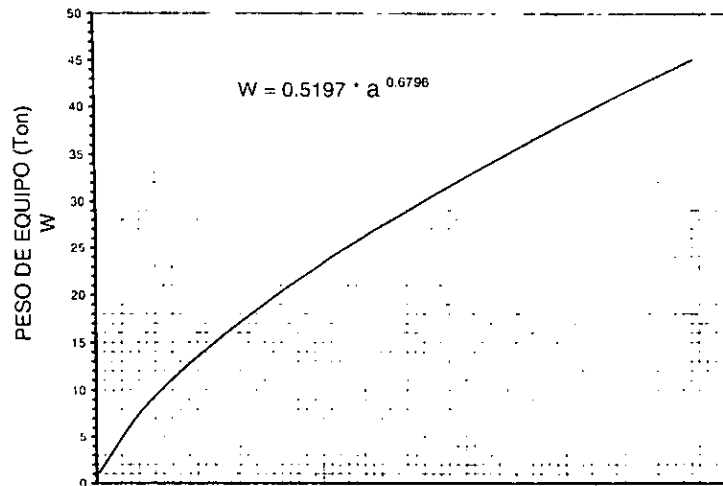
FIGURA VIII.5.5  
 CAMBIADORES DE CALOR DE  
 CORAZA Y TUBOS  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO TEMA: AES  
 MATERIAL : (TUBOS / CORAZA)  
 SA - 179 / SA - 516 70  
 RANGO: 3.5 - 700 m<sup>2</sup>

**TABLA VIII.5.1 CAMBIADORES DE CALOR (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)**

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-179 / SA-516 70
TUBOS	CORAZA	
ACERO AL CARBÓN SA-179 ADMIRALTY	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.000
CUPRONIQUEL SB-111 715	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.137
ACERO INOXIDABLE SS-304	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.215
ACERO INOXIDABLE SS-316	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.560
ACERO INOXIDABLE SS-304	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.628
ACERO INOXIDABLE SS-316	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.770
ACERO INOXIDABLE SS-316 MONEL	ACERO INOXIDABLE SS-316	1.838
	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.850
		2.817

TIPO	FACTOR DE COSTO POR TIPO DE EQUIPO BASE: AES
NEN	0.952
CEN	0.960
BEN	0.961
BEM	0.969
BES	0.988
BGS	0.988
AET	0.996
CES	0.996
AES	1.000
AJT	1.008

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	C, Si
ADMIRALTY	Ni, Cu, Sn
MONEL	Ni, Cu
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	18 Cr, 8 Ni
CUPRONIQUEL SB-111 715	0.7 Cu, 0.3 Ni



CI  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.6.1

REHERVIDORES

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO TEMA: BKT  
MATERIAL (TUBOS / CORAZA):  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 4 - 700 m<sup>2</sup>



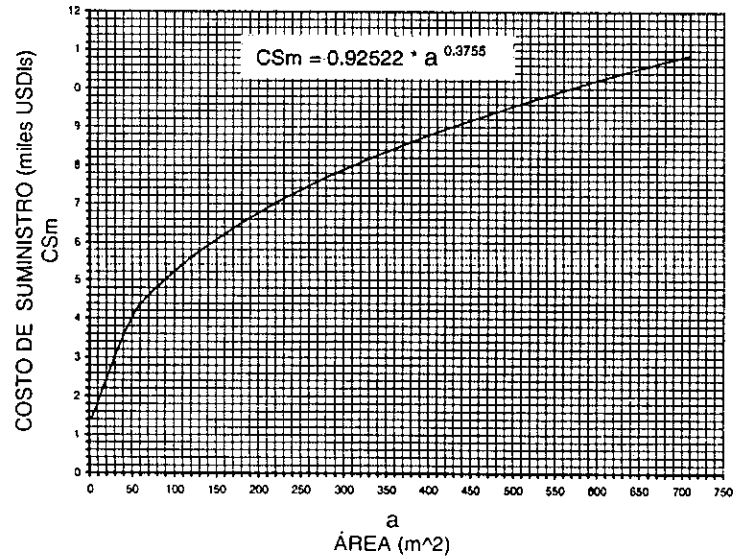
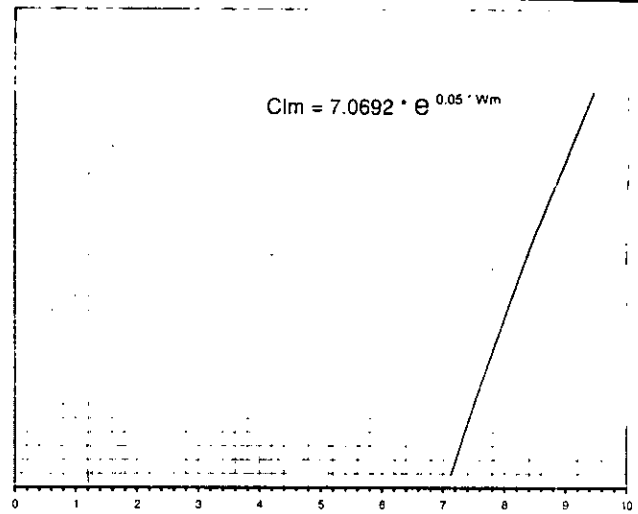
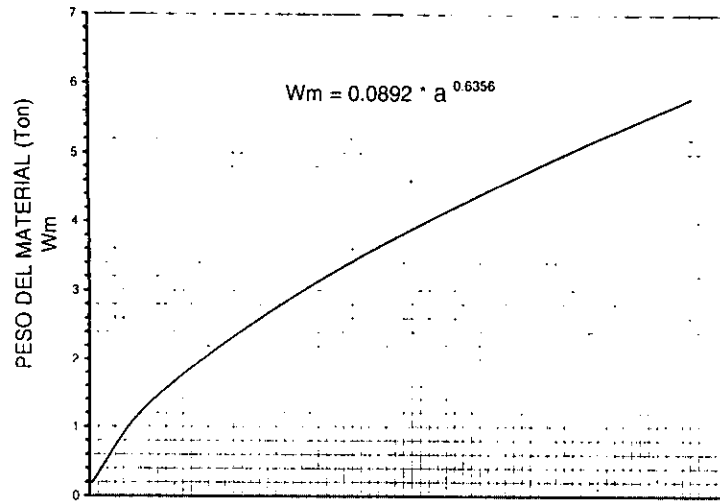
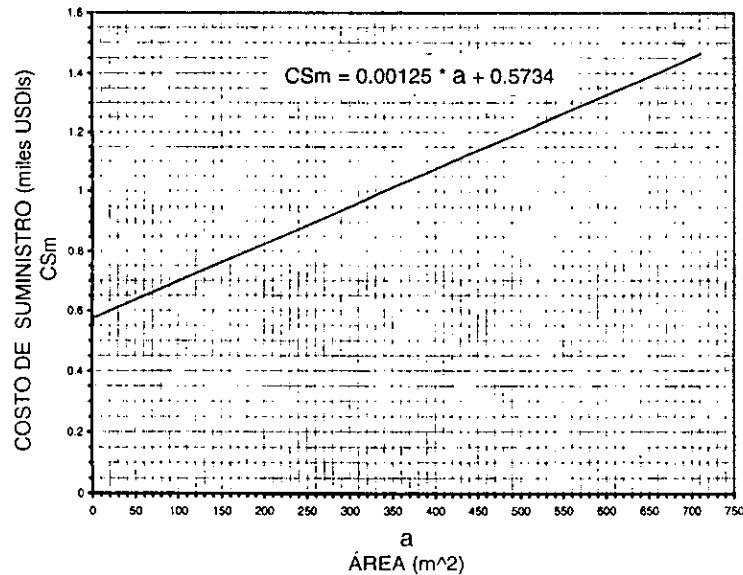
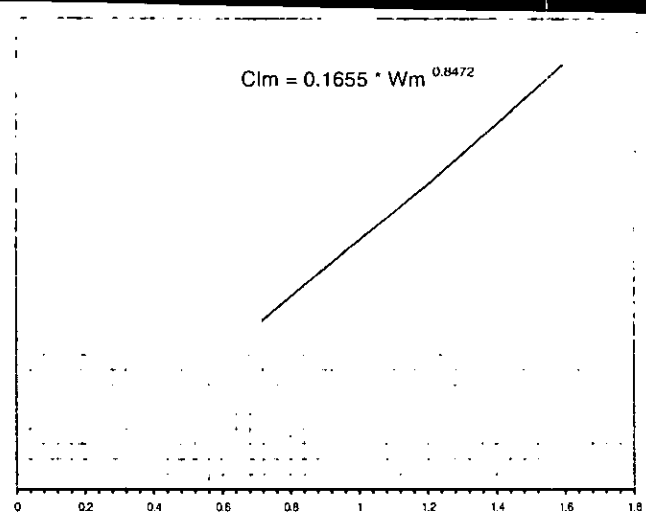
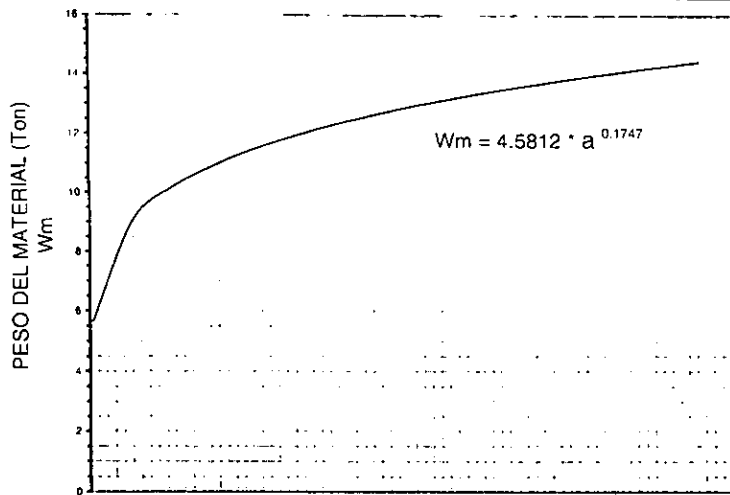


FIGURA VIII.6.2  
 REHERVIDORES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 TIPO TEMA: BKT  
 MATERIAL (TUBOS / CORAZA):  
 SA - 179 / SA - 516 70  
 RANGO: 4 - 700 m<sup>2</sup>



CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.6.3  
REHERVIDORES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO TEMA: BKT  
MATERIAL (TUBOS / CORAZA):  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 4 - 700 m<sup>2</sup>

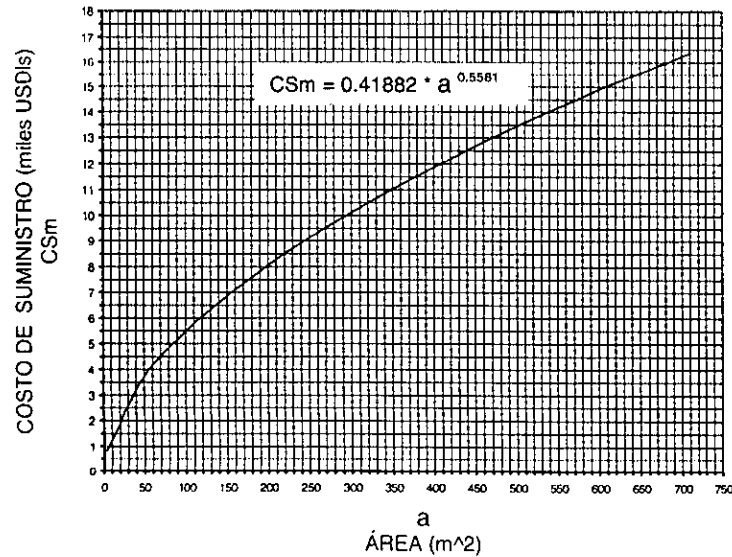
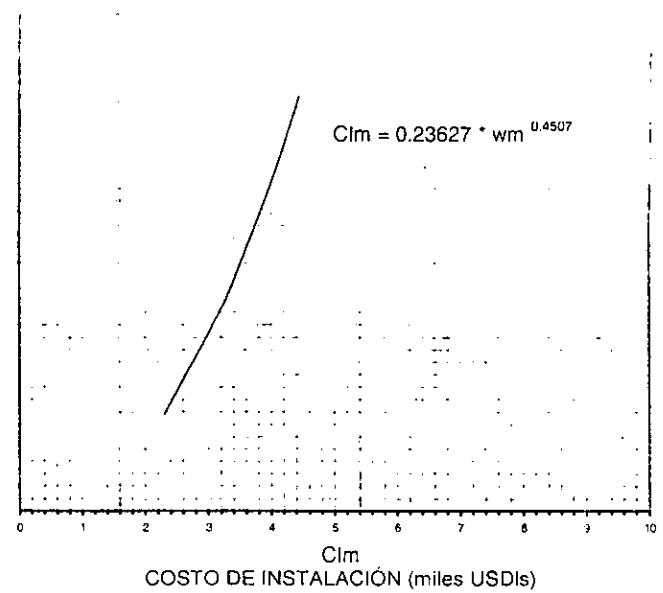
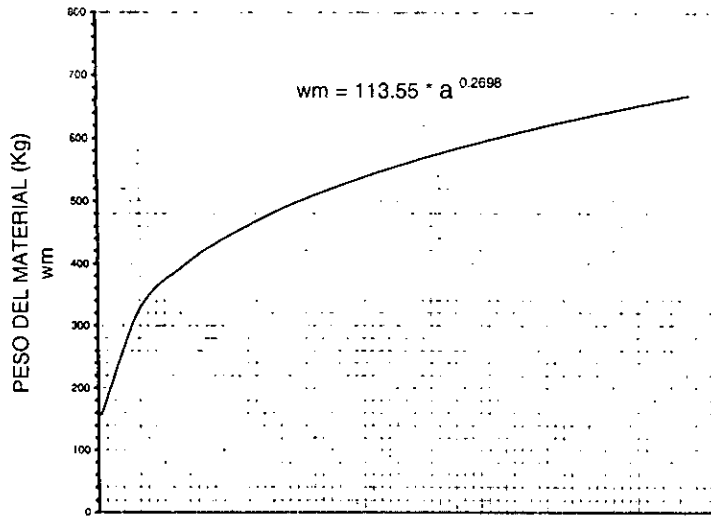
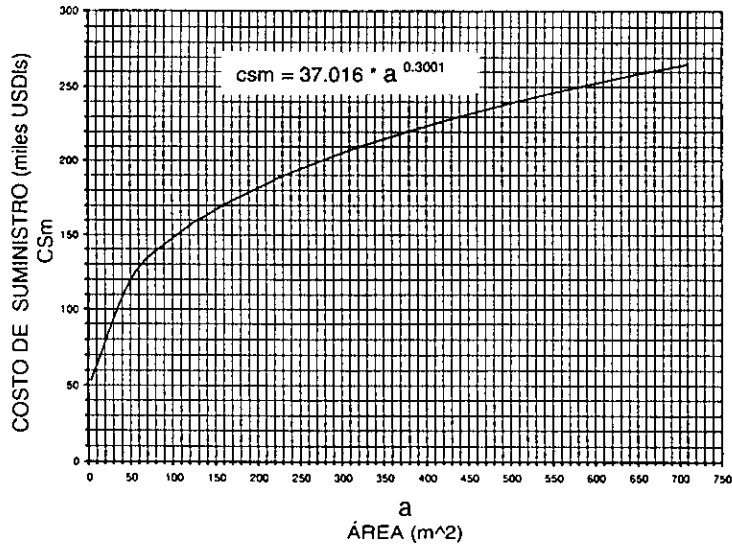
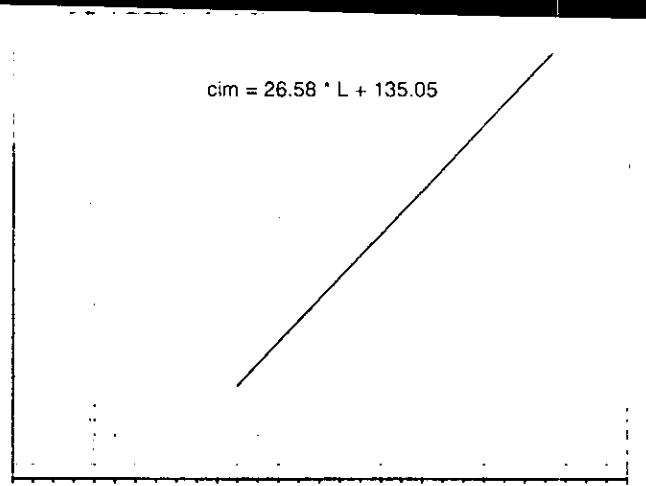
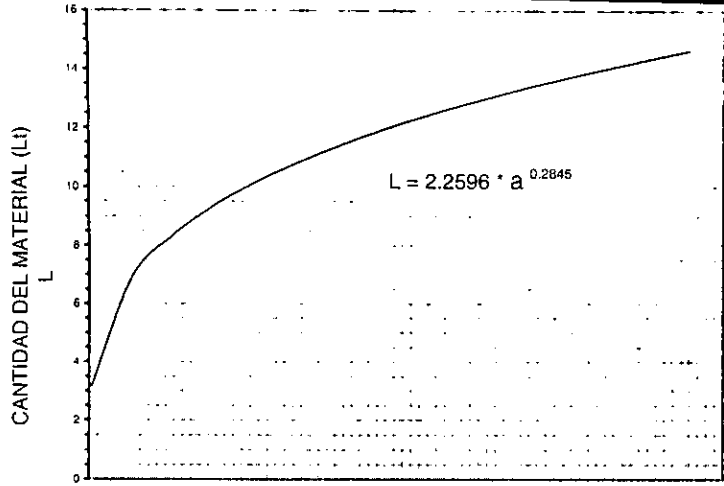


FIGURA VIII.6.4

REHERVIDORES

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO TEMA: BKT  
MATERIAL (TUBOS / CORAZA):  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 4 - 700 m<sup>2</sup>



Cim  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.6.5  
REHERVIDORES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE PINTURA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
TIPO TEMA: BKT  
MATERIAL (TUBOS / CORAZA):  
SA - 179 / SA - 516 70  
RANGO: 4 - 700 m<sup>2</sup>

FIGURA VIII.6.6

REHERVIDORES

VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO

TIPO TEMA: BKT

MATERIAL: (TUBOS / CORAZA)

SA - 179 / SA - 516 70

RANGO: 4 m<sup>2</sup> - 700 m<sup>2</sup>

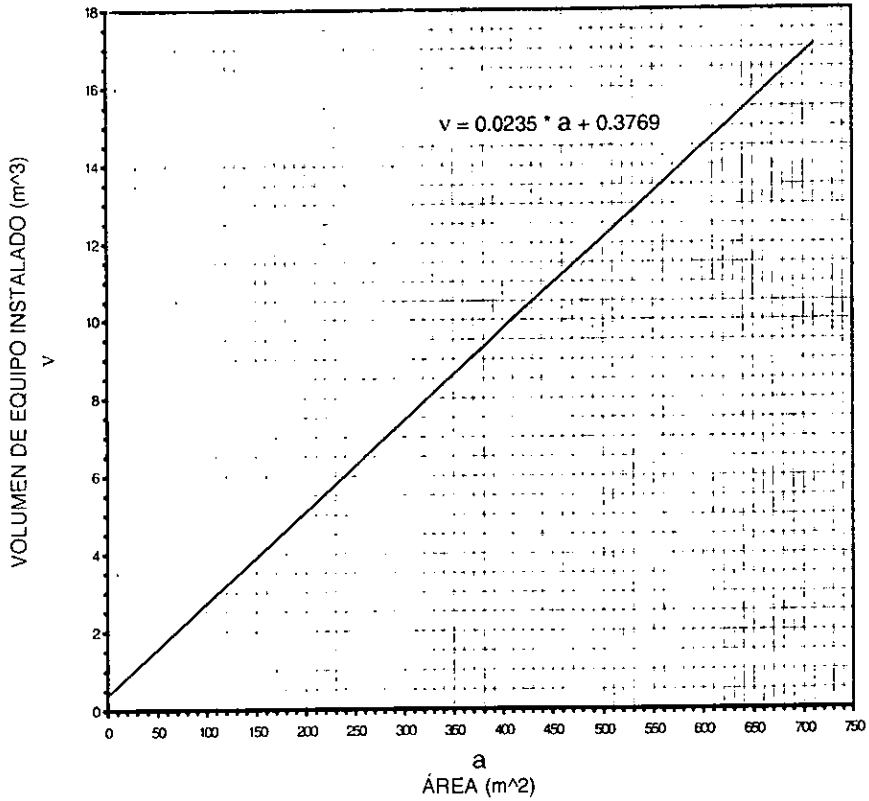


TABLA VIII.6.1 REHERVIDORES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-179 / SA-516 70
TUBOS	CORAZA	
ACERO AL CARBÓN SA-179	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.000
ADMIRALTY	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.180
CUPRONIQUEL SB-111 715	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.267
ACERO INOXIDABLE SS-304	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.394
ACERO INOXIDABLE SS-316	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.472
ACERO INOXIDABLE SS-304	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.646
ACERO INOXIDABLE SS-316	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.724
ACERO INOXIDABLE SS-316	ACERO INOXIDABLE SS-316	1.733
MONEL	ACERO AL CARBÓN SA-516 70	2.276

TIPO	FACTOR DE COSTO POR TIPO DE EQUIPO BASE: AES
BKT	0.862
AKT	0.869
BKU	0.954
AKU	0.969
AES	1.000

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	C, Si
ADMIRALTY	Ni, Cu, Sn
MONEL	Ni, Cu
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	18 Cr, 8 Ni
CUPRONIQUEL SB-111 715	0.7 Cu, 0.3 Ni

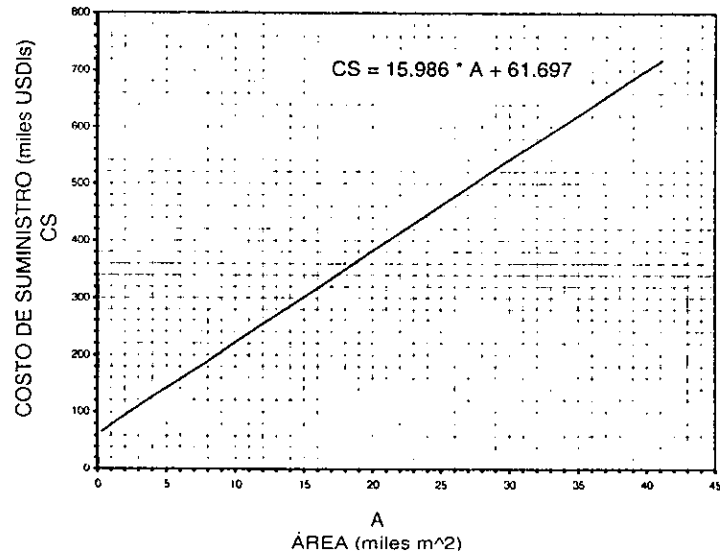
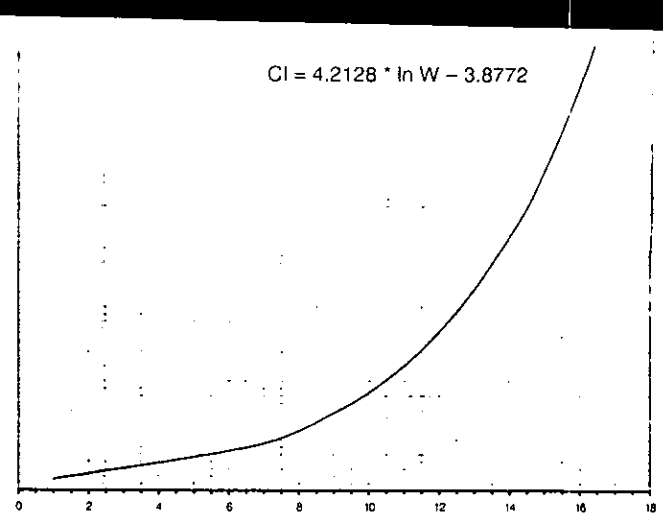
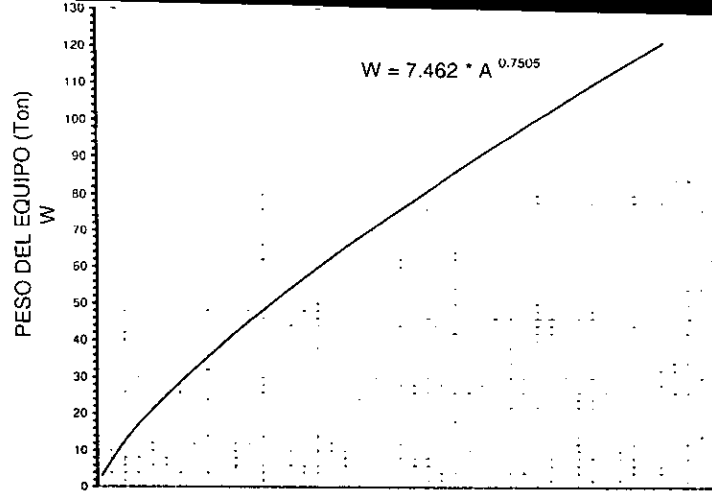
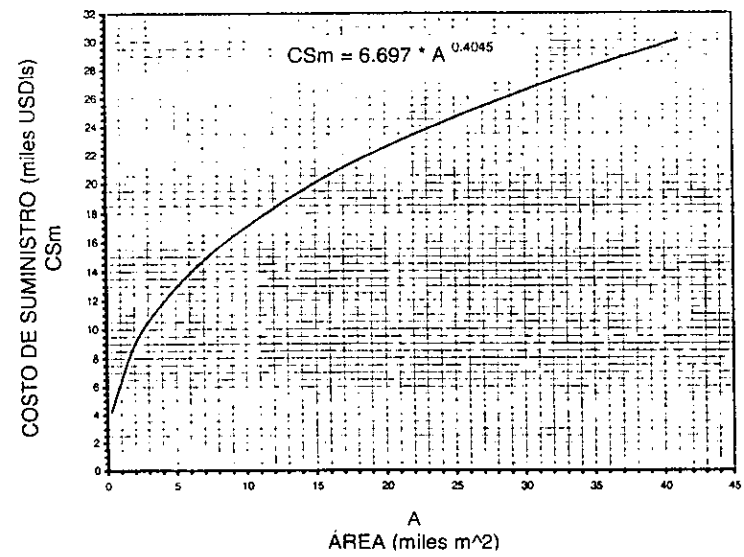
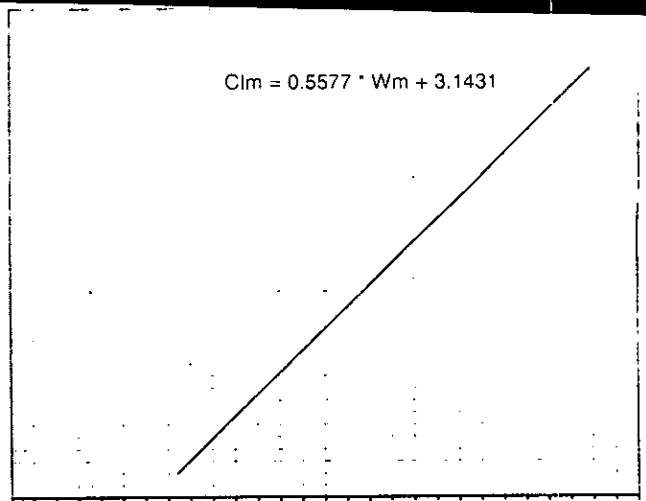
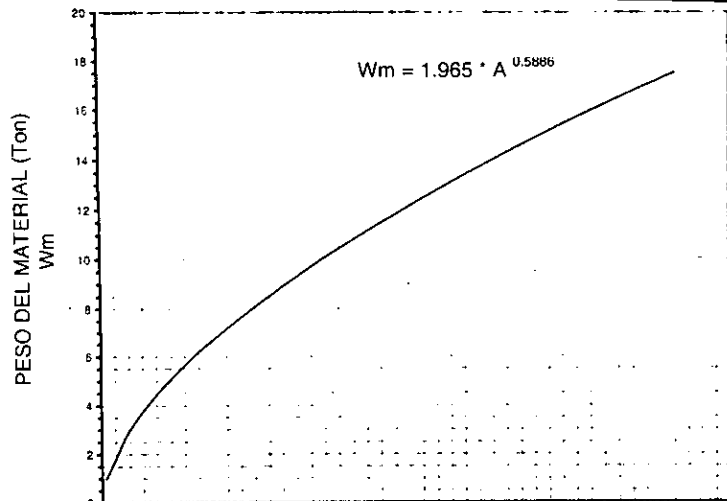


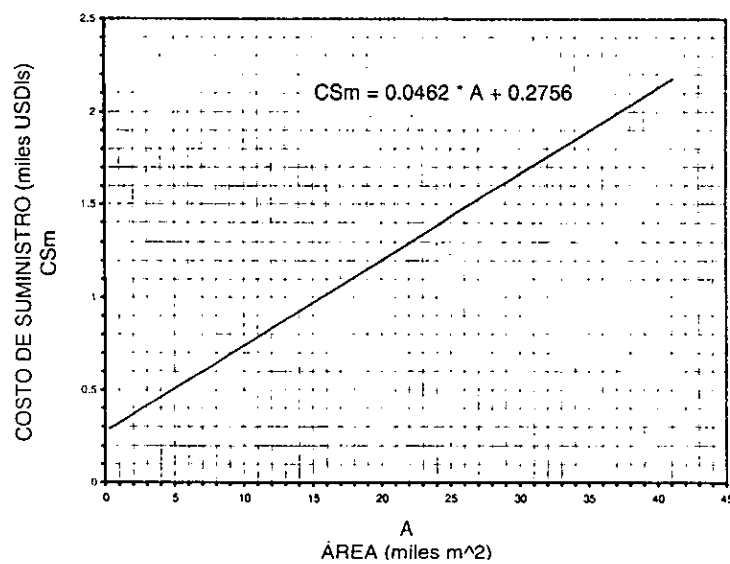
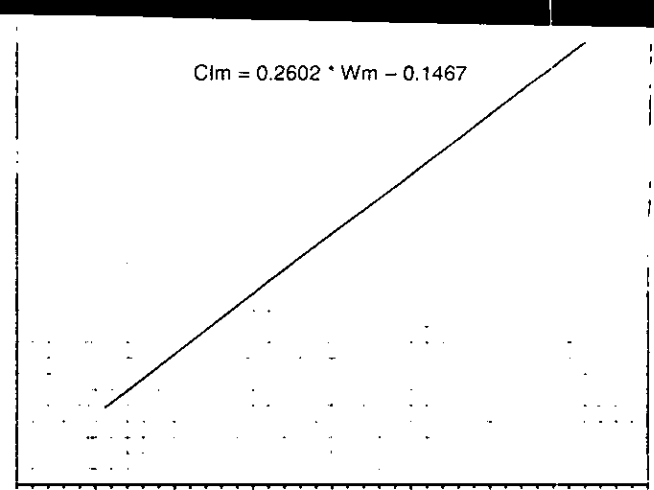
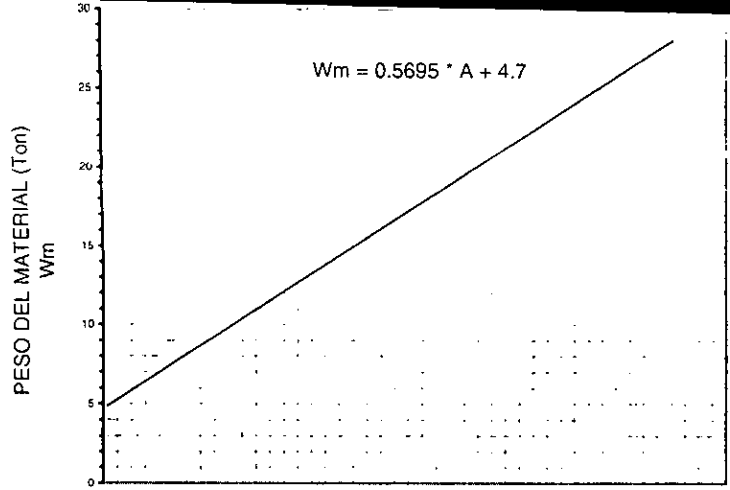
FIGURA VIII.7.1  
 ENFRIADORES POR AIRE  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
 DE EQUIPO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
 ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
 RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA  
 EXTENDIDA): 500 – 41,000 m<sup>2</sup>  
 ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA



Cim  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USD/s)

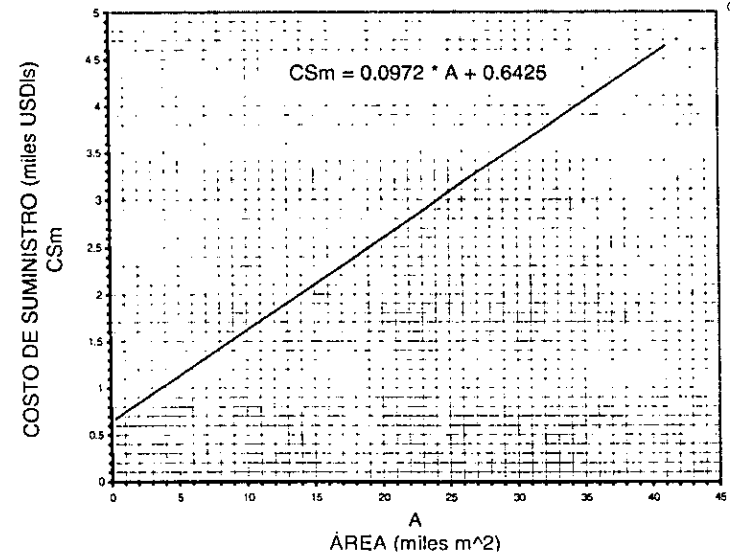
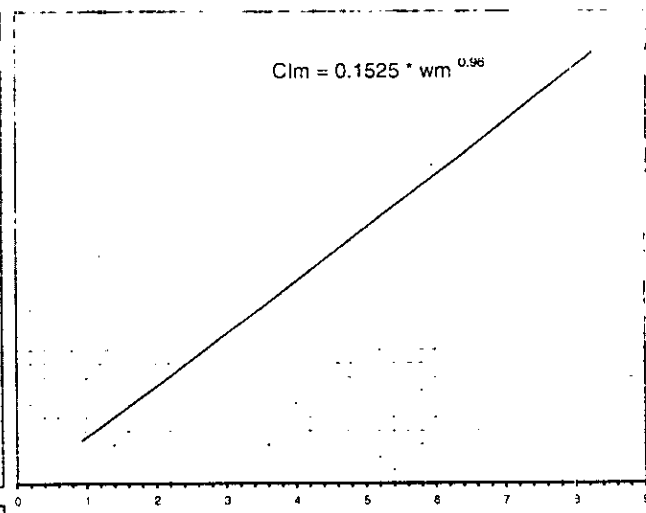
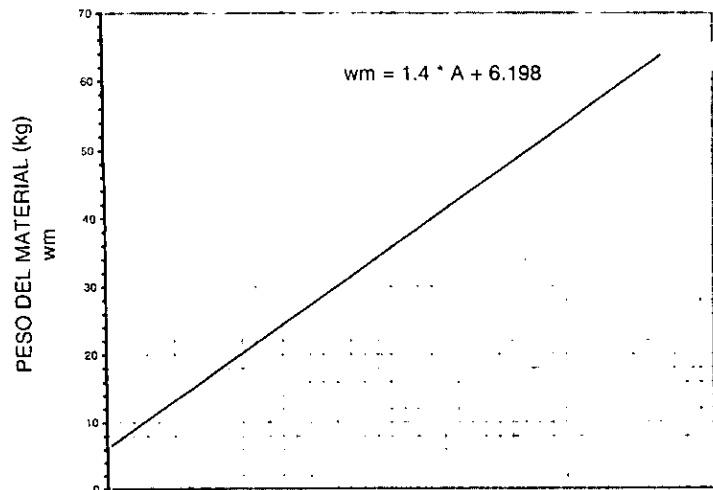
FIGURA VIII.7.2  
ENFRIADORES POR AIRE  
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
RANGO (AREA DE TRANSFERENCIA  
EXTENDIDA): 500 - 41,000 m<sup>2</sup>  
ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA





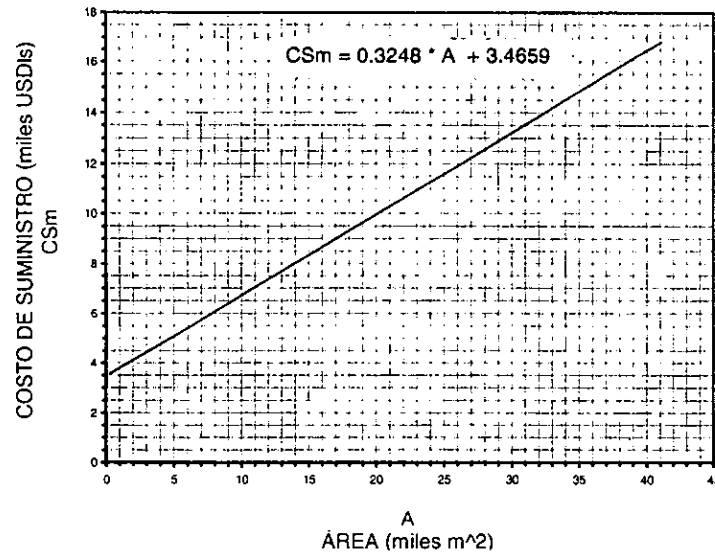
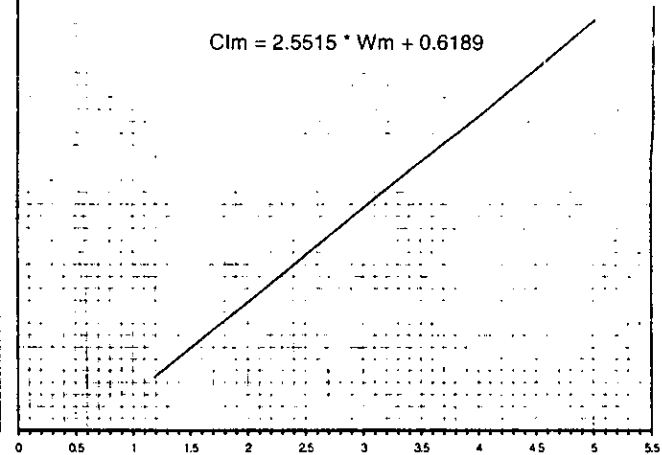
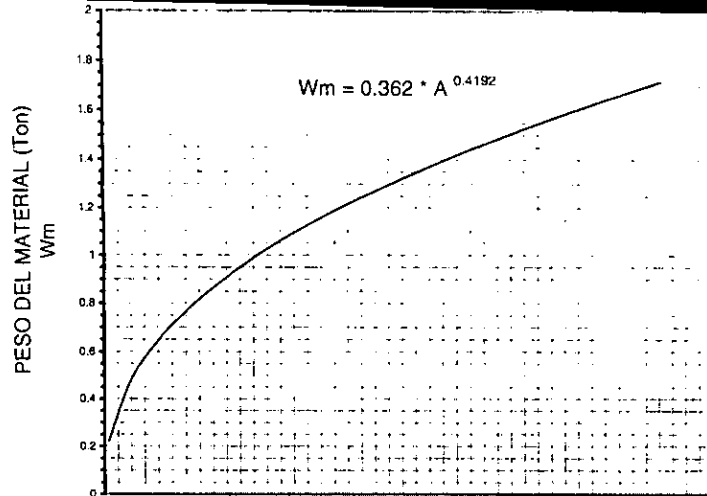
CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.7.3  
ENFRIADORES POR AIRE  
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA  
EXTENDIDA): 500 – 41,000 m<sup>2</sup>  
ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA



$C_{Im}$   
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.7.4  
ENFRIADORES POR AIRE  
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE MATERIAL ELÉCTRICO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA  
EXTENDIDA): 500 – 41,000  $m^2$   
ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA



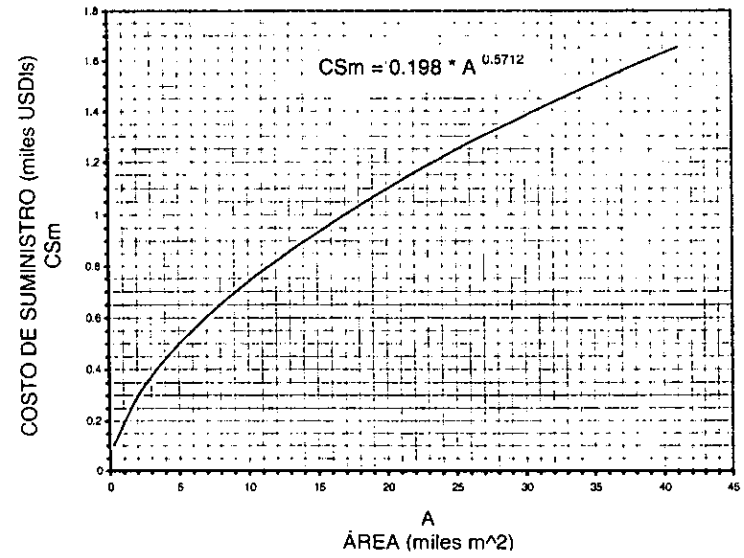
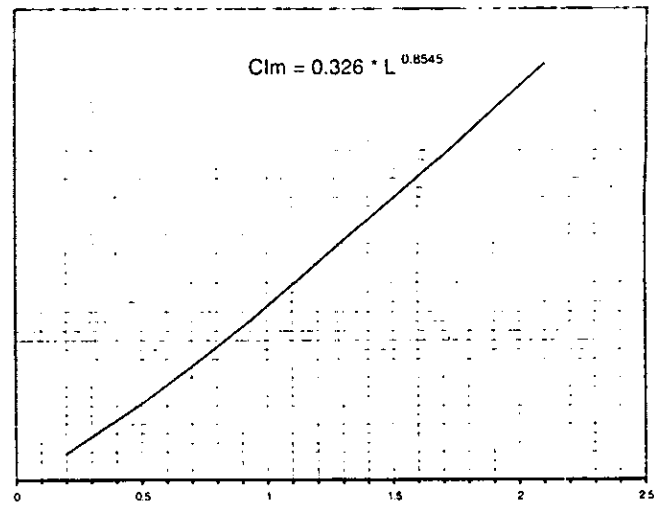
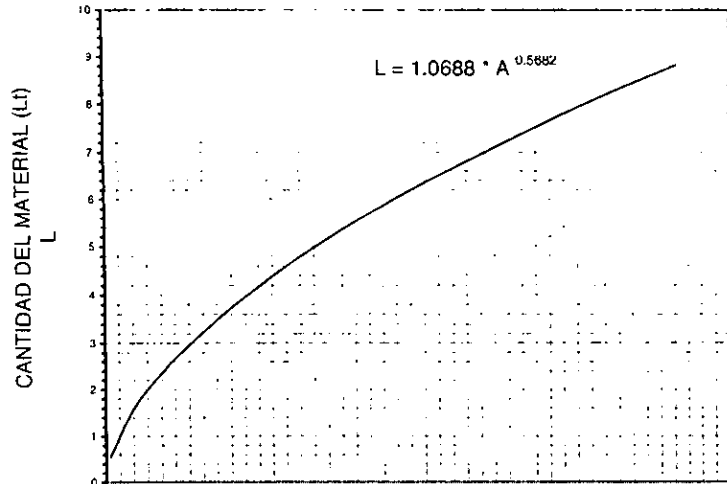
$C_{Im}$   
 COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.7.5

ENFRIADORES POR AIRE

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
 DE AISLAMIENTO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

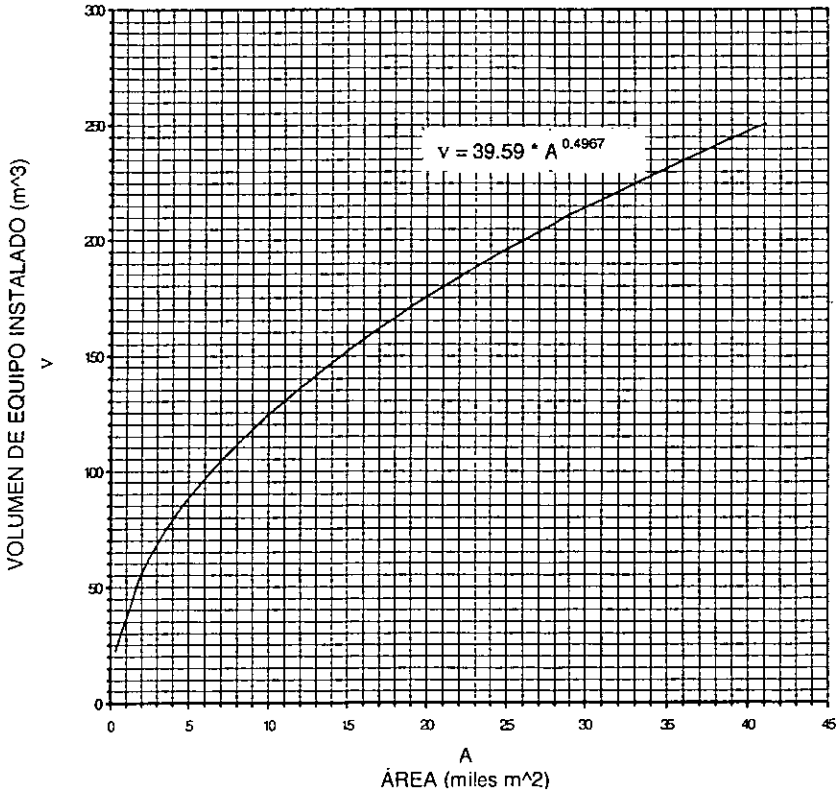
MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
 ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
 RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA  
 EXTENDIDA): 500 – 41,000  $m^2$   
 ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA



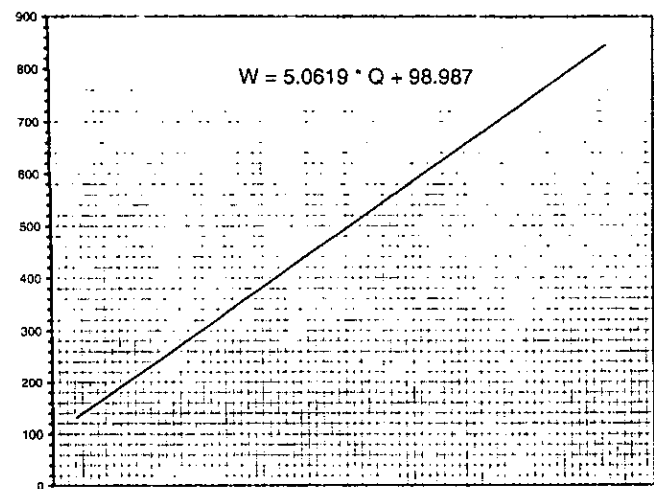
CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.7.6  
ENFRIADORES POR AIRE  
COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE PINTURA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)  
ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO  
RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA  
EXTENDIDA): 500 - 41,000 m<sup>2</sup>  
ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA

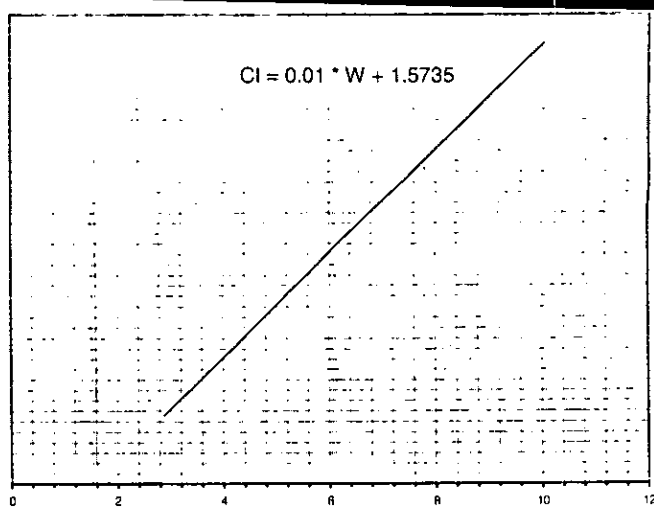
**FIGURA VIII.7.7**  
**ENFRIADORES POR AIRE**  
**VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO**  
**MATERIAL: (TUBOS / ALETAS)**  
**ACERO AL CARBÓN / ALUMINIO**  
**RANGO (ÁREA DE TRANSFERENCIA**  
**EXTENDIDA): 500 - 41,000 m<sup>2</sup>**  
**ÁREA EXTENDIDA = 21 x ÁREA DESNUDA**



PESO DEL EQUIPO (Ton)  
W



COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)  
CI



COSTO DE SUMINISTRO (millones USDs)  
MCS

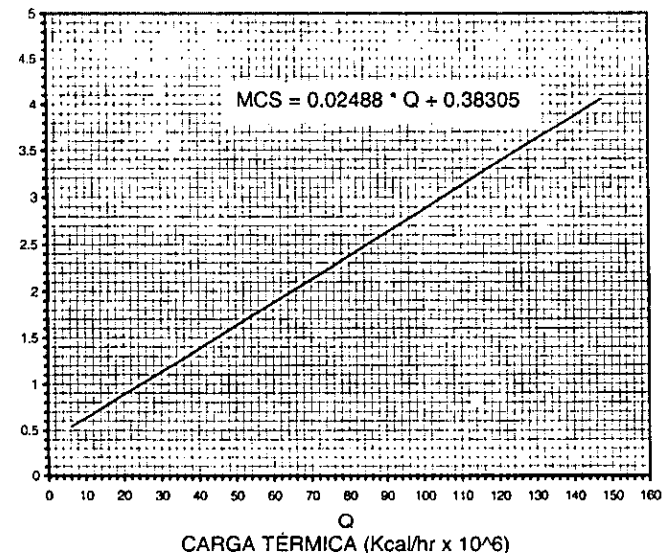


FIGURA VIII.8.1  
HORNOS HORIZONTALES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $8 \times 10^6 - 146 \times 10^6$  Kcal/hr

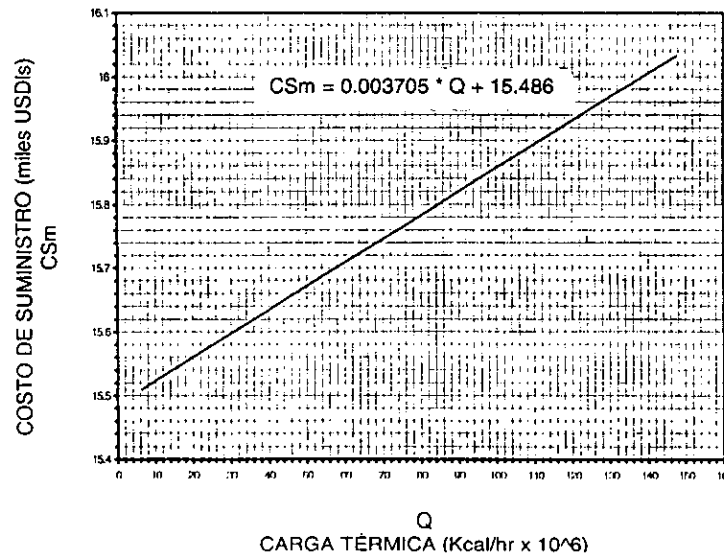
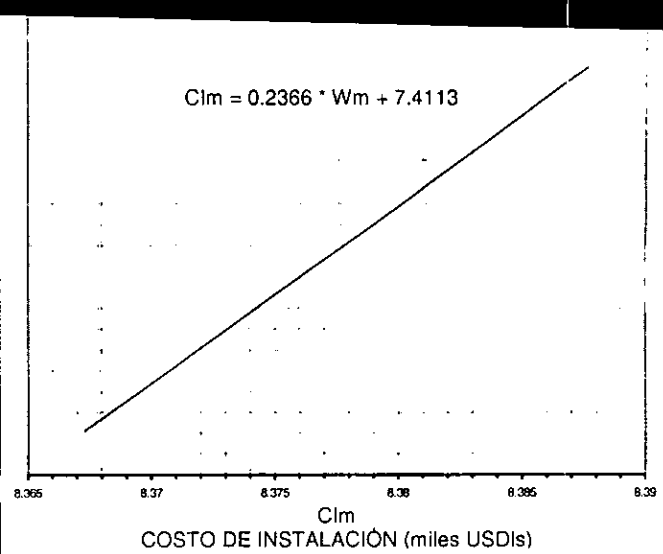
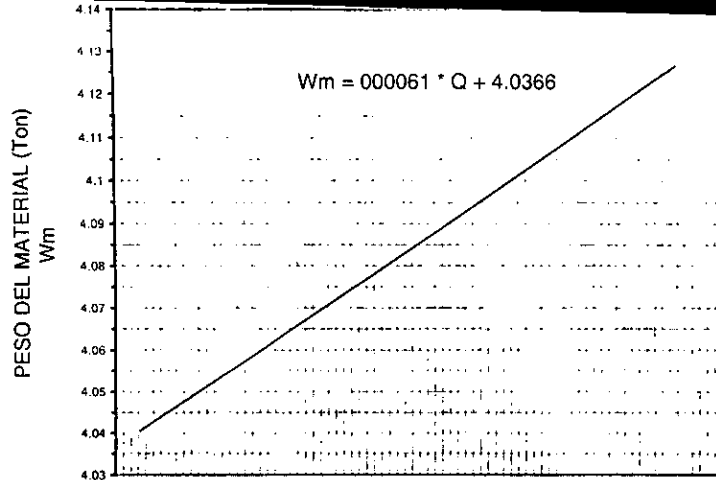


FIGURA VIII.8.2  
 HORNOS HORIZONTALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO:  $8 \times 10^6 - 146 \times 10^6$  Kcal/hr

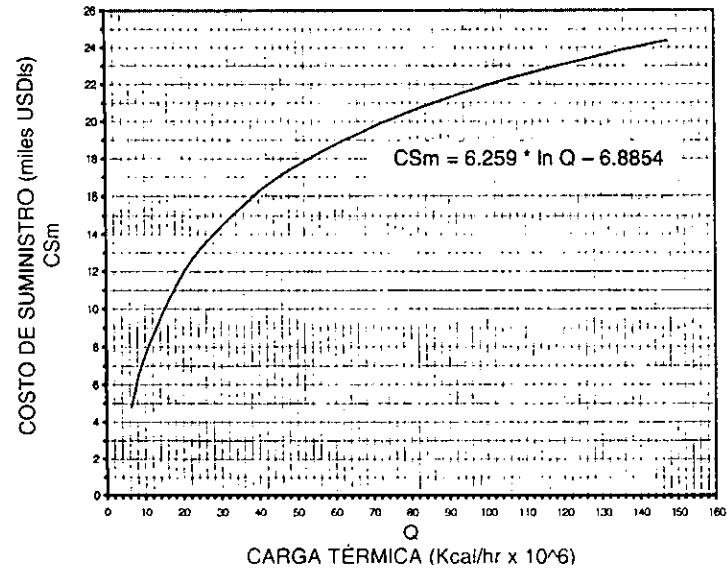
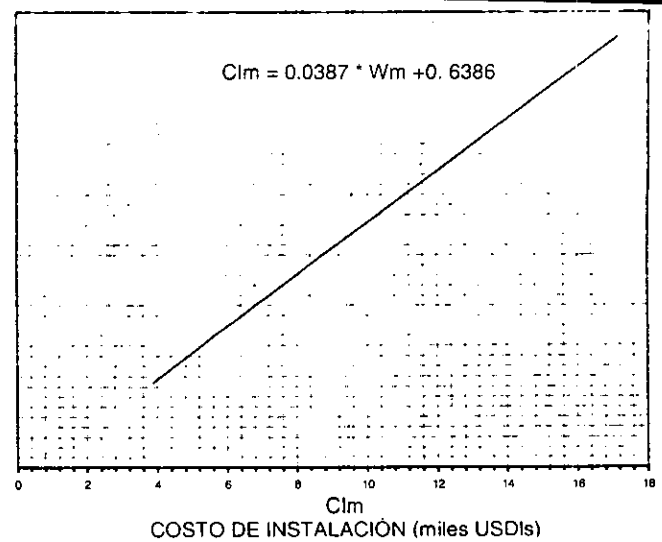
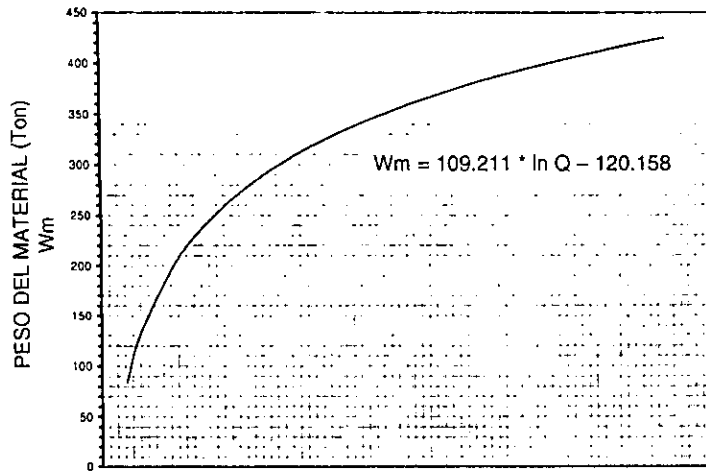


FIGURA VIII.8.3

HORNOS HORIZONTALES

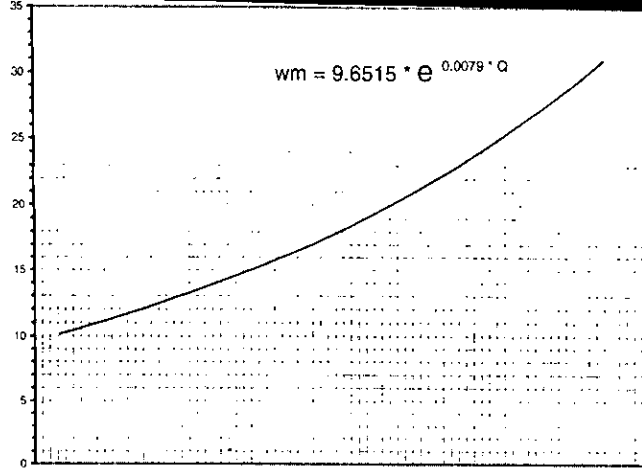
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $8 \times 10^6 - 146 \times 10^6$  Kcal/hr



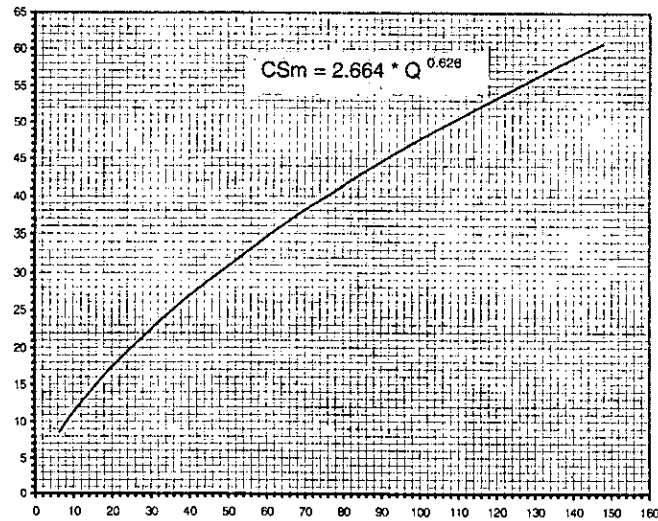
PESO DEL MATERIAL (Kg)

wm



COSTO DE SUMINISTRO (miles USD/ls)

C<sub>Sm</sub>



Q  
CARGA TÉRMICA (Kcal/hr x 10<sup>6</sup>)

C<sub>Im</sub> = 0.325 \* wm + 0.85574

C<sub>Im</sub>

COSTO DE INSTALACIÓN (miles USD/ls)

FIGURA VIII.8.4

HORNOS HORIZONTALES

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE MATERIAL  
ELÉCTRICO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $8 \times 10^6$  –  $146 \times 10^6$  Kcal/hr

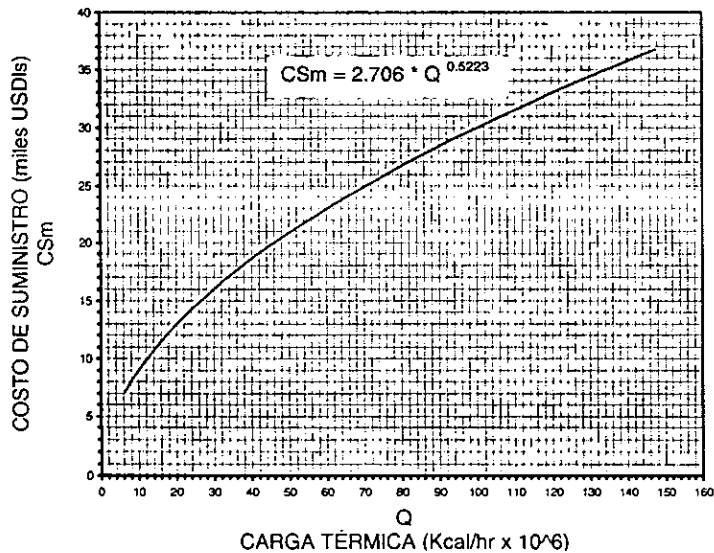
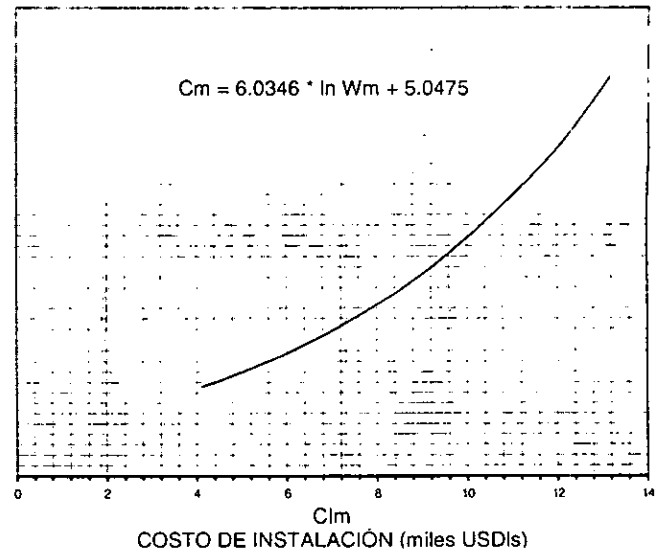
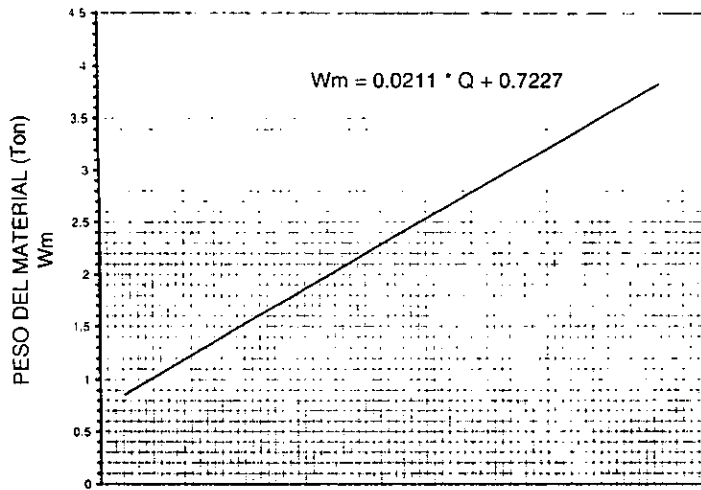
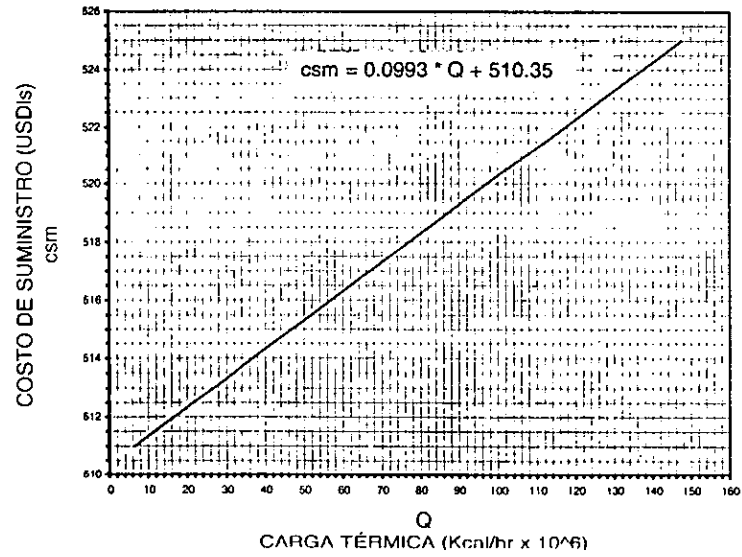
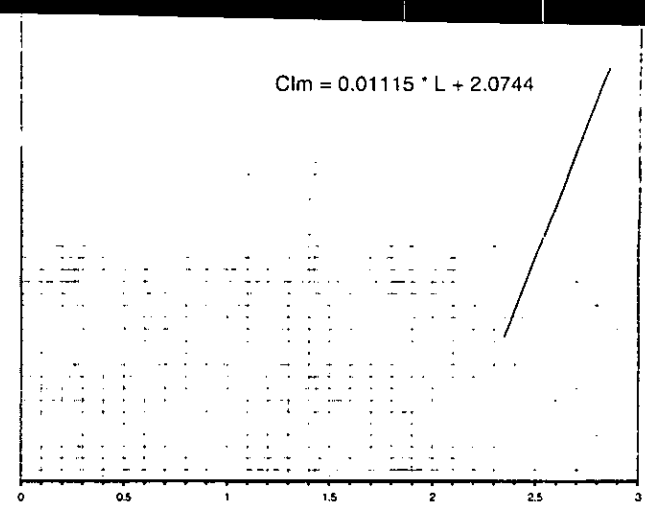
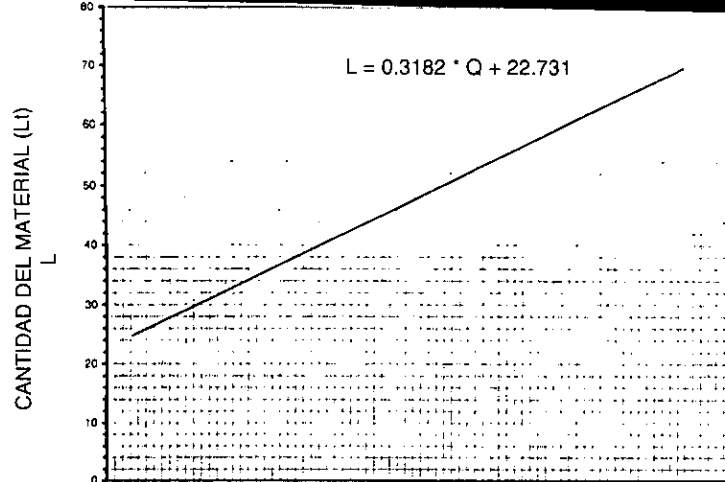


FIGURA VIII.8.5  
 HORNOS HORIZONTALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO:  $8 \times 10^6 - 146 \times 10^6$  Kcal/hr



CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.8.6

HORNOS HORIZONTALES

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE PINTURA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $8 \times 10^6 - 146 \times 10^6$  Kcal/hr

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

FIGURA VIII.8.7

HORNOS HORIZONTALES

VOLUMEN DEL EQUIPO INSTALADO

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)

RANGO:  $8 \times 10^6$  -  $146 \times 10^6$  Kcal/hr

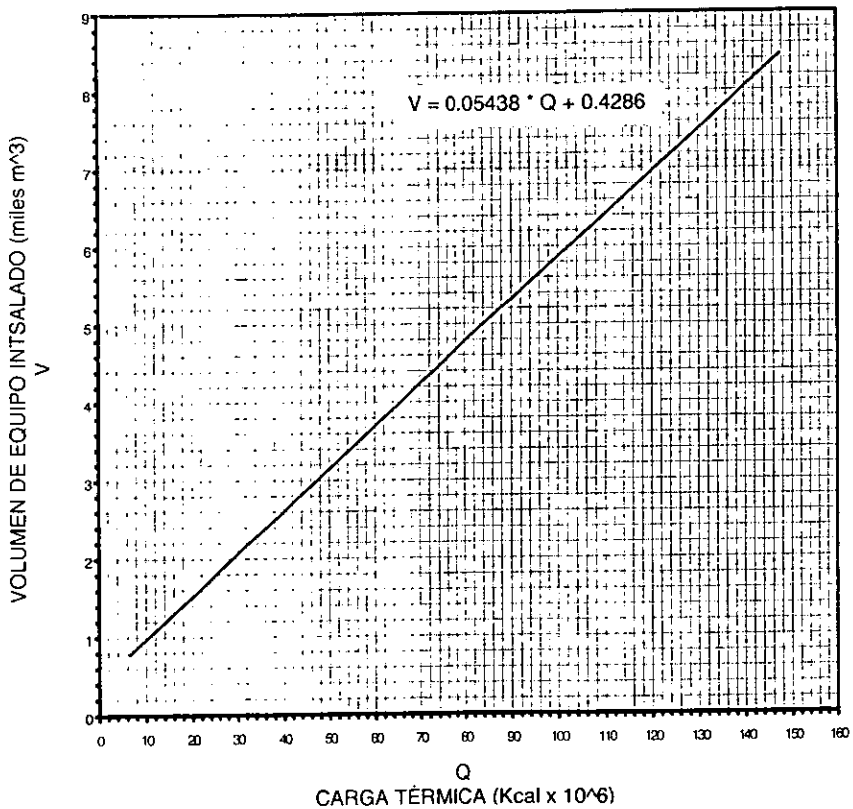
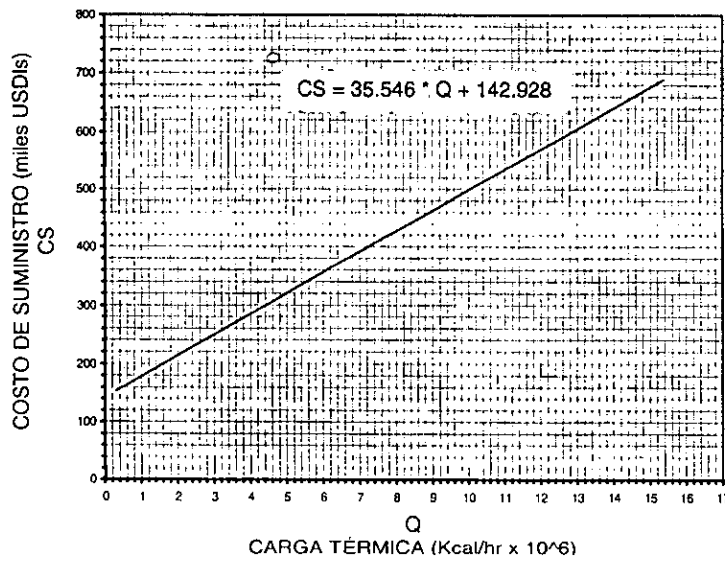
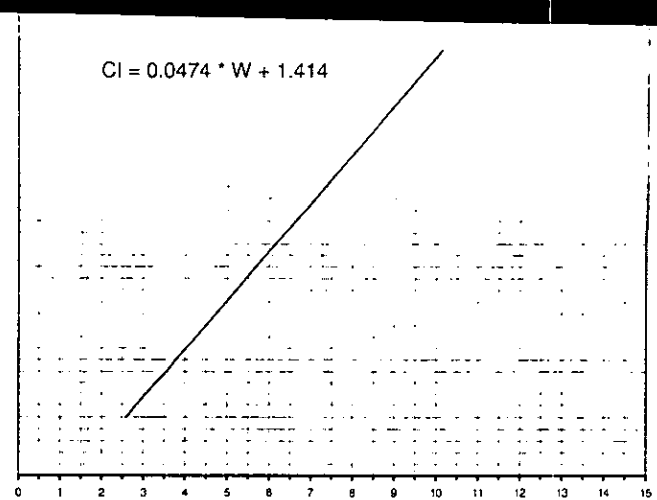
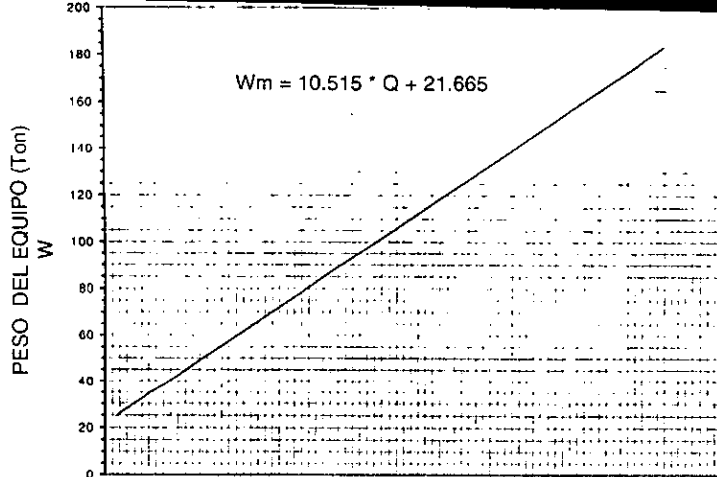


TABLA VIII.8.1 HORNOS HORIZONTALES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (TUBOS)	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN
ACERO AL CARBÓN	1.000
ACERO AL CARBÓN SA-209 A	1.158
ACERO AL CARBÓN SA-209 B	1.158
ACERO AL CARBÓN SA-209	1.160
ACERO AL CARBÓN SA-213 A	1.200
ACERO AL CARBÓN SA-213 B	1.214
ACERO AL CARBÓN SA-213 C	1.219
ACERO AL CARBÓN SA-199 C	1.233
ACERO AL CARBÓN SA-213 D	1.322
ACERO AL CARBÓN SA-199 D	1.324
ACERO AL CARBÓN SA-213 E	1.355
ACERO AL CARBÓN SA-199 E	1.357
ACERO AL CARBÓN SA-213 F	1.371
ACERO AL CARBÓN SA-199 F	1.376
ACERO INOXIDABLE SS-304 W	1.396
ACERO INOXIDABLE SS-316 W	1.504
ACERO INOXIDABLE SS-316 LW	1.523
ACERO INOXIDABLE SS-304 S	1.924
ACERO INOXIDABLE SS-316 S	2.029
ACERO INOXIDABLE SS-316 LS	2.140

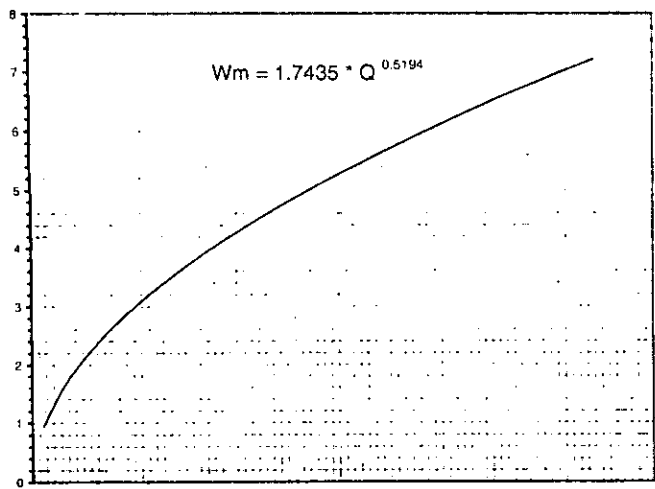
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (TUBOS)	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-199 C	1.25 Cr, 0.5 Mo, Si
ACERO AL CARBÓN SA-199 D	2.25 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-199 E	3 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-199 F	5 Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209 A	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209 B	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 A	0.5 Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 B	Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 C	1.25 Cr, 0.5 Mo, Si
ACERO AL CARBÓN SA-213 D	2.25 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 E	3 Cr, 0.9 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 F	5 Cr, 0.5 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 S	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 W	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-304 S	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-304 W	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316 LS	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 LW	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo



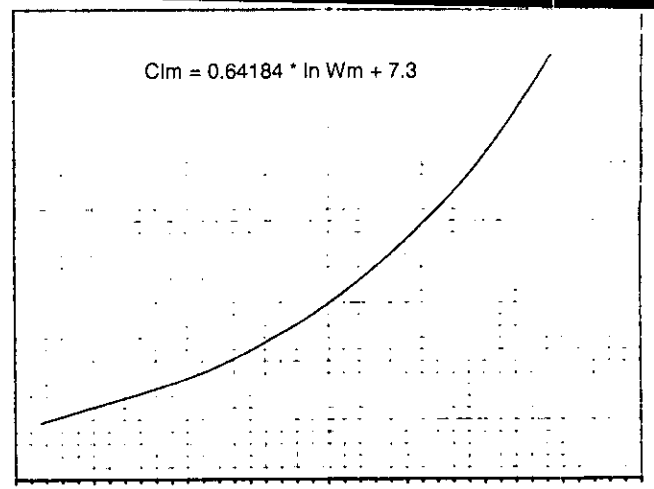
CI  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

FIGURA VIII.9.1  
HORNOS VERTICALES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $0.4 \times 10^6 - 15.2 \times 10^6$  Kcal/hr

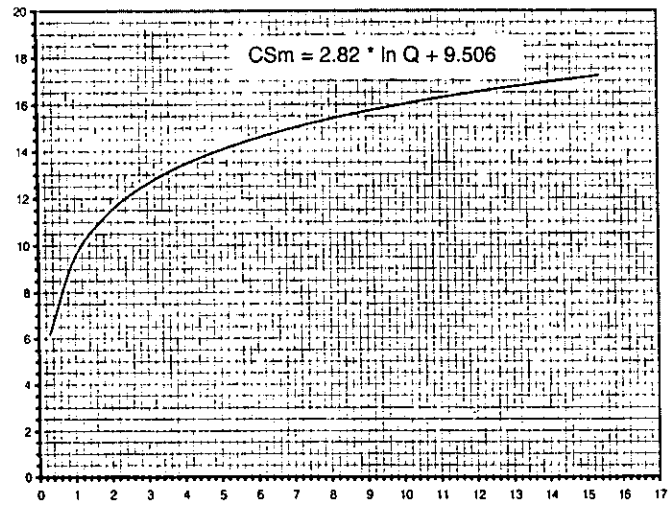
PESO DEL MATERIAL (Ton)  
Wm



$$CIm = 0.64184 \cdot \ln Wm + 7.3$$



COSTO DE SUMINISTRO (miles USDIs)  
CSm



CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDIs)

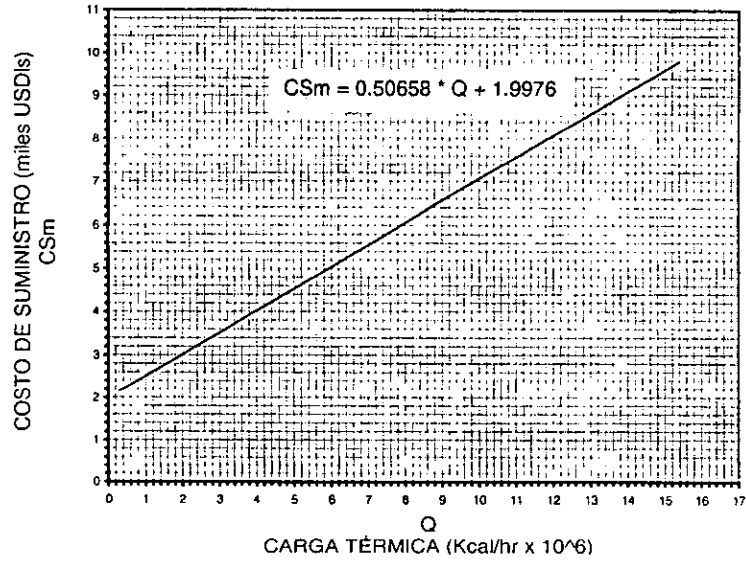
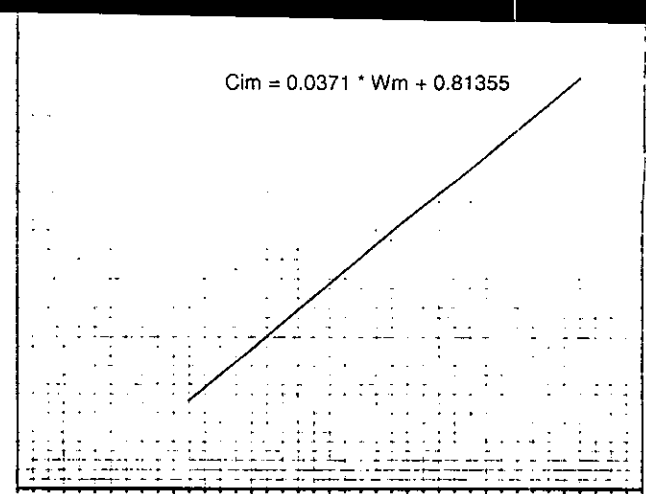
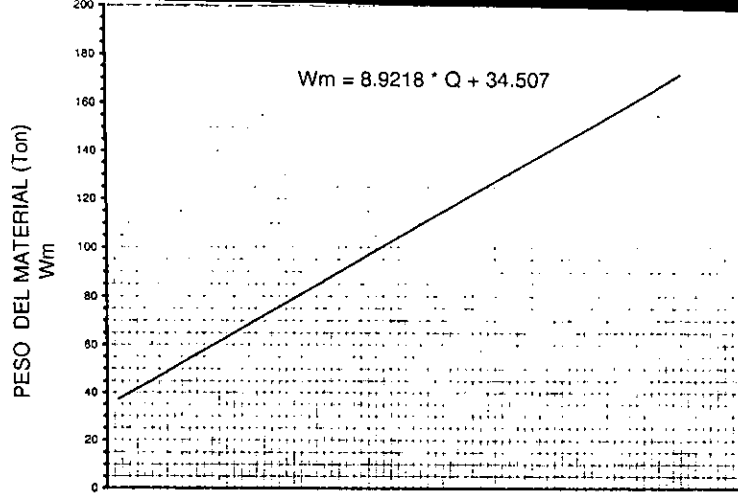
FIGURA VIII.9.2

HORNOS VERTICALES

COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $0.4 \times 10^6 - 15.2 \times 10^6$  Kcal/hr

Q  
CARGA TÉRMICA (Kcal/hr x 10<sup>6</sup>)



**FIGURA VIII.9.3**  
**HORNOS VERTICALES**  
**COSTO DE SUMINISTRO E**  
**INSTALACIÓN DE CONCRETO**  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO:  $0.4 \times 10^6$  –  $15.2 \times 10^6$  Kcal/hr



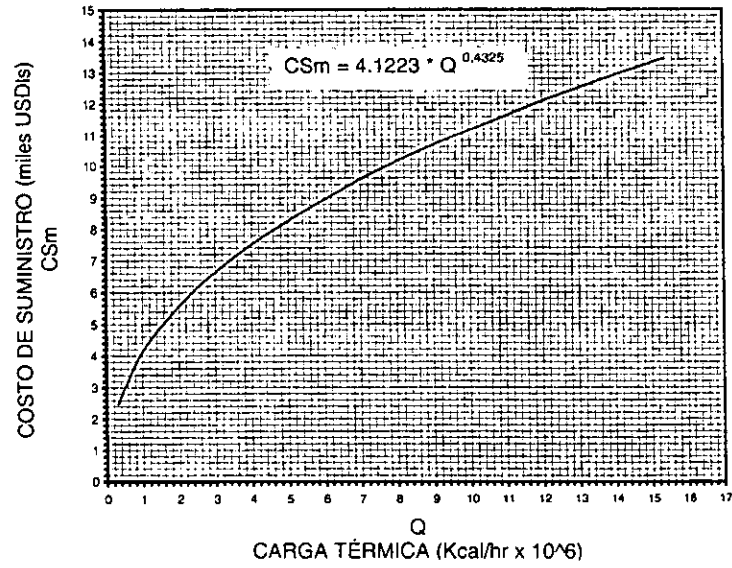
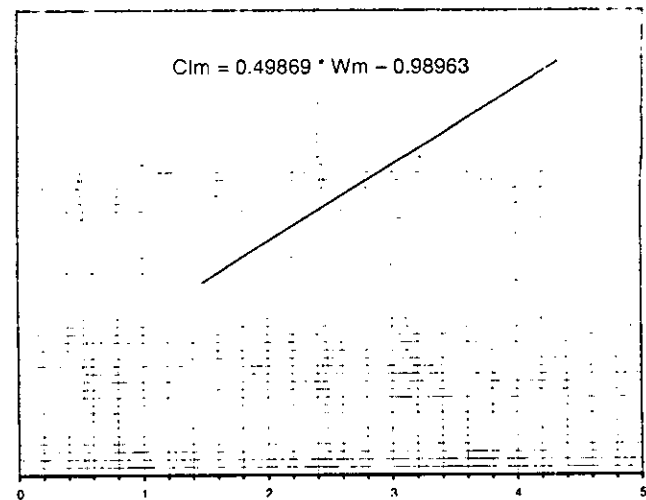
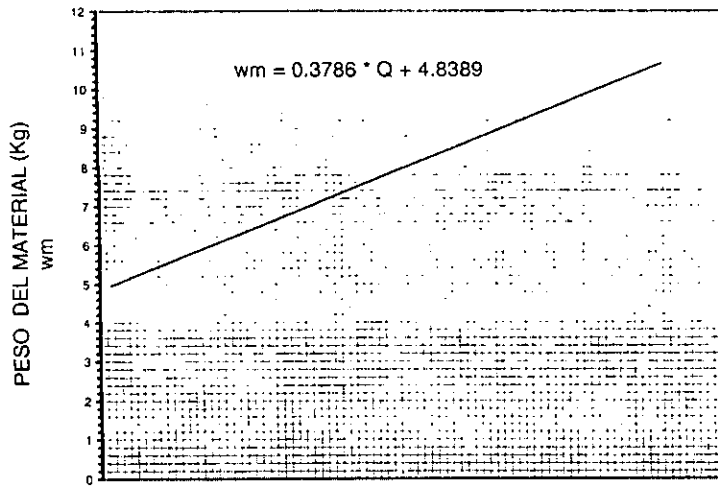
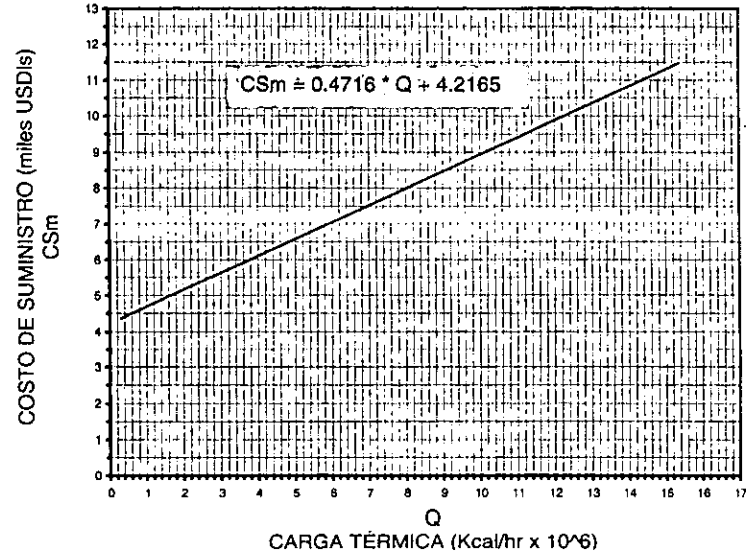
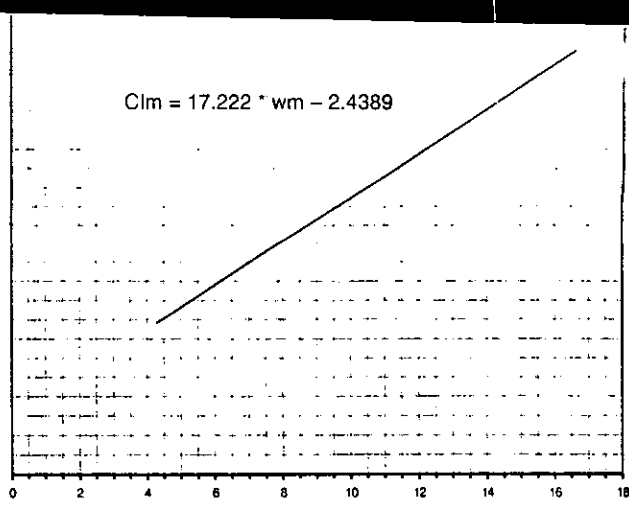
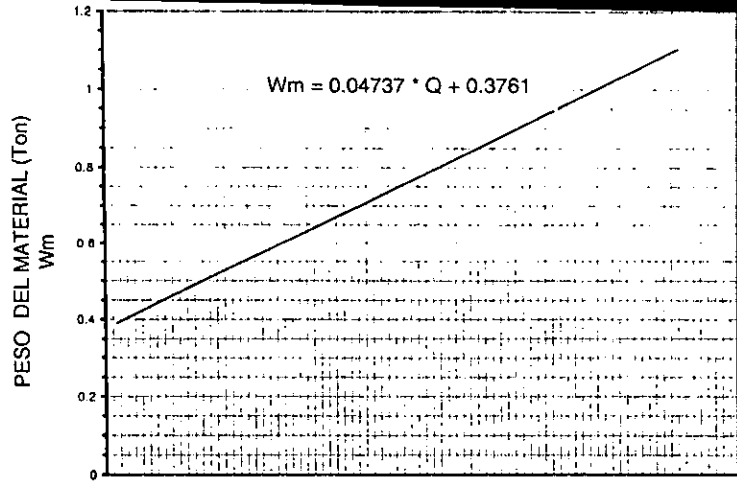


FIGURA VIII.9.4  
 HORNOS VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE MATERIAL  
 ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO:  $0.4 \times 10^6 - 15.2 \times 10^6$  Kcal/hr



CIm  
COSTO DE INSTALACIÓN (miles USDs)

FIGURA VIII.9.5  
HORNOS VERTICALES  
COSTO DE SUMINISTRO E  
INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 0.4 x 10<sup>6</sup> - 15.2 x 10<sup>6</sup> Kcal/hr

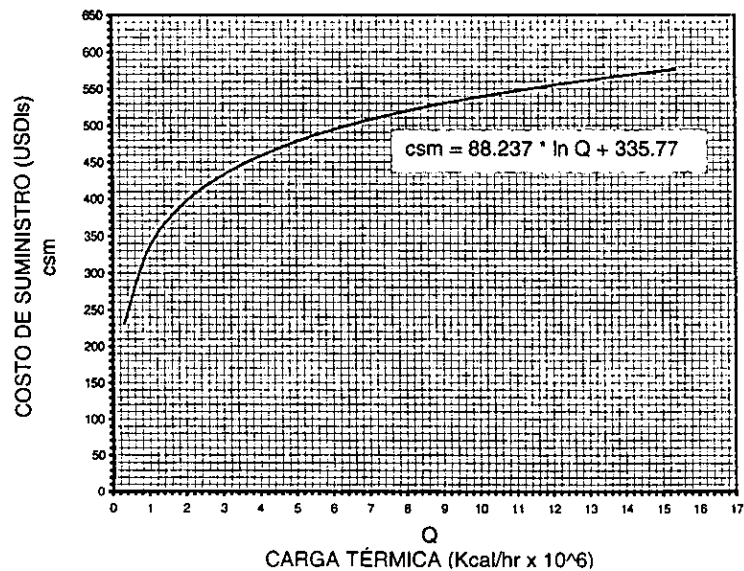
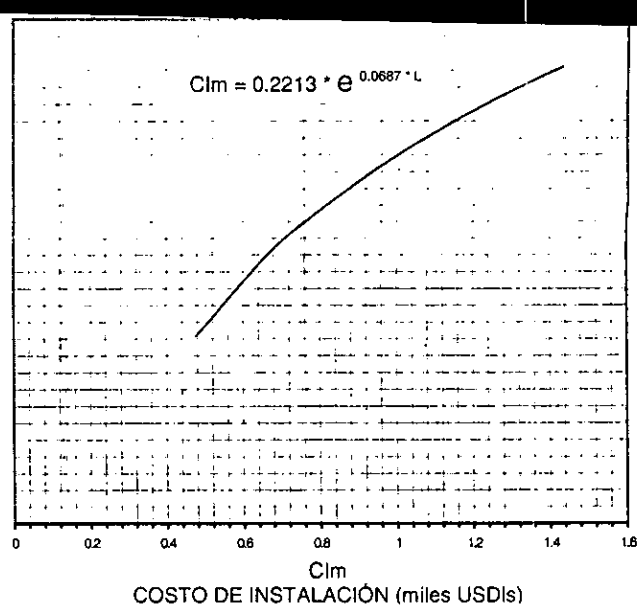
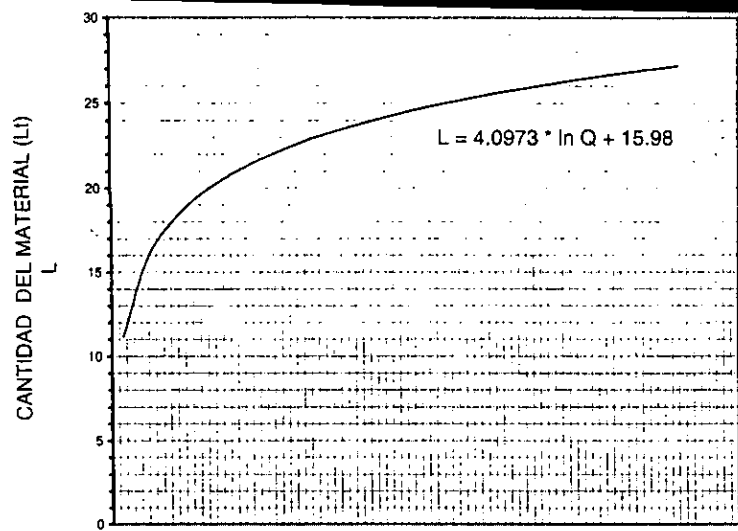


FIGURA VIII.9.6  
 HORNOS VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E  
 INSTALACIÓN DE PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 0.4 x 10<sup>6</sup> – 15.2 x 10<sup>6</sup> Kcal/hr

FIGURA VIII.9.7

HORNOS VERTICALES

VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO:  $0.4 \times 10^6 - 15.2 \times 10^6$  Kcal/hr

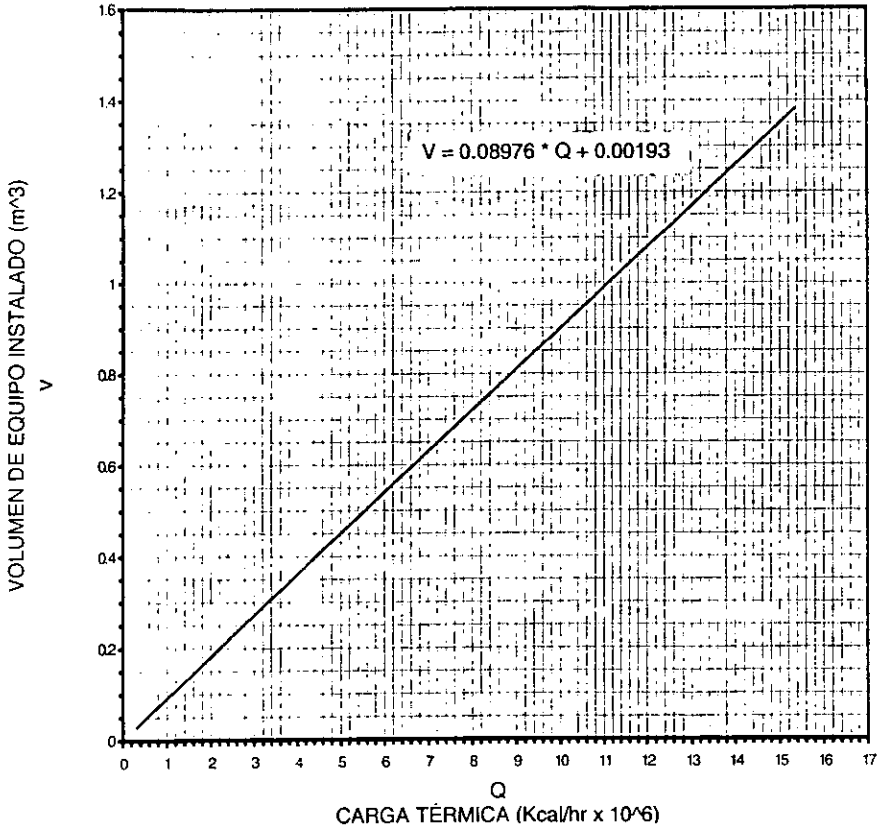


TABLA VIII.9.1 HORNOS VERTICALES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (TUBOS)	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN
ACERO AL CARBÓN	1.000
ACERO AL CARBÓN SA-209 A	1.120
ACERO AL CARBÓN SA-209 B	1.120
ACERO AL CARBÓN SA-209	1.131
ACERO AL CARBÓN SA-213 A	1.157
ACERO AL CARBÓN SA-213 B	1.172
ACERO AL CARBÓN SA-213 C	1.173
ACERO AL CARBÓN SA-199 C	1.179
ACERO AL CARBÓN SA-199 D	1.258
ACERO AL CARBÓN SA-213 D	1.259
ACERO AL CARBÓN SA-213 E	1.291
ACERO AL CARBÓN SA-199 E	1.292
ACERO AL CARBÓN SA-213 F	1.304
ACERO AL CARBÓN SA-199 F	1.309
ACERO INOXIDABLE SS-304 W	1.384
ACERO INOXIDABLE SS-316 W	1.390
ACERO INOXIDABLE SS-316 LW	1.397
ACERO INOXIDABLE SS-304 S	1.735
ACERO INOXIDABLE SS-316 S	1.846
ACERO INOXIDABLE SS-316 LS	1.920

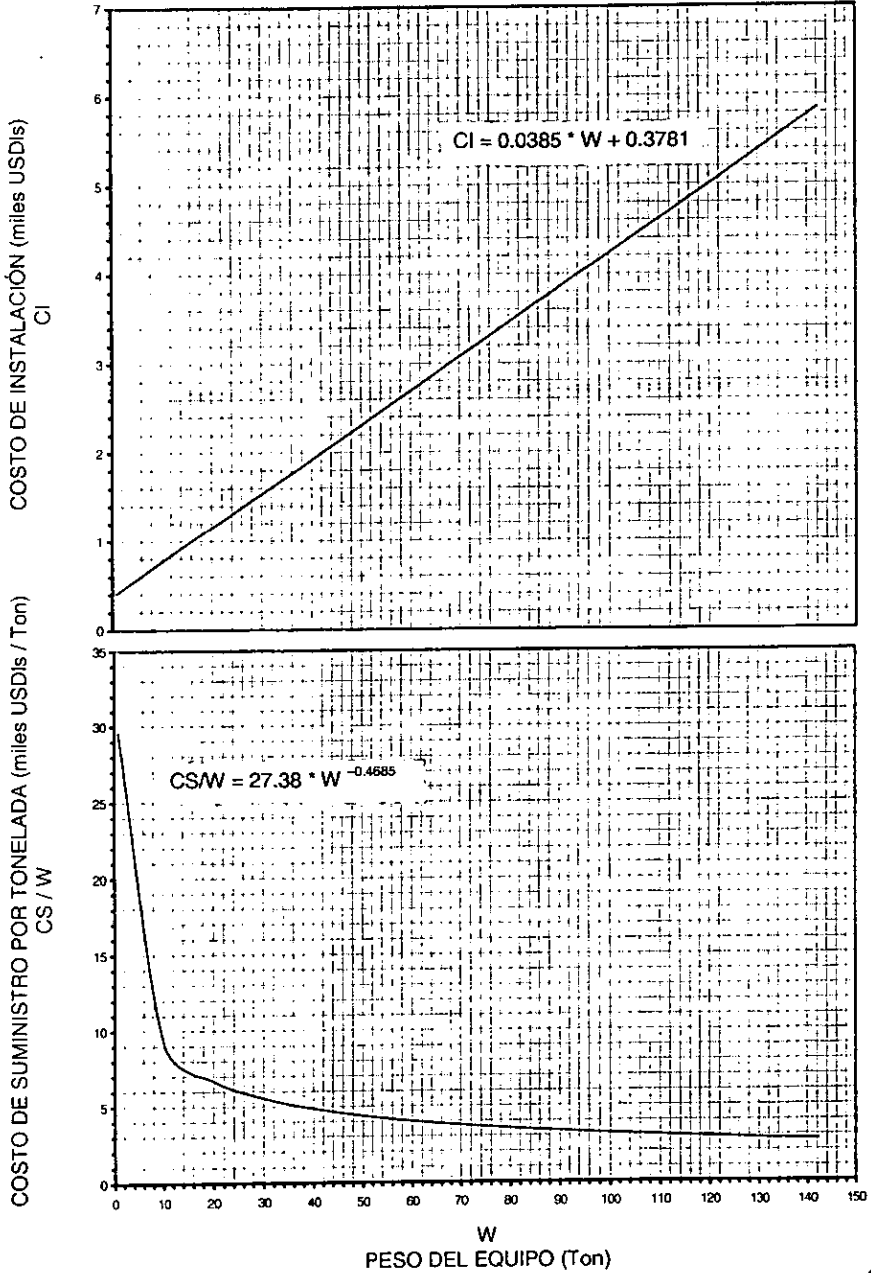
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (TUBOS)	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-199 C	1.25 Cr, 0.5 Mo, Si
ACERO AL CARBÓN SA-199 D	2.25 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-199 E	3 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-199 F	5 Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209 A	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-209 B	C, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 A	0.5 Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 B	Cr, 0.5 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 C	1.25 Cr, 0.5 Mo, Si
ACERO AL CARBÓN SA-213 D	2.25 Cr, Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 E	3 Cr, 0.9 Mo
ACERO AL CARBÓN SA-213 F	5 Cr, 0.5 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 S	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 W	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-304 S	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-304 W	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316 LS	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-316 LW	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo

FIGURA VIII.10.1

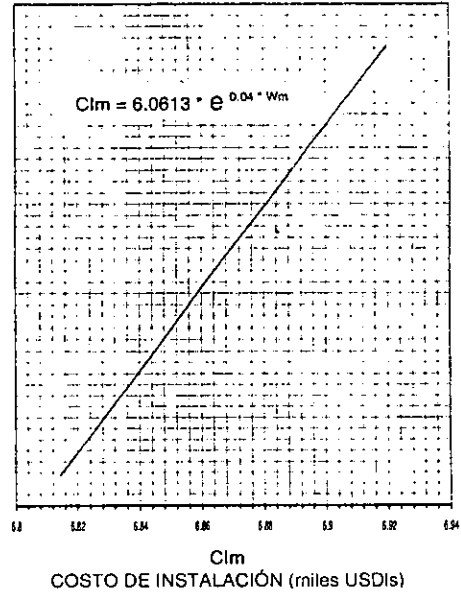
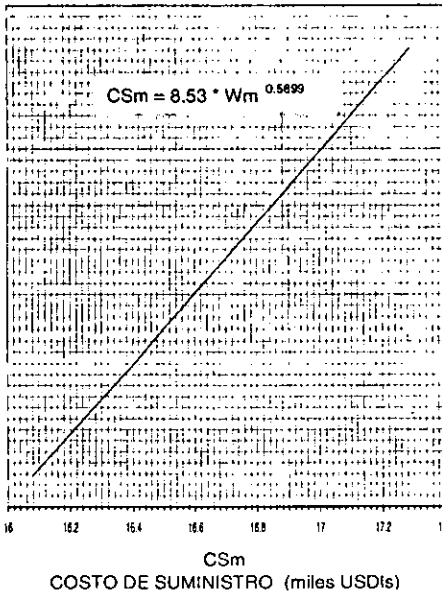
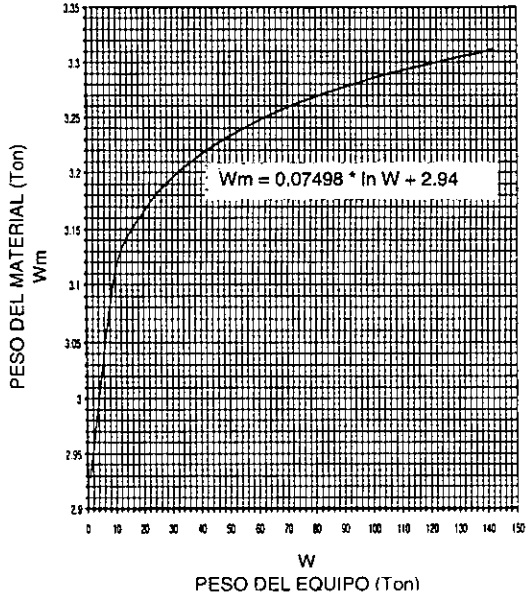
RECIPIENTES HORIZONTALES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 1 - 140 Ton



**FIGURA VIII.10.2**  
**RECIPIENTES HORIZONTALES**  
**COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE**  
**TUBERÍA**  
**(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)**  
**MATERIAL: SA - 516 70**  
**RANGO: 1 - 140 Ton**



**FIGURA VIII.10.3**  
**RECIPIENTES HORIZONTALES**  
**COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE**  
**CONCRETO**  
**(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)**  
  
**MATERIAL: SA - 516 70**  
**RANGO: 1 - 140 Ton**

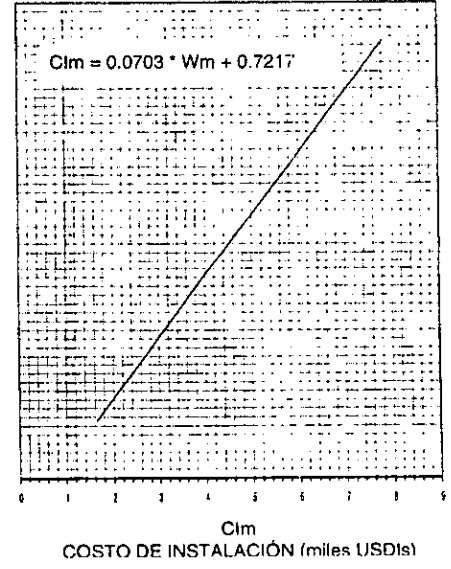
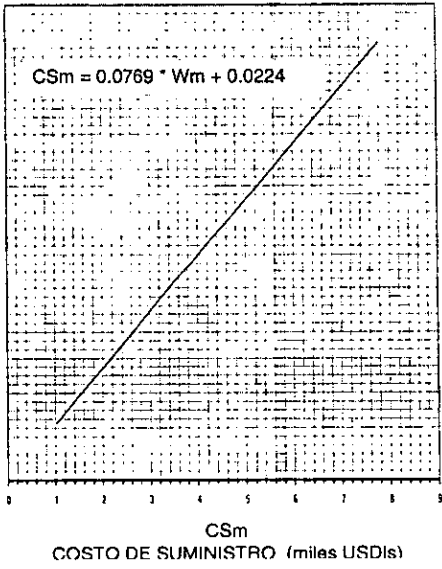
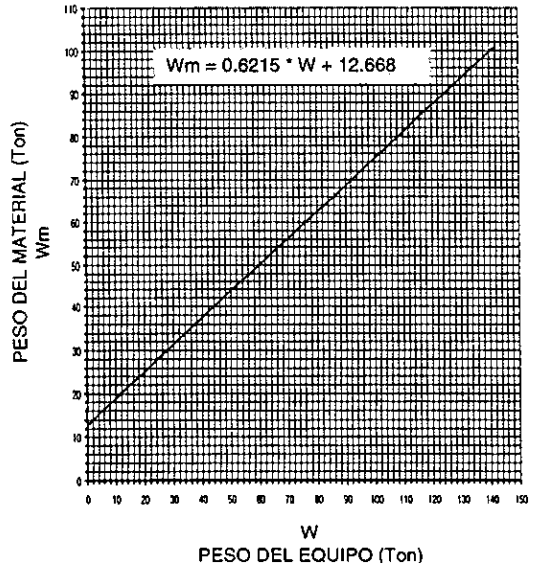




FIGURA VIII.10.4

RECIPIENTES HORIZONTALES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 1 - 140 Ton

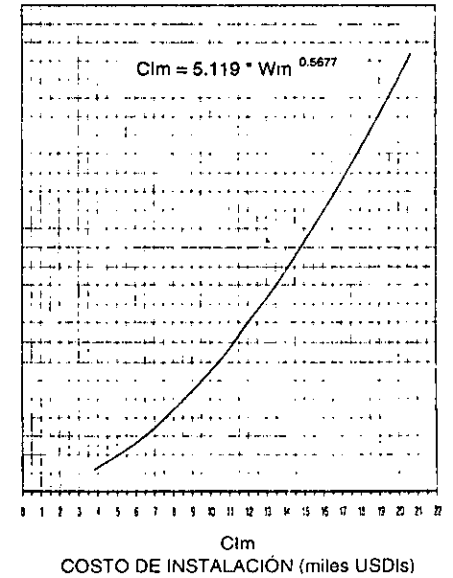
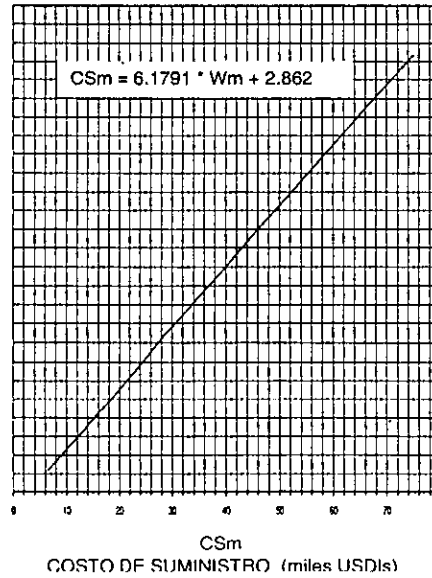
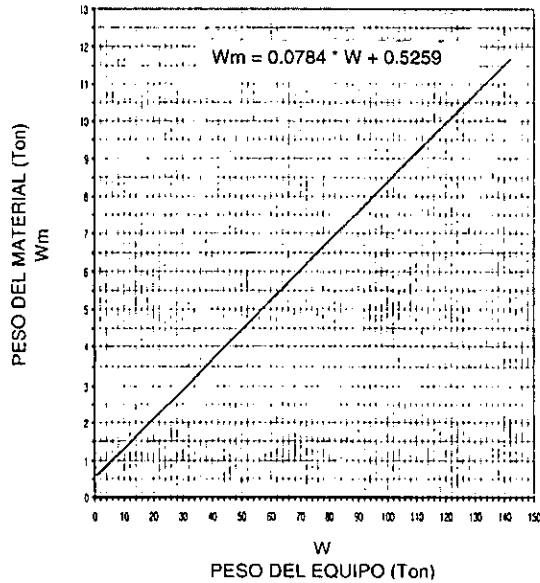


FIGURA VIII.10.5  
 RECIPIENTES HORIZONTALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO: 1 - 140 Ton

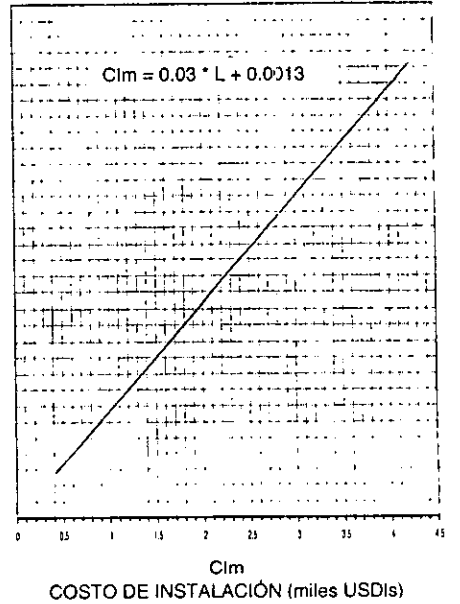
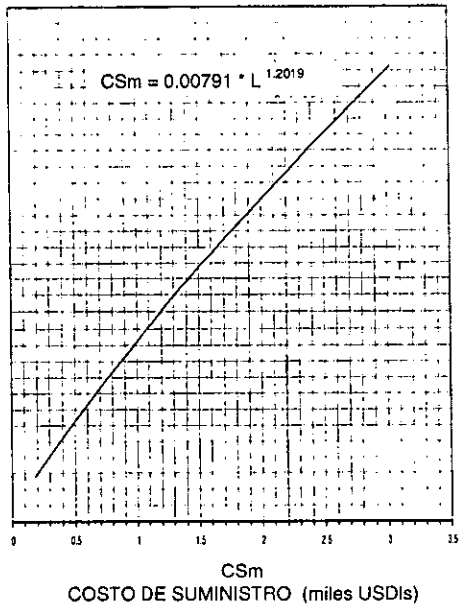
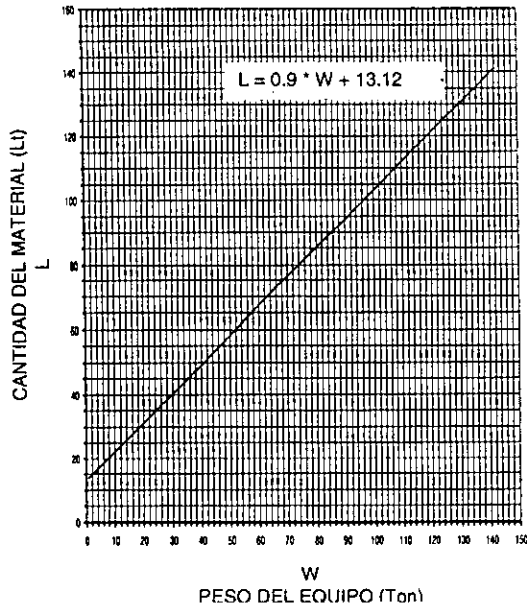


FIGURA VIII.10.6  
RECIPIENTES HORIZONTALES  
VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO  
MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 10 - 140 Ton

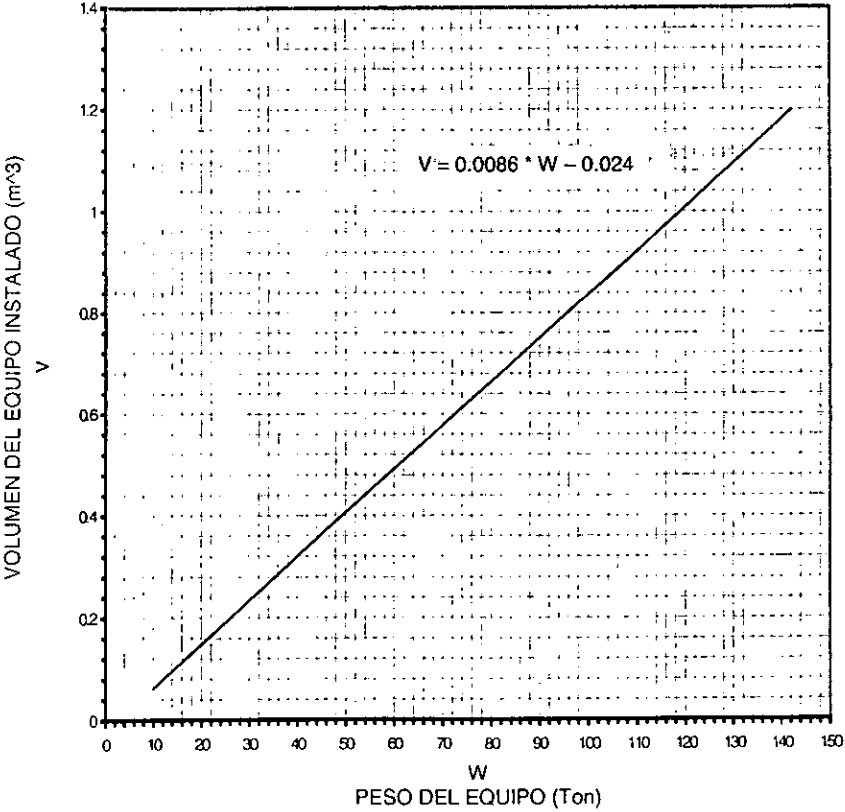


TABLA VIII.10.1 RECIPIENTES HORIZONTALES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-516 70
BASE	RECUBRIMIENTO (CLAD)	
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	-----	1.000
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-410	1.542
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.567
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-316	1.568
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	MONEL	3.141
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	INCONEL	3.149

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-516 70
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.000
ACERO INOXIDABLE SS-304	1.568
ACERO INOXIDABLE SS-316	1.625
ACERO INOXIDABLE SS-410	1.727
MONEL	3.235
HASTELLOY	4.408

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	C, Si
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-410	13 Cr
MONEL	Ni, Cu
HASTELLOY	Ni, Mo
INCONEL	Ni, Cu, Fe

FIGURA VIII.11.2  
 RECIPIENTES VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
 TUBERÍA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO : 1 - 120 Ton

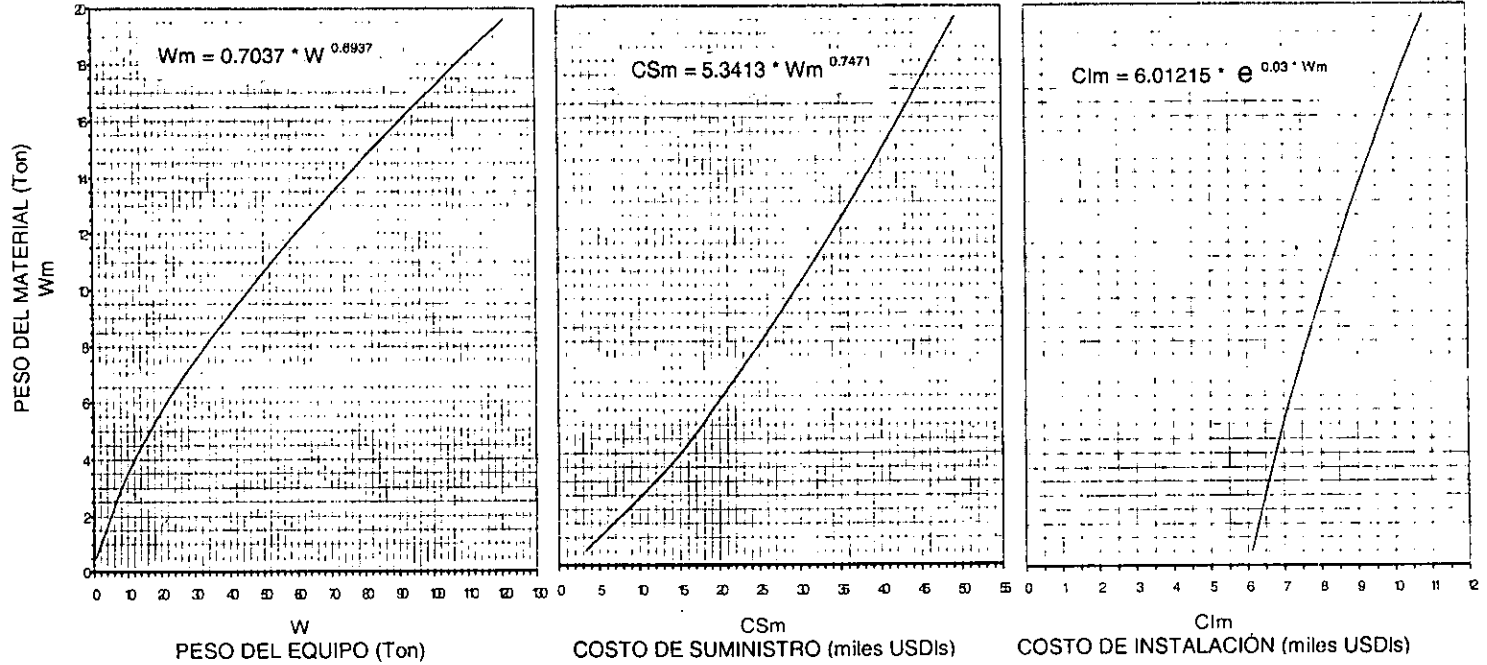


FIGURA VIII.11.3  
 RECIPIENTES VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
 CONCRETO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO : 1 - 120 Ton

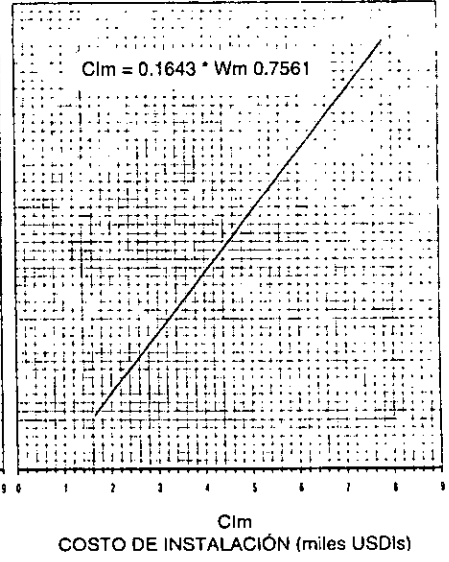
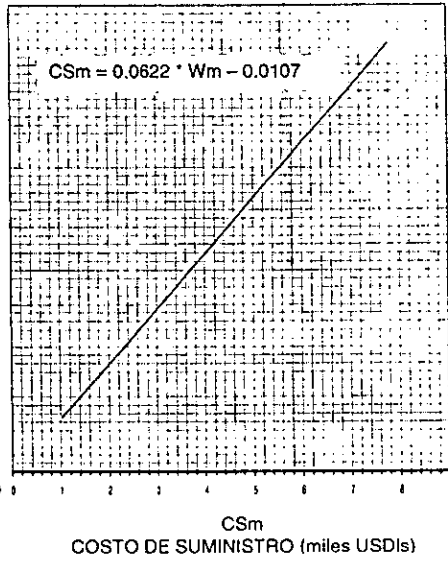
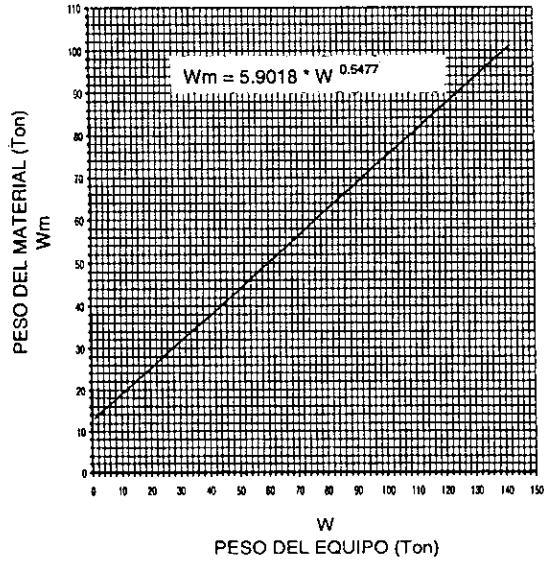


FIGURA VIII.11.4

RECIPIENTES VERTICALES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
ACERO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO : 1 - 120 Ton

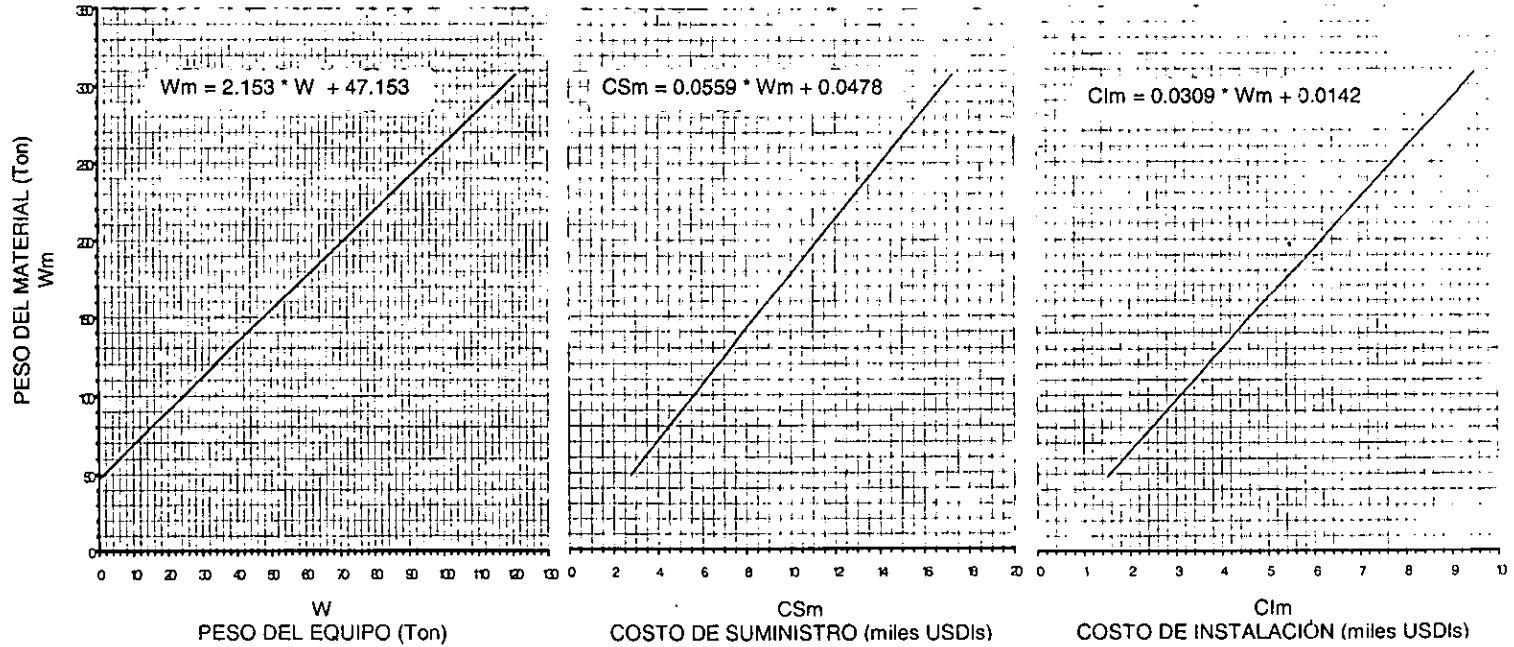


FIGURA VIII.11.5  
 RECIPIENTES VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACION DE  
 MATERIAL ELECTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO : 1 - 120 Ton

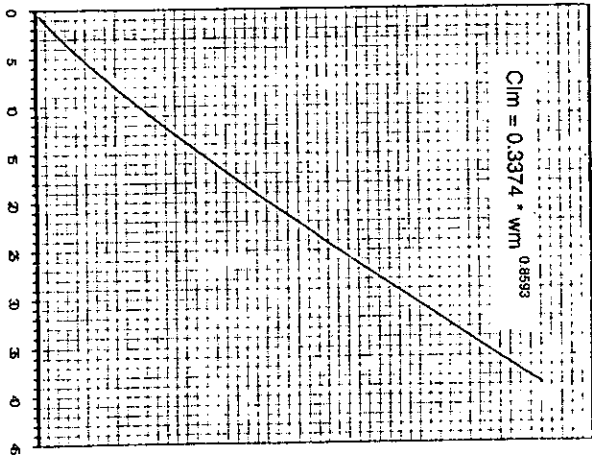
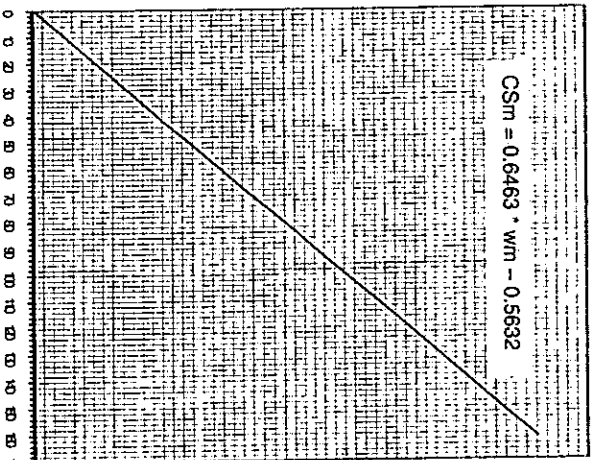
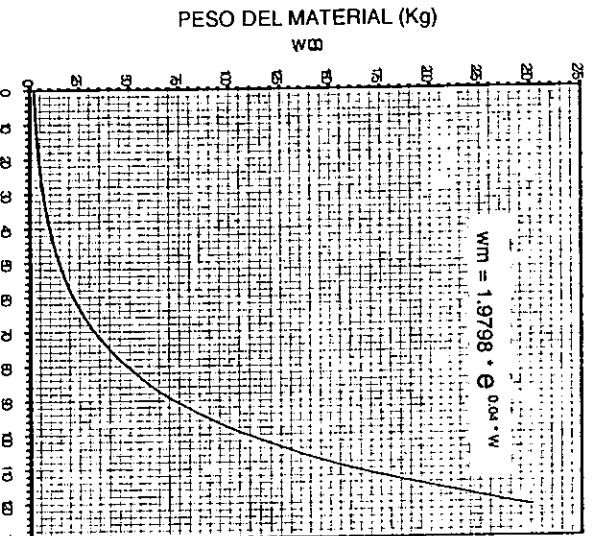




FIGURA VIII.11.6  
 RECIPIENTES VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO : 1 - 120 Ton

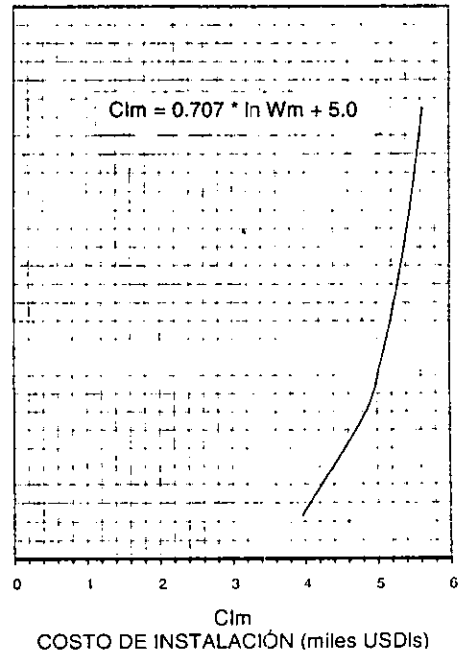
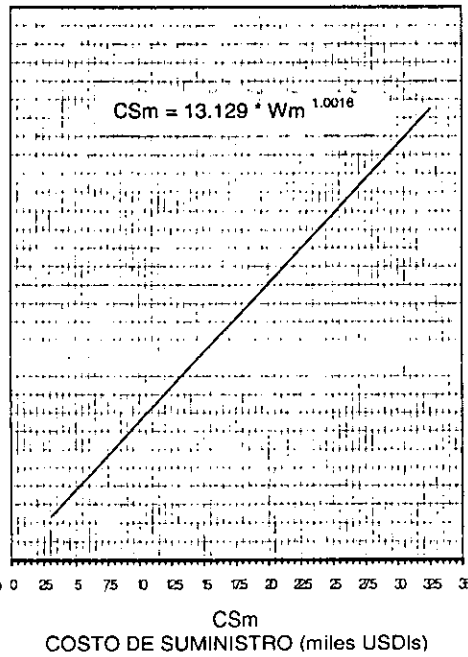
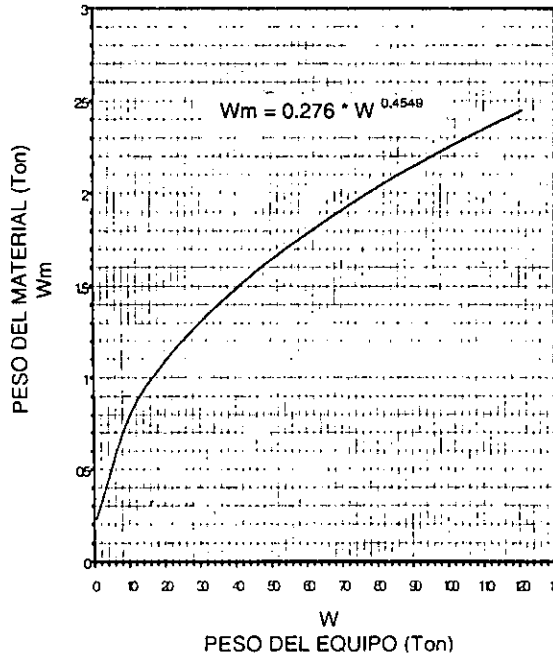


FIGURA VIII.11.7  
 RECIPIENTES VERTICALES  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
 PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: SA - 516 70  
 RANGO: 1 - 120 Ton

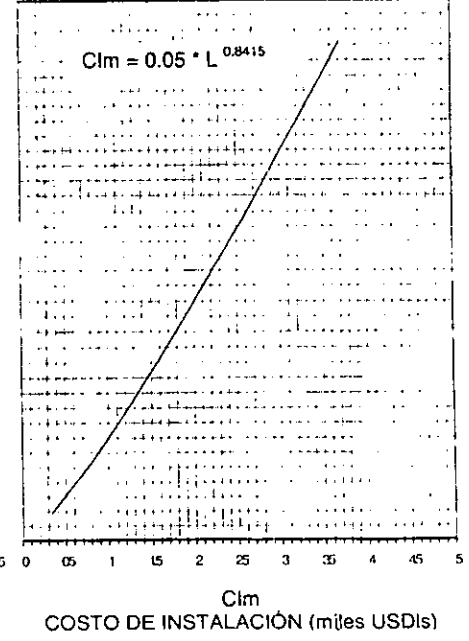
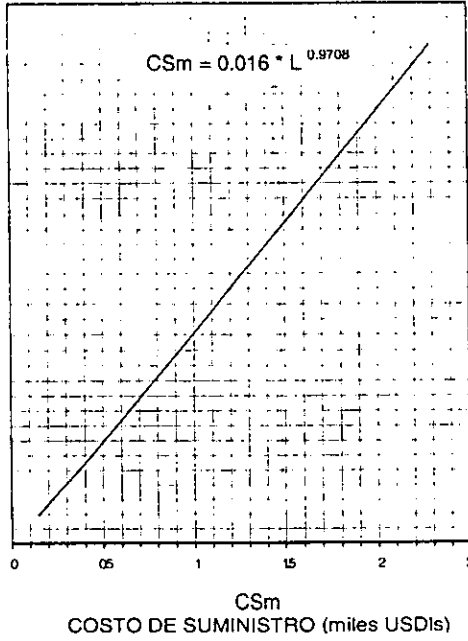
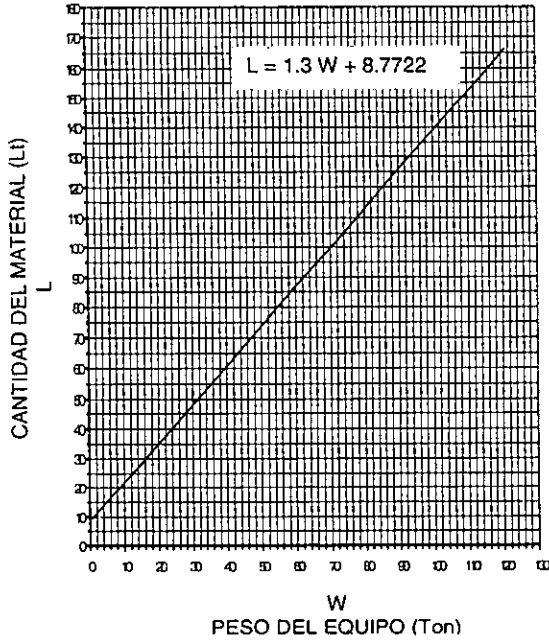


FIGURA VIII.11.8  
RECIPIENTES VERTICALES  
VOLUMEN DE EQUIPO INSTALADO  
MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 1 - 120 Ton

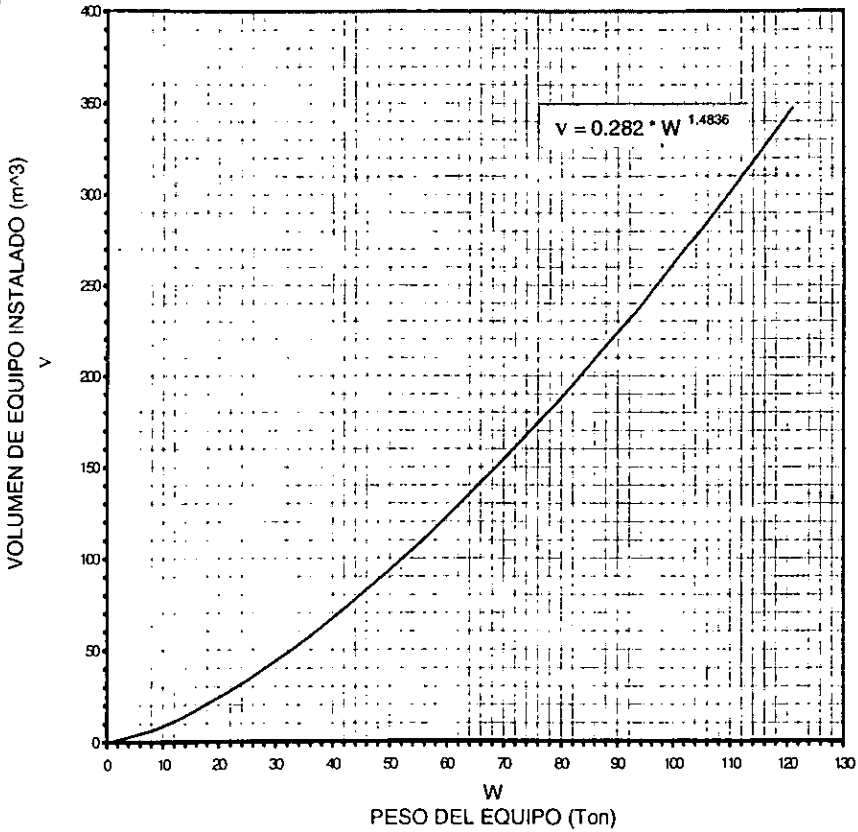


TABLA VIII.11.1 RECIPIENTES VERTICALES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-516 70
BASE	RECUBRIMIENTO (CLAD)	
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	-----	1.000
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-410	1.321
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.330
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-316	1.411
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	INCONEL	2.229
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	MONEL	2.667

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-516 70
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	1.000
ACERO INOXIDABLE SS-304	1.418
ACERO INOXIDABLE SS-316	1.418
ACERO INOXIDABLE SS-410	1.472
MONEL	2.667
HASTELLOY	3.567

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	C, Si
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr, 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	16 Cr, 12 Ni, 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-410	13 Cr
MONEL	Ni, Cu
HASTELLOY	Ni, Mo
INCONEL	Ni, Cu, Fe

FIGURA VIII.12.1

TANQUES ATMOSFÉRICOS

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 1 – 200 Ton  
TECHO: CÓNICO

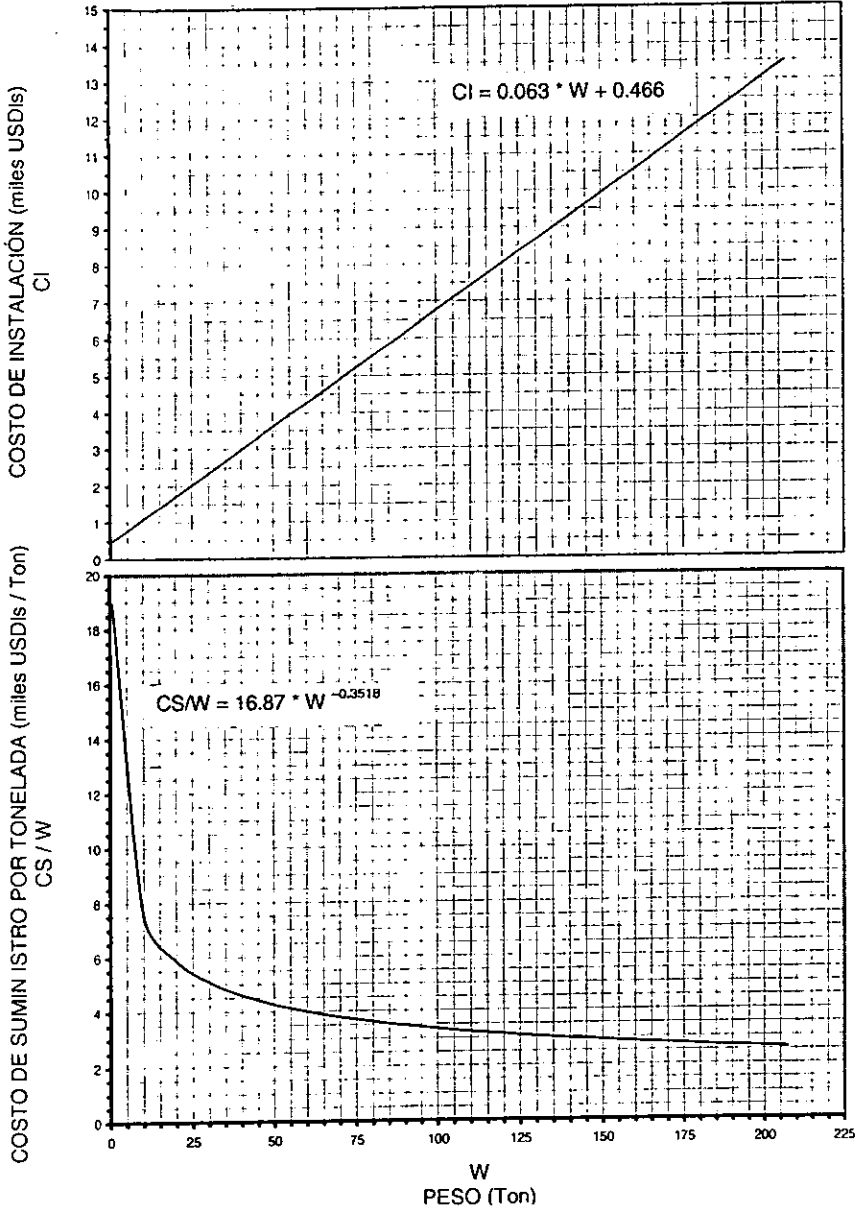


FIGURA VIII.12.2

TANQUES ATMOSFÉRICOS

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
TUBERÍA

(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)

RANGO: 1 - 200 Ton

TECHO: CÓNICO

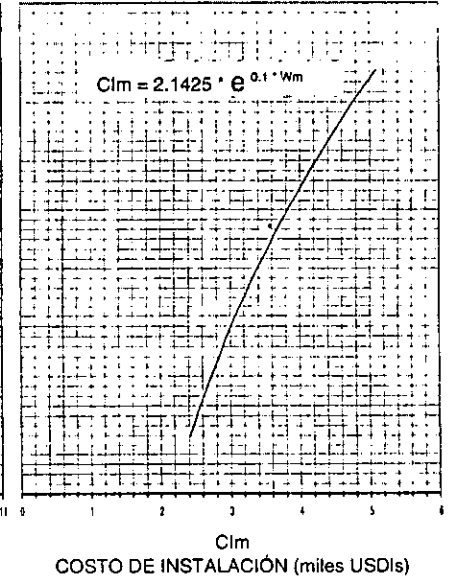
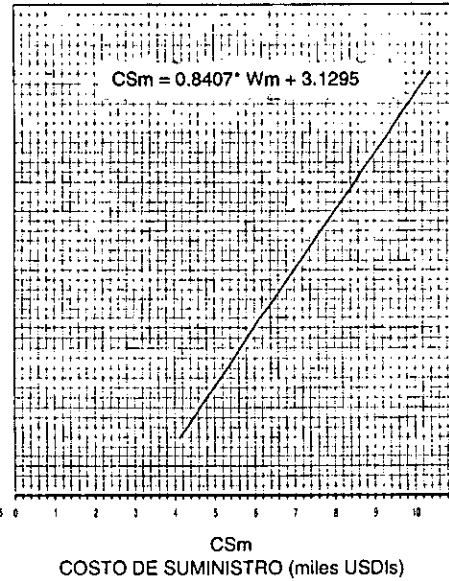
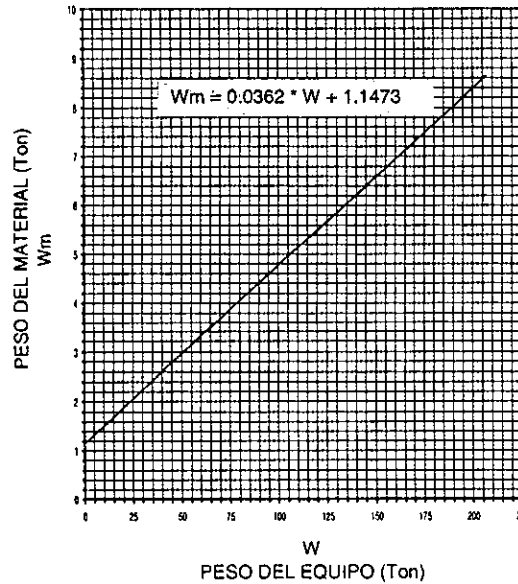


FIGURA VIII.12.3

TANQUES ATMOSFÉRICOS

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 1 - 200 Ton  
TECHO: CÓNICO

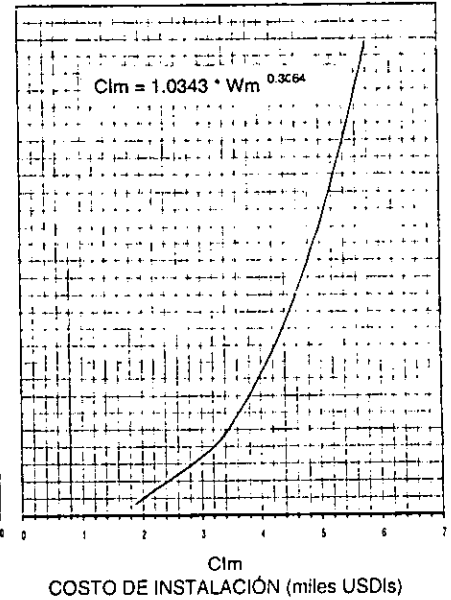
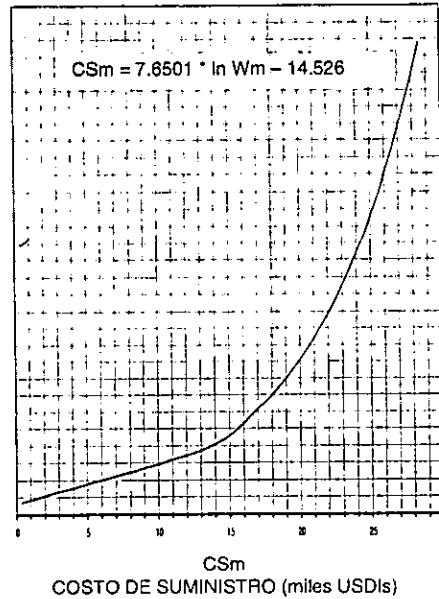
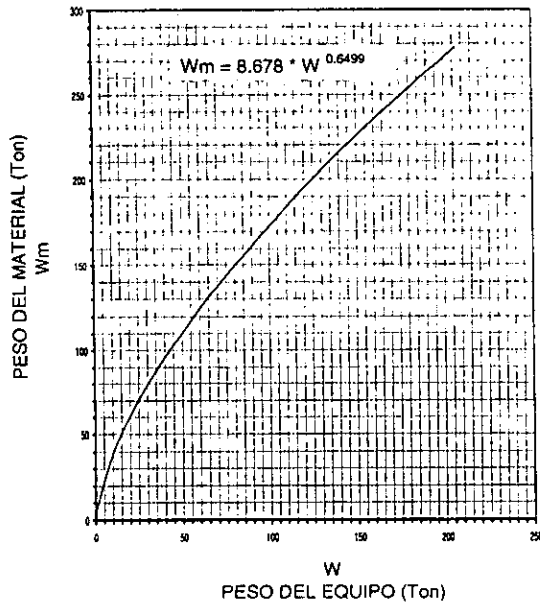


FIGURA VIII.12.4

TANQUES ATMOSFÉRICOS

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
ACERO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
RANGO: 1 - 200 Ton  
TECHO: CÓNICO

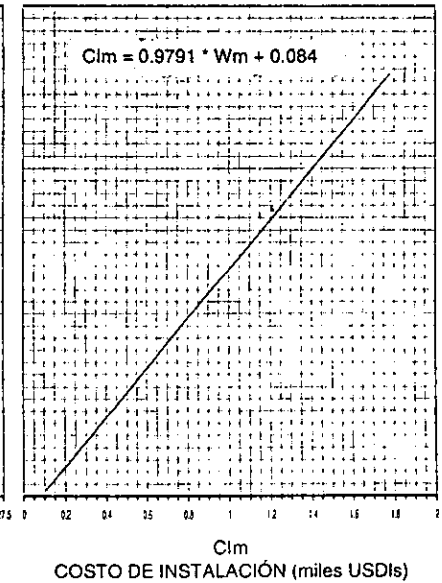
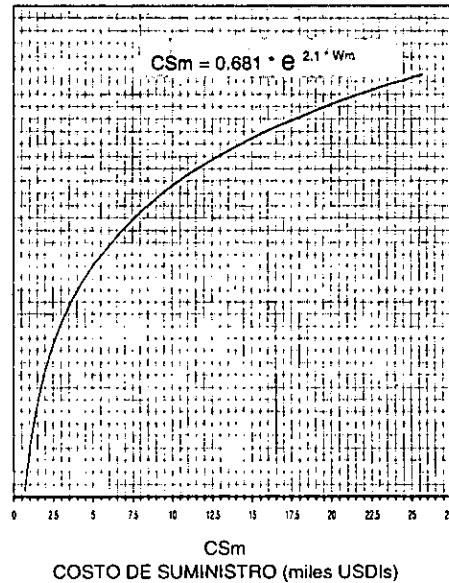
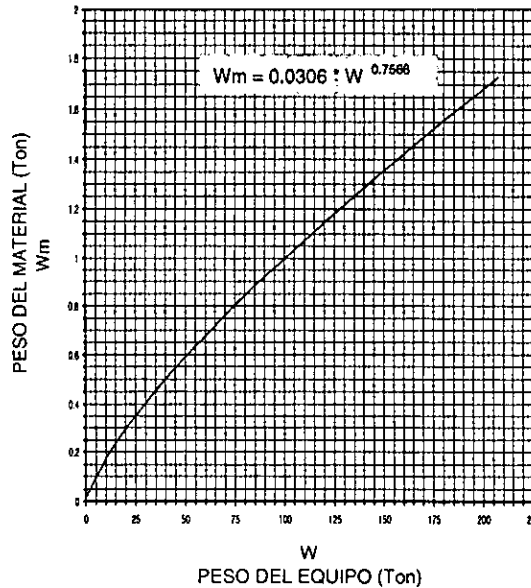




FIGURA VIII.12.5  
 TANQUES ATMOSFÉRICOS  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
 MATERIAL ELÉCTRICO  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1- 200 Ton  
 TECHO: CÓNICO

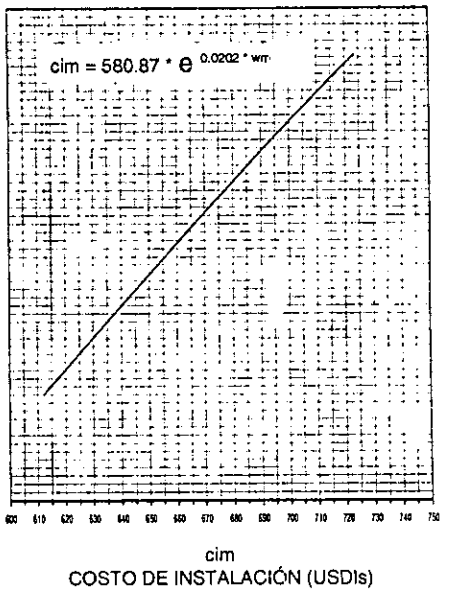
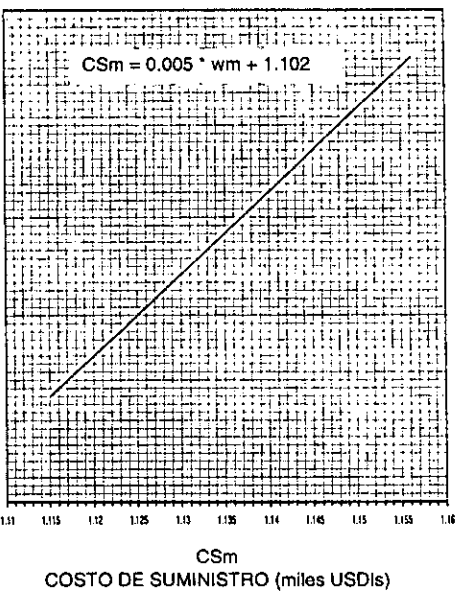
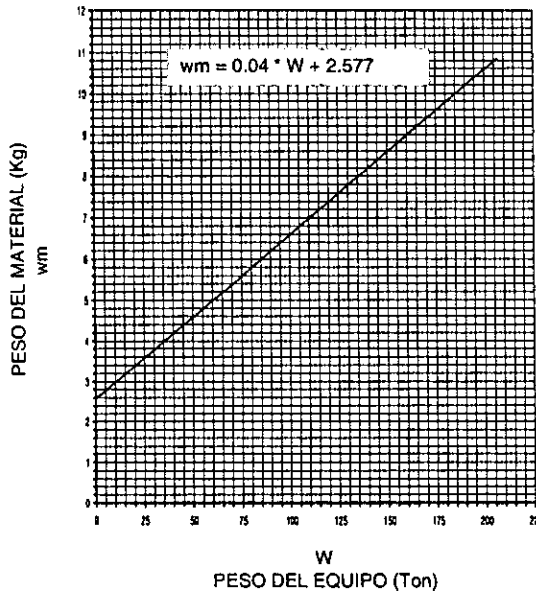


FIGURA VIII.12.6  
 TANQUES ATMOSFÉRICOS  
 COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
 PINTURA  
 (FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)  
 MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)  
 RANGO: 1 - 200 Ton  
 TECHO: CÓNICO

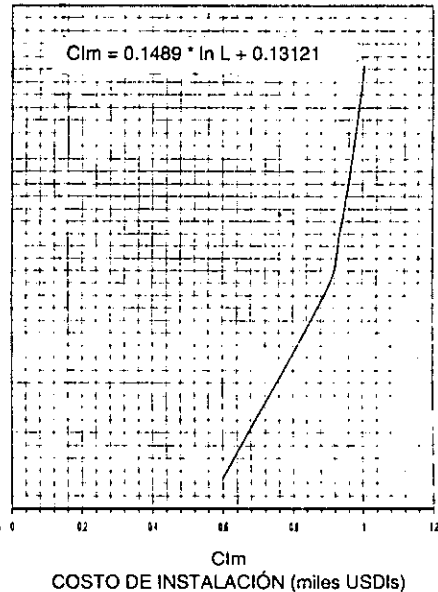
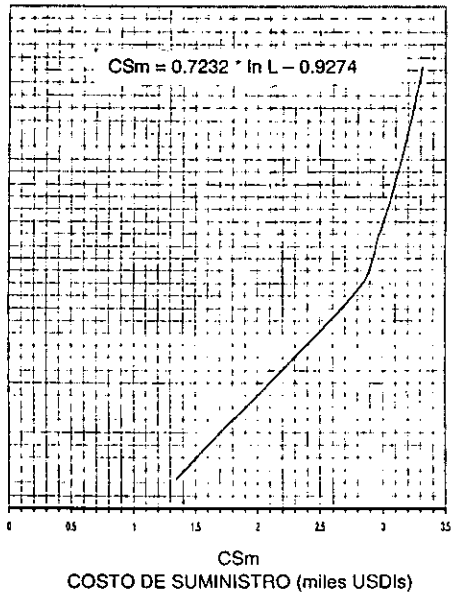
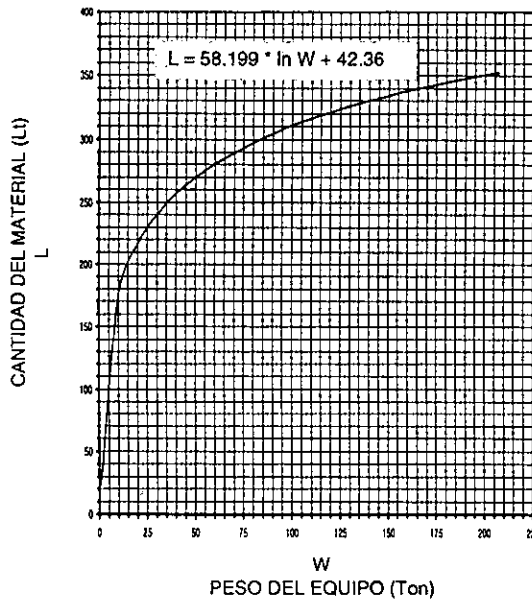


FIGURA VIII.12.7

TANQUES ATMOSFÉRICOS

VOLUMEN DEL EQUIPO INSTALADO

MATERIAL: ACERO AL CARBÓN (CS)

RANGO: 1 - 200 Ton

TECHO: CÓNICO

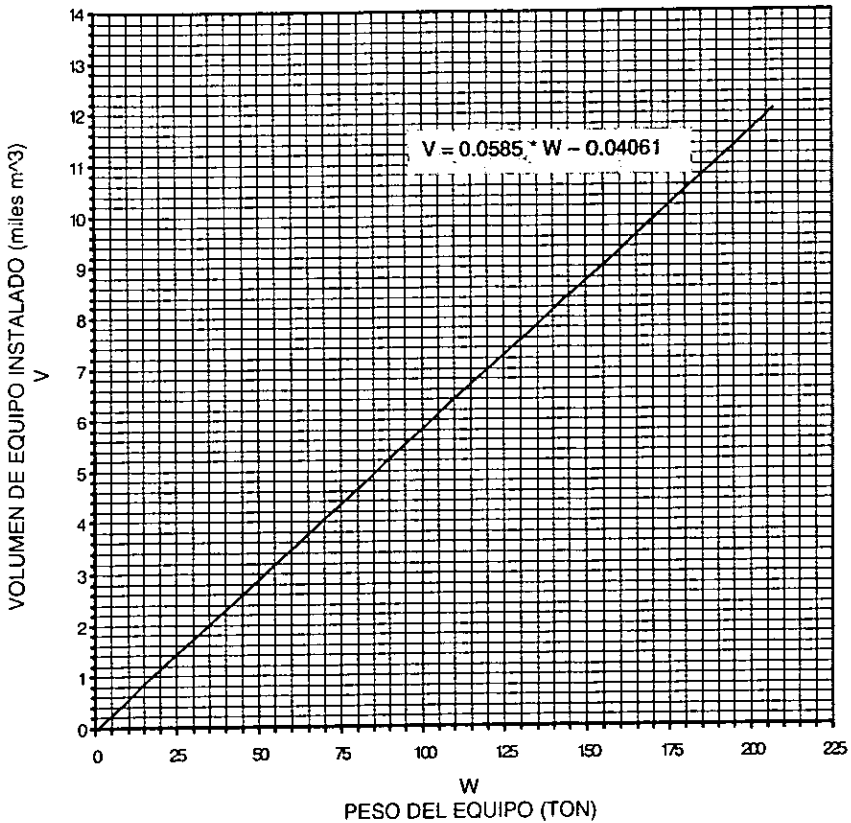


FIGURA VIII.13.1

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA-516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

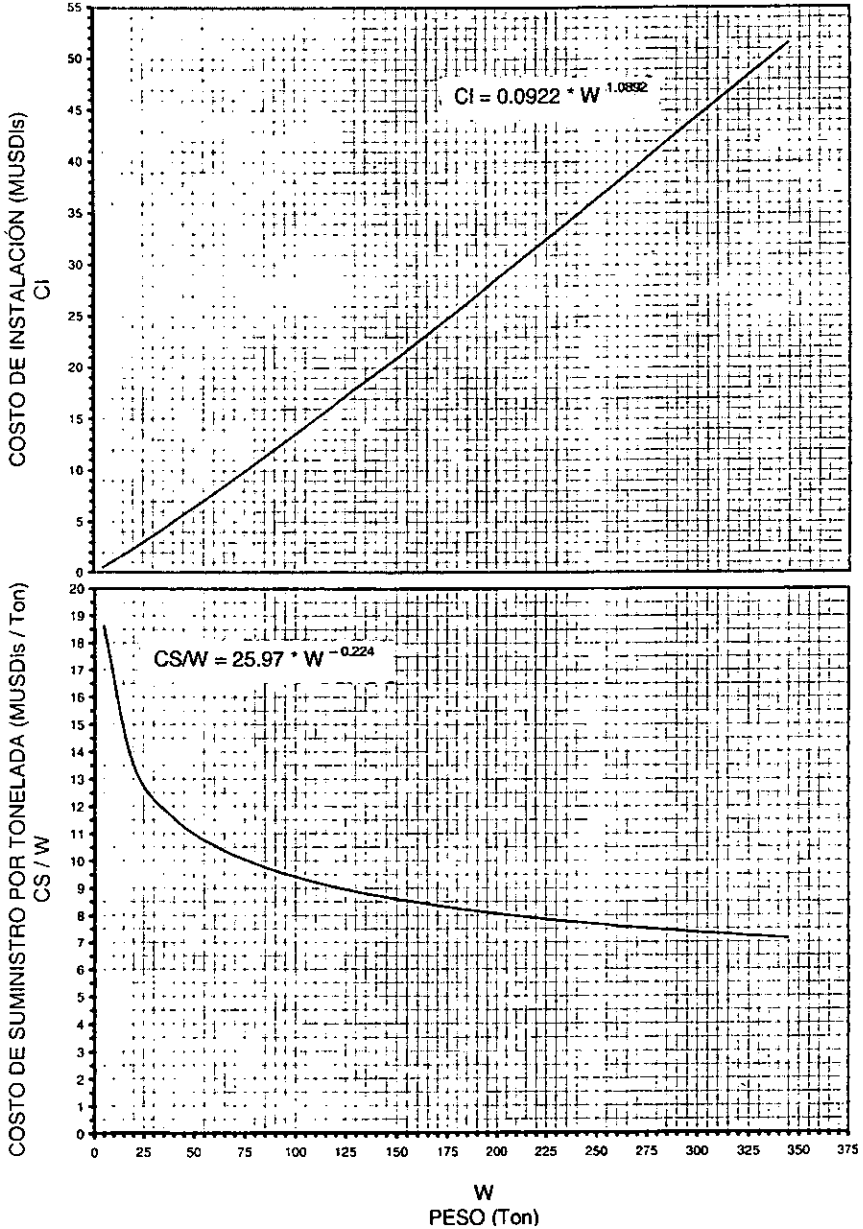


FIGURA VIII.13.2

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
TUBERÍA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

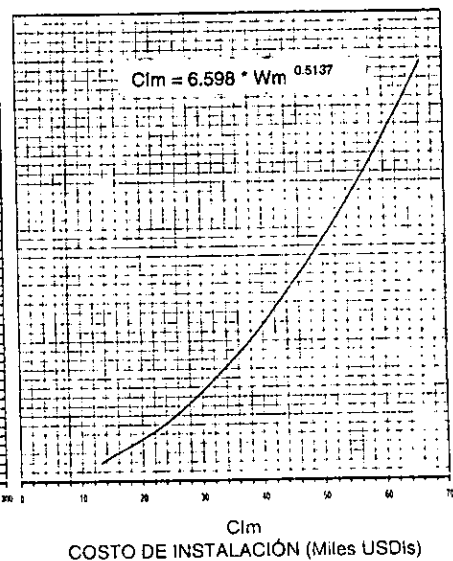
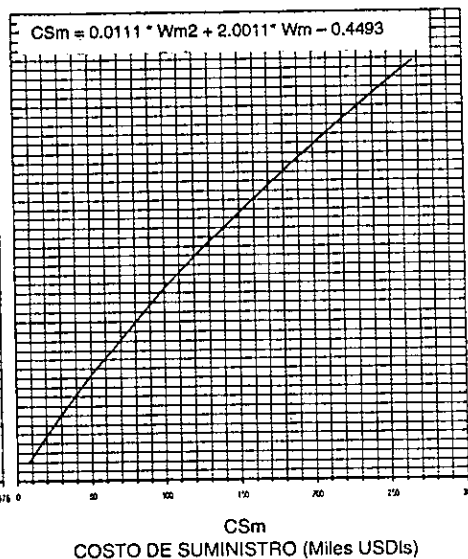
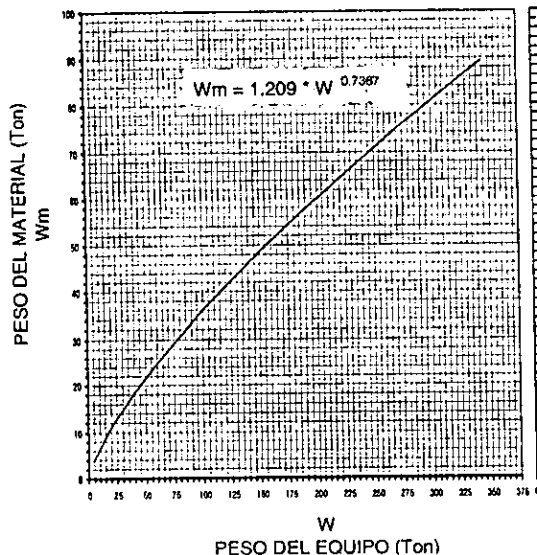


FIGURA VIII.13.3

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
CONCRETO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

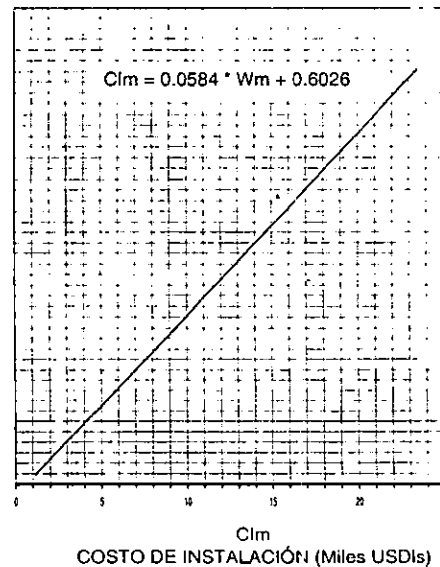
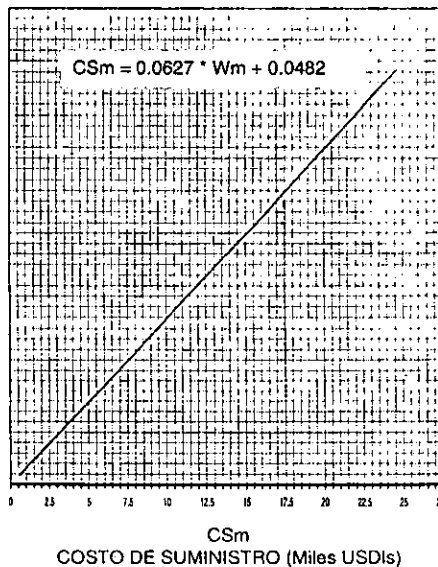
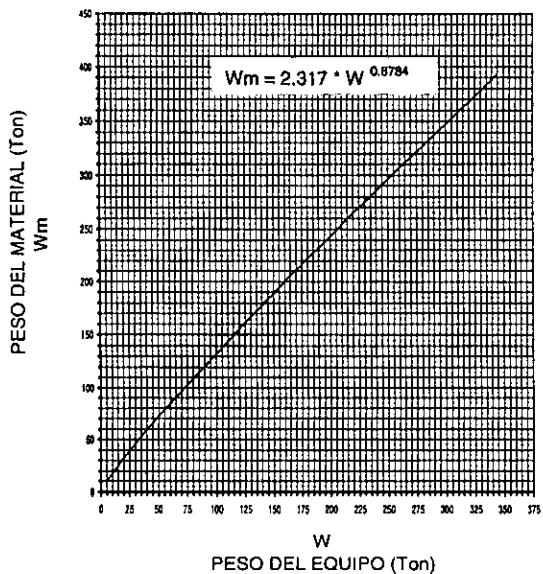


FIGURA VIII.13.4

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
ACERO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

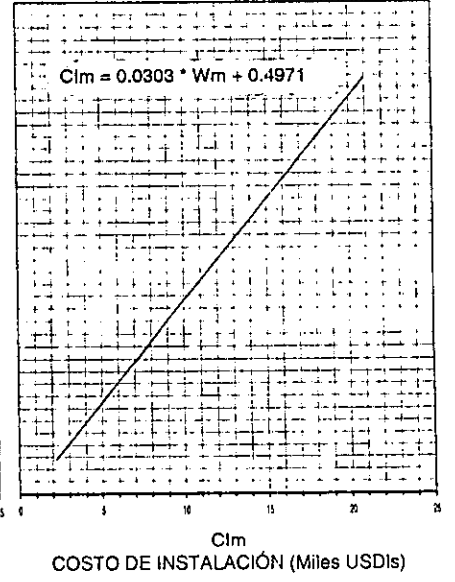
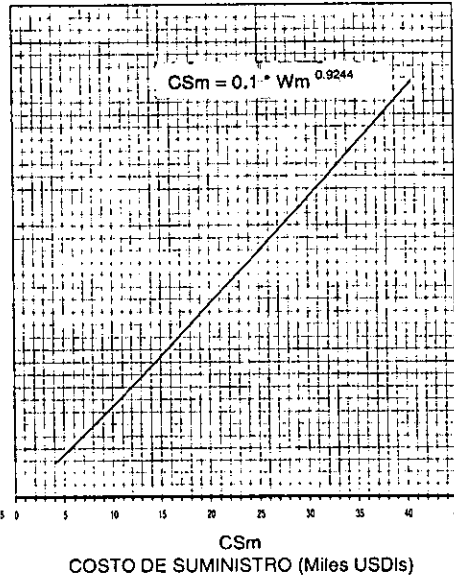
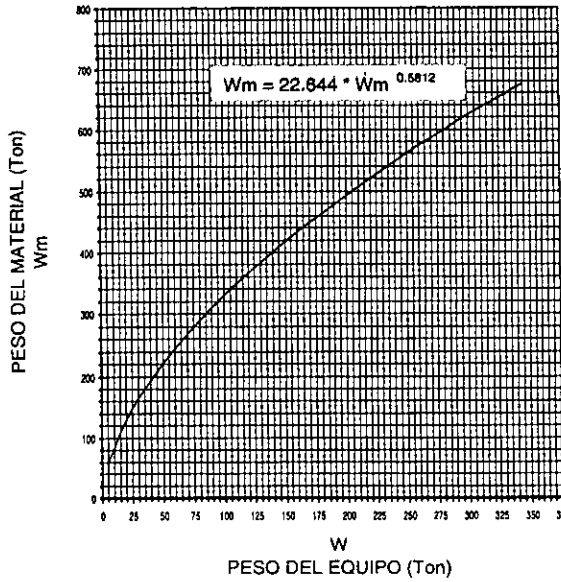


FIGURA VIII.13.5

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
MATERIAL ELÉCTRICO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

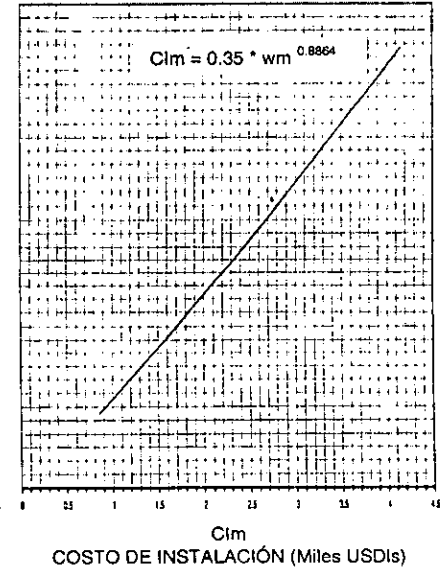
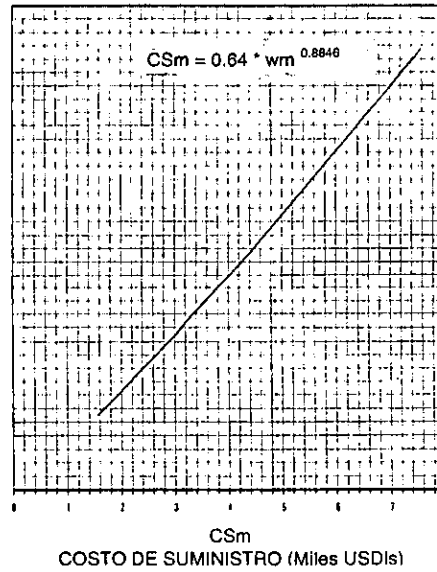
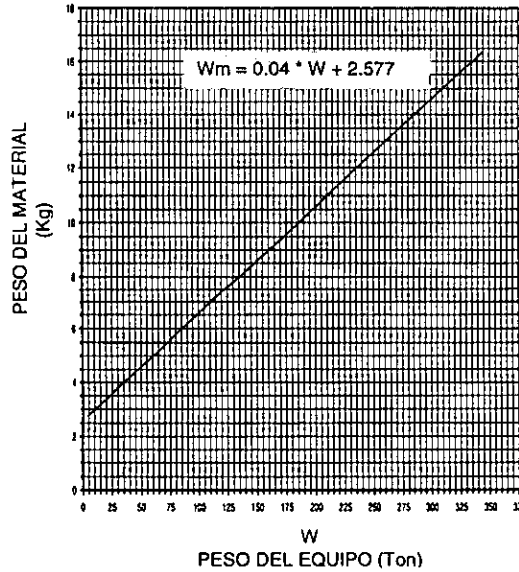




FIGURA VIII.13.6

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
AISLAMIENTO  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

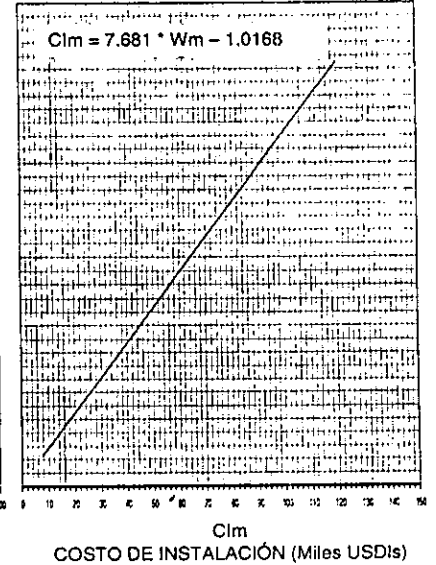
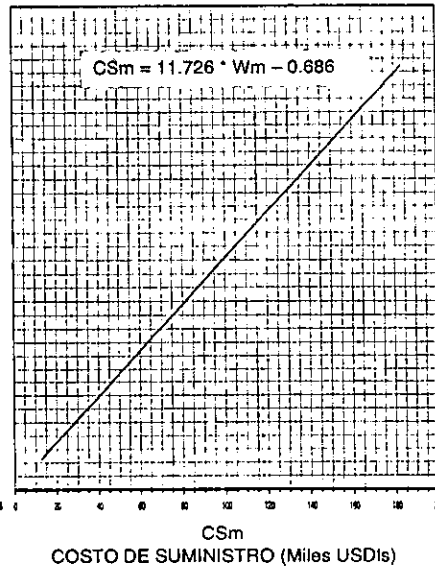
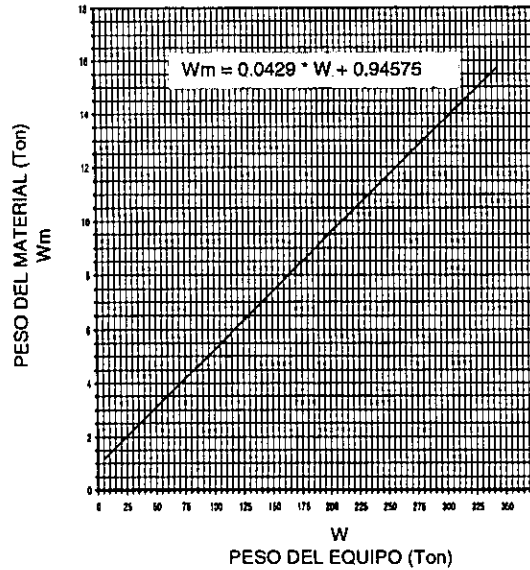


FIGURA VIII.13.7

TORRES

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE  
PINTURA  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

MATERIAL: SA - 516 70

RANGO: 5 - 340 Ton

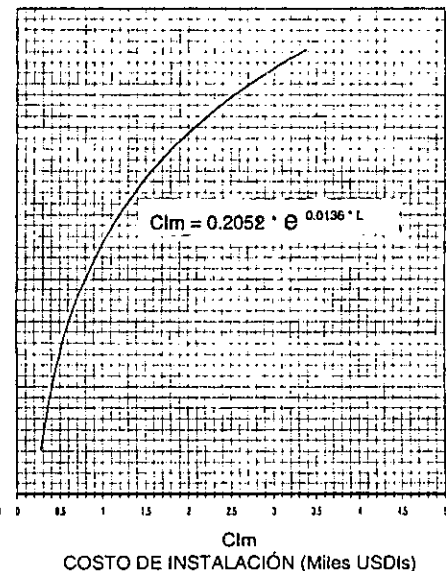
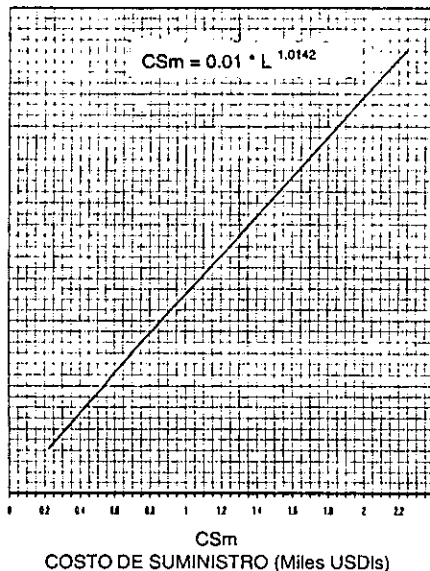
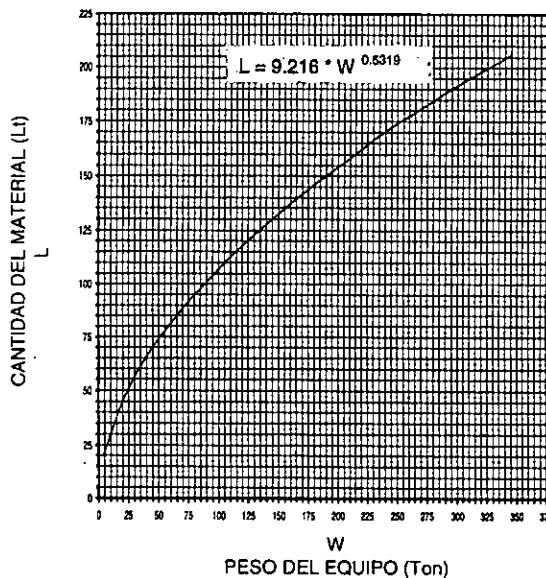


FIGURA VIII.13.8  
TORRES  
VOLUMEN DEL EQUIPO INSTALADO  
MATERIAL: SA-516 70  
RANGO: 5 - 340 Ton

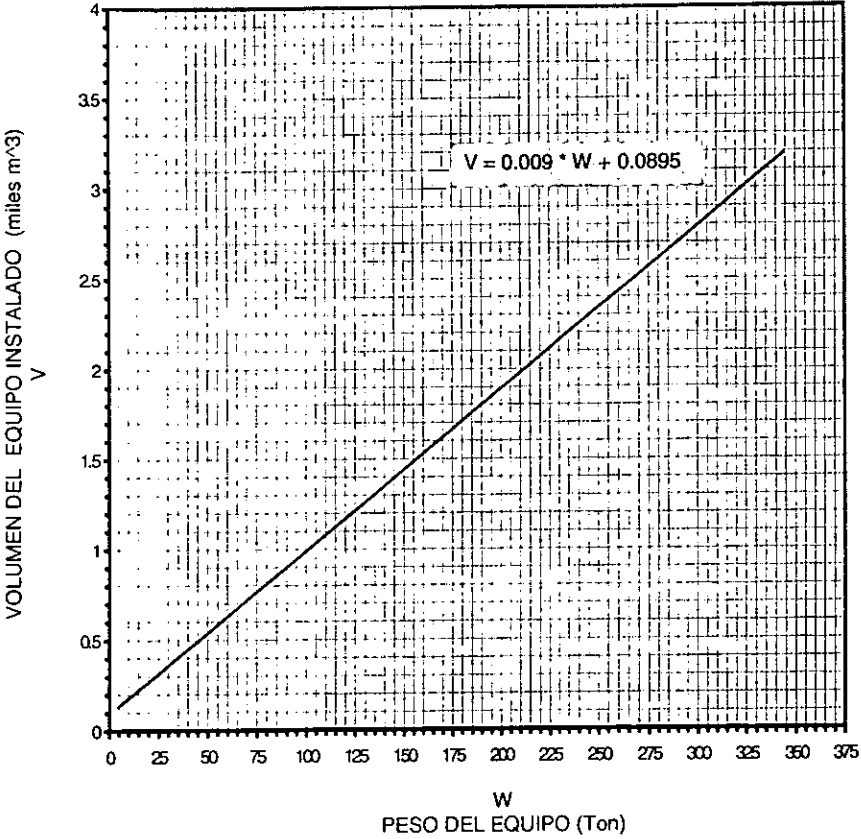


TABLA VIII.13.1 TORRES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN SA-516 70
BASE	RECUBRIMIENTO (CLAD)	
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	-----	1.000
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-410	1.392
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-304	1.420
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	ACERO INOXIDABLE SS-316	1.518
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	MONEL	2.668
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	INCONEL	2.672

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO AL CARBÓN SA-516 70	C , Si
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr , 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	16 Cr , 12 Ni , 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-410	13 Cr
MONEL	Ni , Cu
INCONEL	Ni , Cu , Fe

FIGURA VIII.14.1

INTERNOS DE TORRES (EMPAQUE)

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO: ANILLOS RASCHIG  
MATERIAL: ACERO AL CARBÓN  
RANGO: 1 – 230 Ton

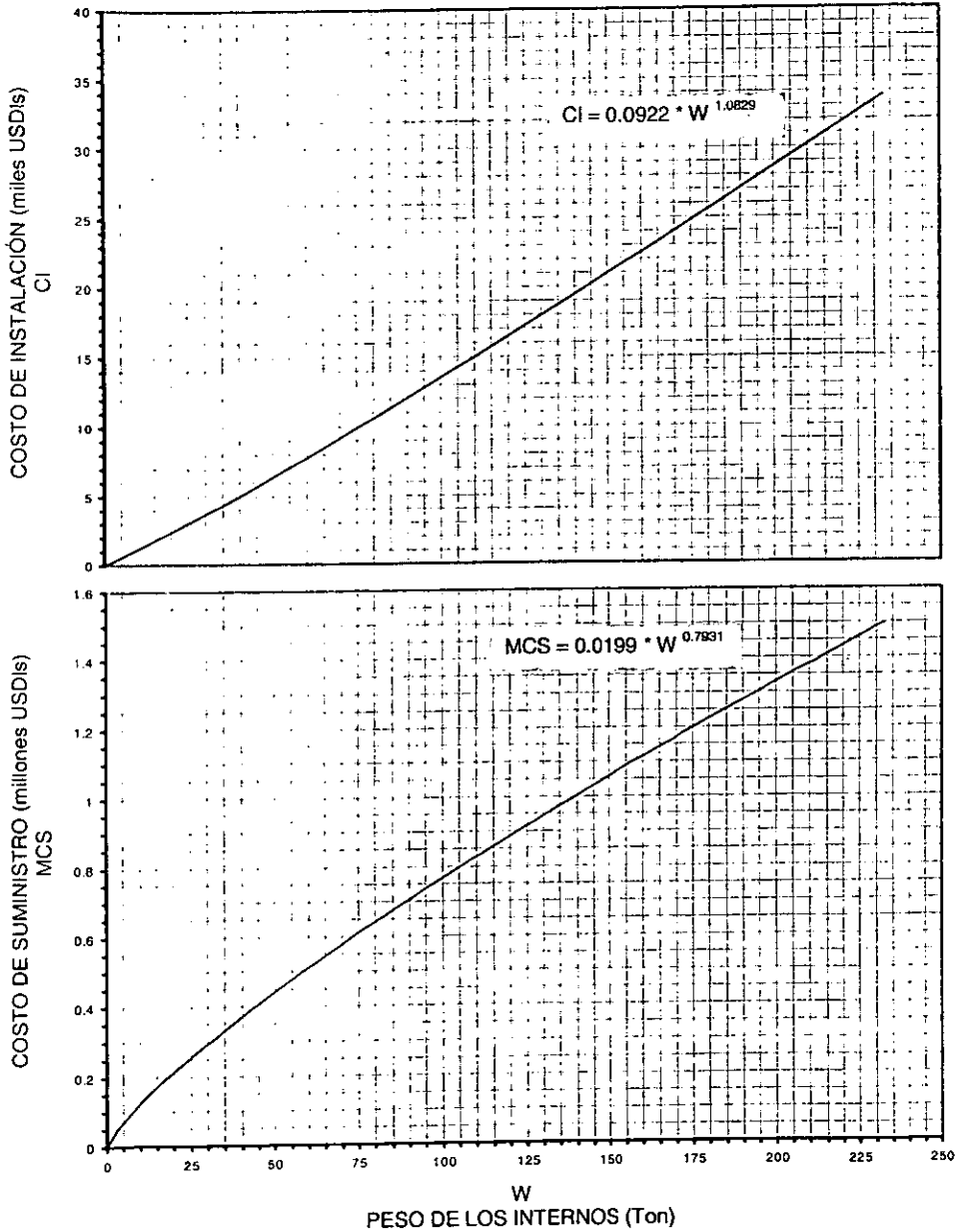


FIGURA VIII.14.2

INTERNOS DE TORRES (PLATOS)

COSTO DE SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
(FECHA DE REFERENCIA, OCT 1999)

TIPO: VÁLVULA  
MATERIAL: SS - 410  
RANGO: 1 - 230 Ton

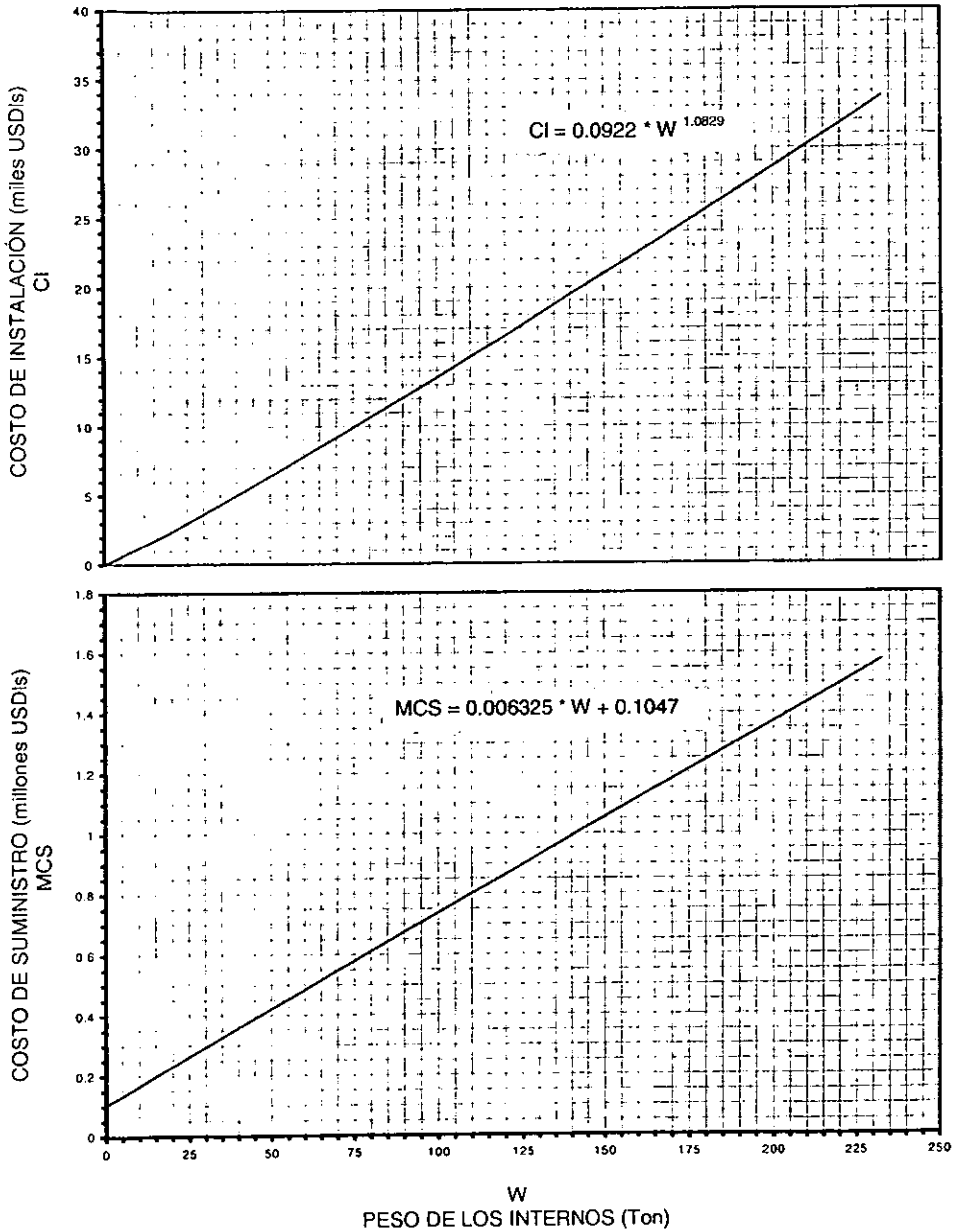


TABLA VIII.14.1 INTERNOS DE TORRES (FACTORES PARA COSTO DE SUMINISTRO)

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (PLATOS)	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO INOXIDABLE SS-410
ACERO AL CARBÓN	0.850
ACERO INOXIDABLE SS-410	1.000
ACERO INOXIDABLE SS-304	1.220
ACERO INOXIDABLE SS-316	1.750
MONEL	4.520
TIPO DE PLATOS	FACTOR DE COSTO POR TIPO DE PLATO BASE: PLATOS TIPO VÁLVULA
BURBUJA	0.968
PERFORADO	0.974
VÁLVULA	1.000
BALASTRA	1.095

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (EMPAQUE)	FACTOR DE COSTO POR MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN BASE: ACERO AL CARBÓN
POLIPROPILENO	0.902
ACERO AL CARBÓN	1.000
PORCELANA	1.374
INOXIDABLE	3.796
TIPO DE EMPAQUE	FACTOR DE COSTO POR TIPO DE EMPAQUE BASE: ACERO AL CARBÓN
ANILLOS RASCHIG	1.000
ANILLOS PALL	1.020
SILLETAS INTALOX	1.039
SILLETAS BERL	1.085
OTROS TIPOS DE EMPAQUE	FACTOR DE COSTO POR TIPO DE EMPAQUE BASE: ANILLOS RASCHIG EN ACERO AL CARBÓN
CLORURO DE CALCIO	0.926
CARBÓN ACTIVADO	0.963
ALUMINA	0.994
ANILLOS RASCHIG	1.000
SILICA GEL	1.160

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	ALEACIÓN
ACERO INOXIDABLE SS-304	18 Cr , 8 Ni
ACERO INOXIDABLE SS-316	16 Cr , 12 Ni , 2 Mo
ACERO INOXIDABLE SS-410	13 Cr
MONEL	Ni , Cu

TABLA VIII.14.2 INTERNOS DE TORRES (EMPAQUE)

	TAMAÑO NOMINAL (mm)	PESO DEL EMPAQUE POR M <sup>3</sup> (Kg)
SILLETAS BERL	6	900
	13	865
	25	720
	38	640
	50	625
SILLETAS INTALOX	13	1,358
	25	1,330
	38	800
	50	790
ANILLOS PALL	16	530
	25	480
	38	415
	50	385
	90	270
ANILLOS RASCHIG	19	1,500
	25	1,140
	38	785
	50	590
	75	400
CARBÓN ACTIVADO	-----	240
ALÚMINA	-----	961
SÍLICA-GEL	-----	2,200
CLOURURO DE CALCIO	-----	2,510

INTERNOS DE TORRES (PLATOS TIPO VÁLVULA)

DIÁMETRO NOMINAL (mm)	PESO DEL PLATO CALIBRE 10 (Kg)	PESO DEL PLATO CALIBRE 14 (Kg)
914	35	26
1,219	63	46
1,524	98	71
1,829	141	103
2,134	192	140
2,438	251	182
2,743	317	231
3,048	392	285
3,353	474	345
3,658	564	410



TABLS VIII.15.1 INSTALACIÓN DE EQUIPO

EQUIPOS	PESO (TON)	PORCENTAJES DE COSTO CON RESPECTO A LA MANO DE OBRA		
		MATERIAL	HERRAMIENTA	EQUIPO
BOMBAS	0.1 - 10	19.0%	13.0%	90.0%
COMPRESORES	10 - 300	32.0%	13.0%	176.0%
CAMBIADORES	0.1 - 50	19.0%	13.0%	90.0%
HORNOS	10 - 2,500	179.0%	13.0%	260.0%
RECIPIENTES	0.1 - 150	19.0%	13.0%	90.0%
TANQUES	0.1 - 350	9.0%	13.0%	37.0%
	351 - 450	478.0%	13.0%	148.0%
TORRES	5 - 200	52.0%	13.0%	90.0%
	201 - 400	475.0%	13.0%	461.0%
INTERNOS DE TORRES	.01 - 240	11.0%	13.0%	33.0%

TABLA VIII.15.2 INSTRUMENTACIÓN PARA EQUIPOS

EQUIPO	INSTRUMENTOS	CANTIDAD	COSTO DE SUMINISTRO (USDIs)	COSTO DE INSTALACIÓN (USDIs)
BOMBAS CENTRÍFUGAS	PRESIÓN	1	333	54
BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	PRESIÓN	1	841	54
COMPRESORES CENTRÍFUGOS	PRESIÓN	8	35,969	16,951
	TEMPERATURA	15		
	FLUJO	2		
COMPRESORES RECIPROCANTES	PRESIÓN	2	12,253	2,768
	TEMPERATURA	2		
	FLUJO	1		
CAMBIADORES DE CALOR	TEMPERATURA	10	7,477	2,390
REHERVIDORES	TEMPERATURA	7	10,233	3,740
	NIVEL	8		
ENFRIADORES POR AIRE	TEMPERATURA	9	4,465	2,479
	FLUJO	1		
HORNOS HORIZONTALES	PRESIÓN	5	14,261	4,624
	TEMPERATURA	7		
	FLUJO	1		
HORNOS VERTICALES	PRESIÓN	5	14,261	4,624
	TEMPERATURA	7		
	FLUJO	1		
RECIPIENTES HORIZONTALES	PRESIÓN	1	14,951	2,480
	TEMPERATURA	2		
	NIVEL	2		
RECIPIENTES HORIZONTALES	PRESIÓN	1	18,469	2,998
	TEMPERATURA	3		
	NIVEL	3		
TANQUES	NIVEL	1	3,786	1,472
TORRES	PRESIÓN	2	41,091	14,245
	TEMPERATURA	25		
	NIVEL	2		
	FLUJO	1		

## SIMBOLOGÍA:

- G: Gasto de la bomba centrífuga (miles de galones por minuto)
- g: Gasto de la bomba centrífuga (galones por minuto)
- F: Flujo del compresor (pies cúbicos por minuto)
- a: Area del intercambiador de calor de coraza y tubos (metros cuadrados)
- A: Area total extendida del enfriador por aire (miles de metros cuadrados)
- Q: Carga térmica del horno (millones de kilocalorías por hora)
- W: Peso del equipo (toneladas)
- Wm: Peso del material (toneladas)
- wm: Peso del material (kilogramos)
- L: Cantidad de pintura (litros)
- MCS: Costo de suministro del equipo (millones de dólares)
- CS: Costo de suministro del equipo (miles de dólares)
- C<sub>Sm</sub>: Costo de suministro del material (miles de dólares)
- csm: Costo de suministro del material (dólares)
- CI: Costo de instalación del equipo (miles de dólares)
- ci: Costo de instalación del equipo (dólares)
- CI<sub>m</sub>: Costo de instalación del material (miles de dólares)
- cim: Costo de instalación del material (dólares)
- V : Volumen ocupado por el equipo instalado (miles de metros cúbicos)
- v: Volumen ocupado por el equipo instalado (metros cúbicos)

## CAPÍTULO IX

### METODOLOGÍA.

#### A) ALGORITMO POR ECUACIONES:

El método inicia con la variable de diseño dependiendo del tipo de equipo que se va a estimar:

- Para las bombas se necesita conocer la capacidad en galones por minuto.
- Para los compresores, la capacidad debe conocerse en pies cúbicos por minuto.
- Para los cambiadores de calor y rehervidores, el área de transferencia de calor en  $m^2$ .
- Para los enfriadores por aire, el área total extendida de transferencia de calor en  $m^2$ .
- Para los hornos, la carga térmica en millones de kilocalorías por hora.
- Para tanques atmosféricos, recipientes y torres es necesario conocer su peso en toneladas.
- Para los internos de las torres: peso en toneladas, número de platos, diámetro y tipo de platos, volumen y tipo del empaque.

Una vez que se conocen las variables requeridas, se aplican ecuaciones desarrolladas para determinar el costo de suministro del equipo y el peso; una vez calculados los valores de costo y peso, se procede a aplicar los factores de corrección de costo por material de construcción y forma geométrica (cuando éste último aplique).

Finalmente, con el peso obtenido a partir de la ecuación correspondiente, se estima el costo de instalación del equipo; éste costo a su vez debe ser también corregido, ya que el costo obtenido a partir del nomograma representa únicamente el costo de mano de obra directa y no incluye los elementos que participan en la instalación del equipo como son los materiales, herramientas y el equipo necesario para la instalación, ni tampoco los indirectos. Tal como se muestra en la figura IX.1.1.

El algoritmo descrito anteriormente funciona sólo para las bombas, compresores, cambiadores, rehervidores, enfriadores por aire y hornos debido a que en éstos equipos es más práctico plantear las ecuaciones en función de la variable de diseño que en los recipientes a presión, tanques de almacenamiento y torres.

En el caso de los cambiadores de calor de coraza y tubos y rehervidores, se incluye otro factor de costo aplicable sólo a los cambiadores diseñados con el código TEMA y que representa la relación de costos que existe entre éstos equipos de tipo AES y los demás (AJS, NEN, BKT, etc.) dependiendo de su geometría.

Por otro lado, también se estiman los internos de las torres, ya sea empaque o platos.

Con los nomogramas propuestos se estima su costo de suministro e instalación de la misma manera que los recipientes, tal como se muestra en la figura IX.1.2; también se calcularon factores de corrección por material de construcción de platos y por tipo de plato, y de la misma manera para el empaque; de tal forma que al conocer el costo de suministro de los internos, se debe corregir ese costo con los factores de corrección por material y tipo.

En éste caso, también se dispone de factores para corregir el costo de instalación de la misma manera que para los equipos de proceso mencionados.

Para estimar el costo de los materiales en el caso de las bombas, compresores, cambiadores, rehervidores, enfriadores por aire y hornos, se procede de la misma manera que para estimar los equipos, sin aplicar ningún factor de corrección de costos de ningún tipo, como se muestra en la figura IX.1.1.

Para estimar los materiales para recipientes a presión, tanques de almacenamiento y torres, nuevamente se inicia con el peso conocido del equipo, con éste, se calcula la cantidad del material para la instalación del equipo y con éste dato se estima el costo de suministro del material correspondiente así como el de su instalación; tal como se muestra en la figura IX.1.3.

Como ya se indicó anteriormente, existen gráficas en las que se puede calcular el volumen aproximado que ocupa cada equipo instalado dentro de una planta, y se requiere también únicamente conocer la variable con la que se inician todos los cálculos anteriores para cada equipo, la manera de hacerlo se muestra en la figura IX.1.4.

## B) ALGORITMO GRÁFICO:

La metodología del algoritmo gráfico es la misma que la del algoritmo por ecuaciones, lleva el mismo orden de cálculo, la misma nomenclatura y las mismas restricciones, sin embargo ahora las gráficas sustituyen a las ecuaciones; conociendo el valor de la variable que se pide, se puede leer en las gráficas el costo de suministro, el peso o la cantidad y el costo de instalación de los rubros que participan en el costo del equipo y de su instalación; tal como se muestra en las figuras de la IX.1.1 a la IX.1.4.

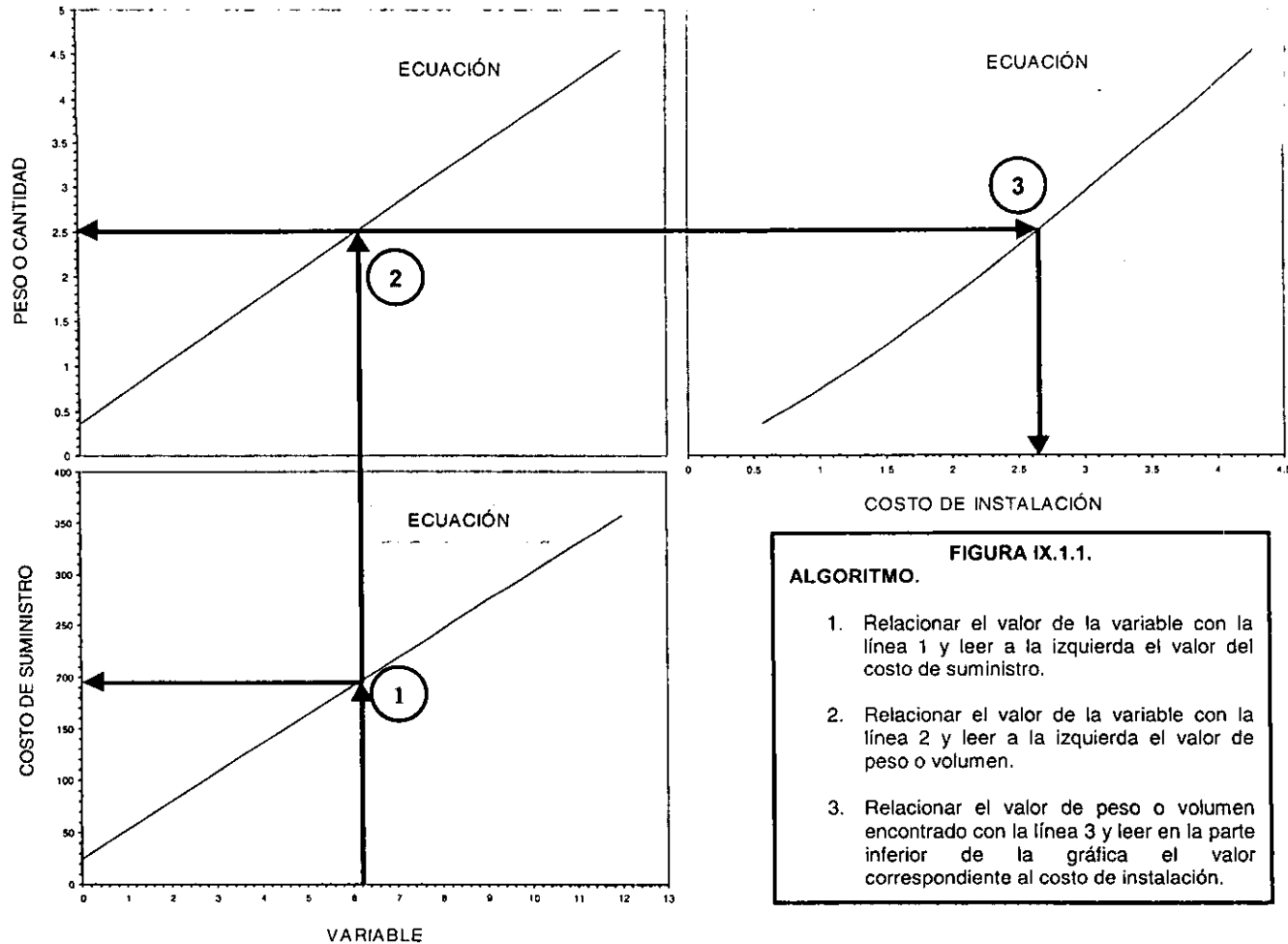


FIGURA IX.1.1.

ALGORITMO.

1. Relacionar el valor de la variable con la línea 1 y leer a la izquierda el valor del costo de suministro.
2. Relacionar el valor de la variable con la línea 2 y leer a la izquierda el valor de peso o volumen.
3. Relacionar el valor de peso o volumen encontrado con la línea 3 y leer en la parte inferior de la gráfica el valor correspondiente al costo de instalación.

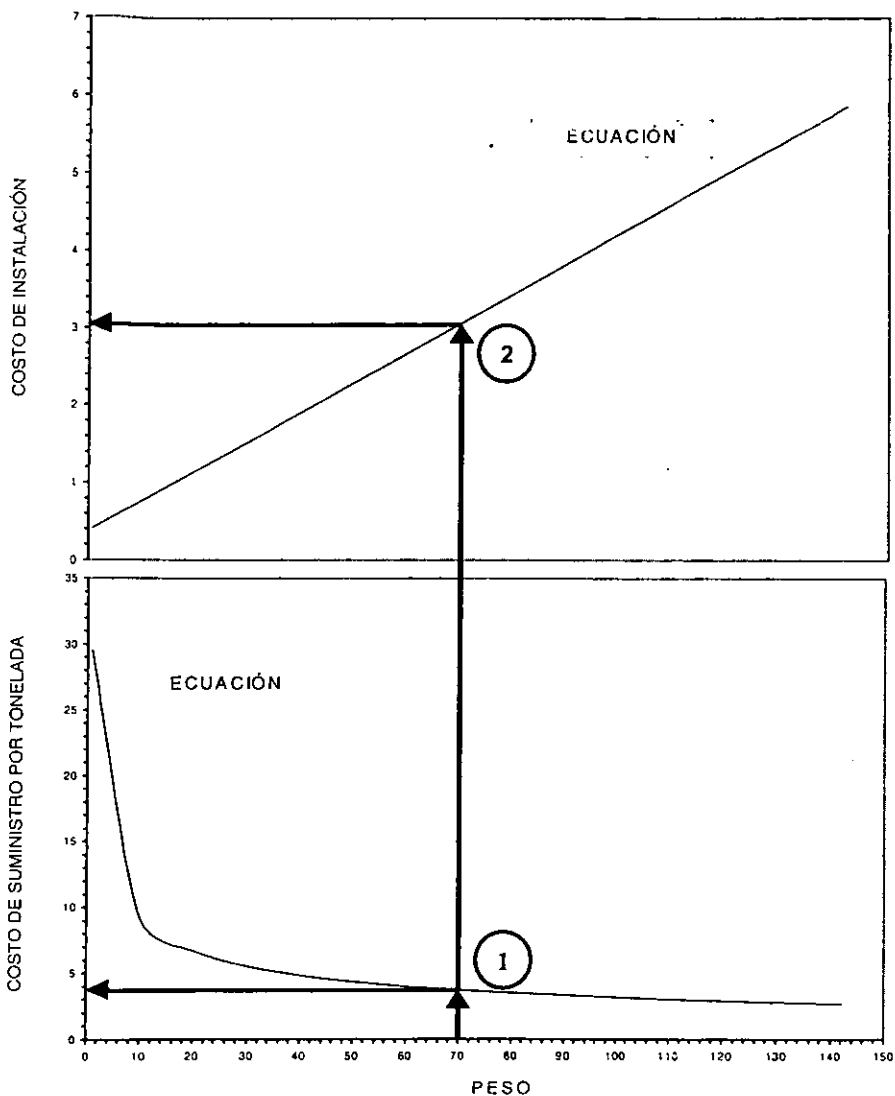


FIGURA IX.1.2.

**ALGORITMO.**

1. Relacionar el valor del peso del equipo con la línea 1 y leer a la izquierda el valor del costo de suministro.
2. Relacionar el valor del peso del equipo con la línea 2 y leer a la izquierda el valor del costo de instalación.



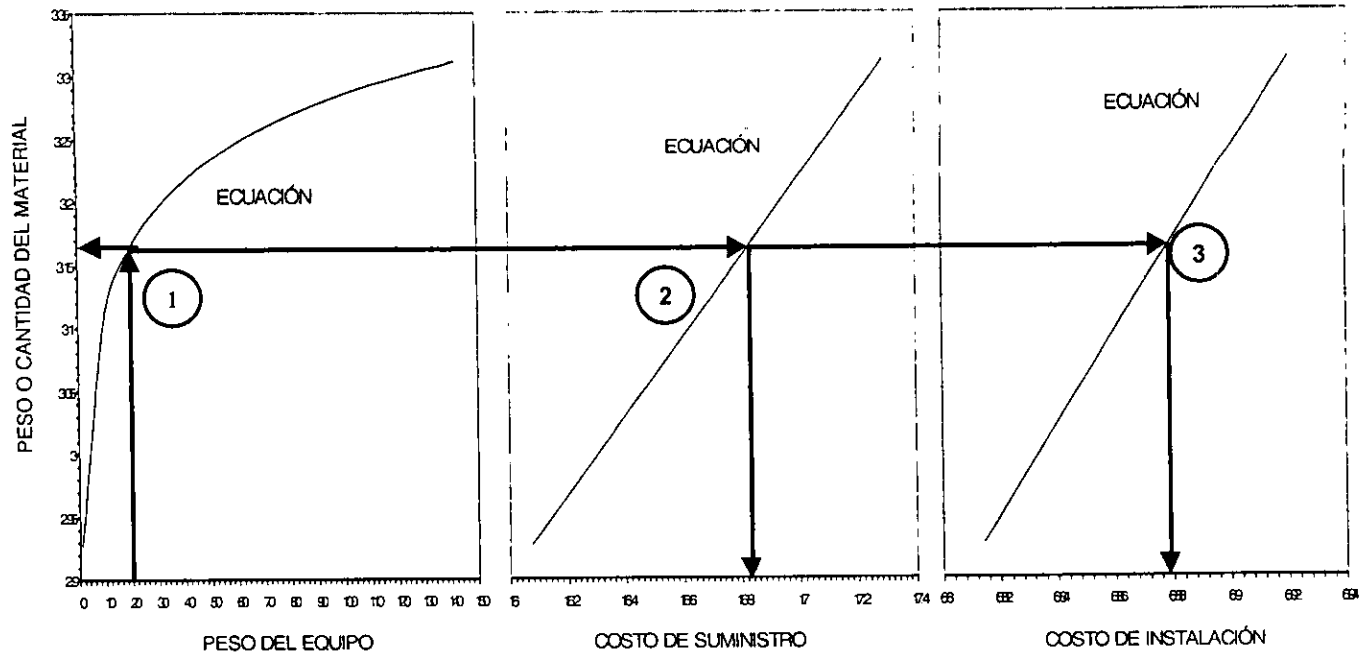
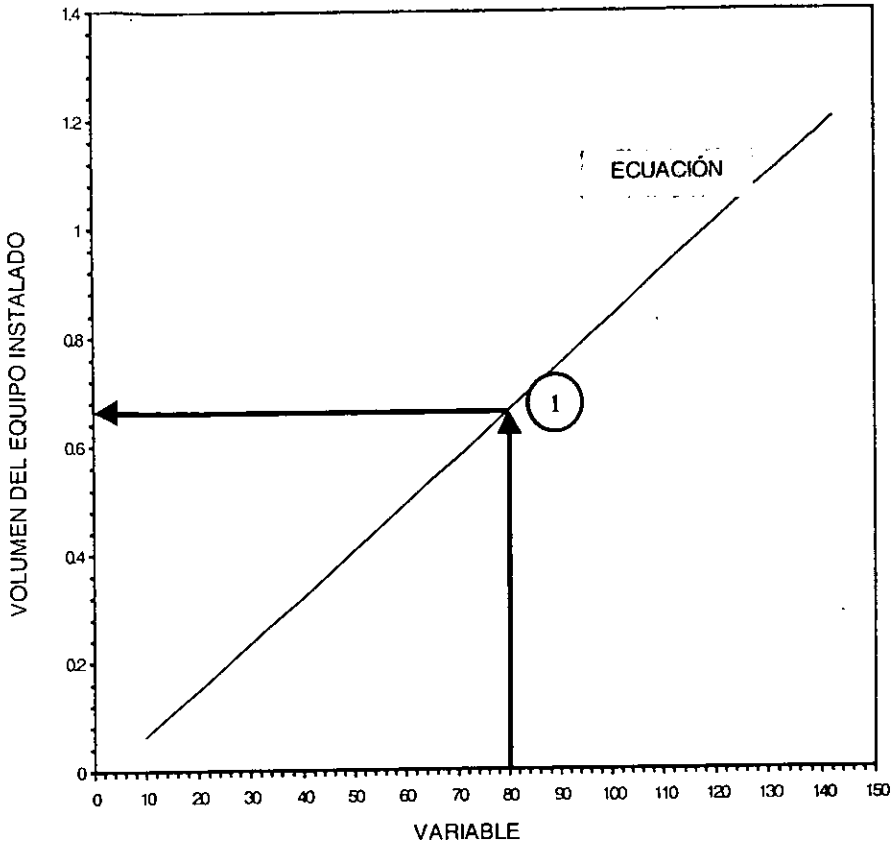


FIGURA IX.1.3.

**ALGORITMO.**

1. Relacionar el valor del peso del equipo con la línea 1 y leer a la izquierda el valor del peso o volumen de material.
2. Relacionar el valor del peso o volumen de material con la línea 2 y leer en la parte inferior de la gráfica el valor del costo de suministro.
3. Relacionar el valor de peso o volumen de material con la línea 3 y leer en la parte inferior de la gráfica el valor correspondiente al costo de instalación.



**FIGURA IX.1.4.**

**ALGORITMO.**

1. Relacionar el valor de la variable con la línea 1 y leer a la izquierda el valor del volumen ocupado por el equipo instalado.

## CAPÍTULO X

### EJEMPLO PRÁCTICO.

Para ejemplificar el método propuesto se procedió a estimar la inversión de cada tipo de equipo por separado, ilustrando la metodología explicada anteriormente; así como el costo estimado de inversión de una planta con respecto al costo total de los equipos y materiales.

- Para bombas y compresores, los costos correspondientes al equipo incluyen al accionador.
- En el caso de las bombas, el costo correspondiente al material eléctrico incluye al centro de control de motores (CCM), no así el peso ni la instalación de éste último,
- Los costos de los recipientes no incluyen internos.
- Para la tubería de los equipos, la cantidad y el costo correspondiente están fijados por el paquete ICARUS 2000 en sus valores estándar.
- El concreto se considera de tipo armado.
- Para el aislamiento, el material estándar que maneja ICARUS 2000 es el silicato de calcio.
- El material eléctrico considerado es únicamente el cableado, excepto los casos en los que se dé otra indicación.
- En el ejemplo de estimación de costos de inversión de una planta, no se incluye el costo del terreno ni el costo del cuarto de control.

**EJEMPLO No. 1: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UNA  
BOMBA CENTRÍFUGA**

<b>Bombas centrífugas (Costos en USDs.)</b>			
Datos técnicos:			
Gasto:	985 gpm		
Potencia del motor:	500 hp		
Cabeza:	20 m		
Material:	S - 9		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Bomba en material base material S - 6, figura VIII.1.1):	21,923	961	703
Peso de la bomba (figura VIII.1.1):			
Bomba en material requerido 21,923 x factor de ajuste, tabla VIII.1.1):	31,240	961	
Costo de la bomba corregido por cabeza $31,240 \times \frac{\text{cabeza de la bomba}}{6}$ ):	104,134	961	
<b>Total del equipo:</b>	<b>104,134</b>	<b>961</b>	<b>703</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.1.2):	10,880	7,152	3,036
Concreto (figura VIII.1.3):	557	972	8,520
Material eléctrico + centro de control de motores (figura VIII.1.4 + 13,618, tabla VIII.1.3):	14,113	714 (no incluye CCM)	3.7 (no incluye CCM)
Aislamiento (figura VIII.1.5):	3,952	2,248	1,050
Pintura (figura VIII.1.6):	247	541	15.62 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	333	540	
<b>total de materiales:</b>	<b>30,102</b>	<b>12,167</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) $961 + 12,167) \times (0.19 + 0.13 + 0.90)$ :		16,016	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales $(16,016 \times 0.34)$ :		5,445	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>20,479</b>	

RESUMEN	
	COSTO GLOBAL USDIs
EQUIPO (A)	104,134
MATERIALES (C)	30,102
INSTALACIÓN (B + D + E)	35,589
INGENIERÍA (8% de A)	8,331
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	5,207
ENTRENAMIENTO (1% de A)	1,041
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	2,082
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>186,486</b>

**EJEMPLO No. 2: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO**

Bombas de desplazamiento positivo (Costos en USDIs)			
	985 gpm 64.5 hp Acero inoxidable SS – 316		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Bomba en material base material acero al carbón, figura VIII.2.1):	10,371	177	
Peso de la bomba (figura VIII.2.1):			197
Bomba en material requerido (10,371 x factor de ajuste, tabla VIII.2.1):	16,536	177	
<b>Total del equipo:</b>	<b>16,536</b>	<b>177</b>	<b>197</b>
	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Materiales:			
Tubería (figura VIII.2.2):	1,184	3,223	153
Concreto (figura VIII.2.3):	129	512	2,150
Material eléctrico + centro de control de motores (figura VIII.2.4 + 2,832, tabla VIII.1.3):	3,233	670 (no incluye CCM)	5.5 (no incluye CCM)
Pintura (figura VIII.2.5):	86	286	3.6 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	841	54	
<b>total de materiales:</b>	<b>5,473</b>	<b>4,745</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1):			
$77 + 4,745) \times (0.19 + 0.13 + 0.90)$ :		6,005	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (6,005 x 0.34):		2,042	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>8,047</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
EQUIPO (A)	16,536
MATERIALES (C)	5,473
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	12,969
INGENIERÍA (8% de A)	1,323
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	827
ENTRENAMIENTO (1% de A)	165
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	330
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>37,623</b>

**EJEMPLO No. 3: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN  
COMPRESOR CENTRÍFUGO**

Compresores centrífugos (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:			
Flujo:	19,441 pcm		
Material:	Acero al carbón		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Compresor en material base material acero al carbón, figura VIII.3.1):	2,521,969	112,177	67,980
Peso del compresor (figura VIII.3.1):			67,980
<b>Total del equipo:</b>	<b>2,521,969</b>	<b>112,177</b>	<b>67,980</b>
	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Materiales:			
Tubería (figura VIII.3.2):	154,425	28,765	44,060
Concreto (figura VIII.3.3):	7,285	5,154	133,170
Material eléctrico (figura VIII.3.4):	997	4,547	147
Aislamiento (figura VIII.3.5):	7,130	3,959	708
Pintura (figura VIII.3.6):	3,098	3,698	115.5 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	35,969	16,951	
<b>total de materiales:</b>	<b>208,904</b>	<b>63,074</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (112,177 + 63,074) x (0.32 + 0.13 + 1.76):		387,305	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (387,305 x 0.34):		131,688	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>518,993</b>	



<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDs</b>
EQUIPO (A)	2,521,969
MATERIALES (C)	208,904
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	694,244
INGENIERÍA (8% de A)	201,758
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	126,098
ENTRENAMIENTO (1% de A)	25,219
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	50,438
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>3,828,720</b>

**EJEMPLO No. 4: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN COMPRESOR RECIPROCANTE**

Compresores recíprocos (Costos en USDs)			
Datos técnicos:	1,000 pcm		
Flujo:	Acero al carbón		
Material:			
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Compresor en material base (material acero al carbón, figura VIII.4.1):	268,730	54,057	18,290
Peso del compresor (figura VIII.4.1):			18,290
<b>Total del equipo:</b>	<b>268,730</b>	<b>54,057</b>	<b>18,290</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.4.2):	28,984	10,044	9,350
Concreto (figura VIII.4.3):	6,951	5,405	128,730
Material eléctrico (figura VIII.4.4):	614	747	12.6
Aislamiento (figura VIII.4.5):	4,362	3,013	479
Pintura (figura VIII.4.6):	640	1,167	32.6 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	12,253	2,768	
<b>total de materiales:</b>	<b>53,804</b>	<b>23,144</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (54,057 + 23,144) x (0.32 + 0.13 + 1.76):		170,614	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (170,164 x 0.34):		57,856	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>228,470</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDls</b>
EQUIPO (A)	268,730
MATERIALES (C)	53,804
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	305,671
INGENIERÍA (8% de A)	21,498
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	13,422
ENTRENAMIENTO (1% de A)	2,687
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	5,374
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>671,186</b>

**EJEMPLO No. 5: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN  
CAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS**

Cambiadores de calor (Costos en USDs)			
Datos técnicos:			
Área de transferencia:	13.84 m <sup>2</sup>		
Tipo:	AJT		
Material (tubos / coraza):	Acero inoxidable SS – 304 / Acero al carbón		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Cambiador de calor en material base (material SA – 179 / SA – 516 70, figura VIII.5.1):	44,934	652	3,080
Peso del cambiador de calor (figura VIII.5.1):			
Cambiador de calor en material requerido (44,934 x factor de ajuste, tabla VIII.5.1):	70,097	652	
Cambiador de calor por tipo de geometría (70,097 x factor de ajuste, tabla VIII.5.1):	70,657	652	
<b>Total del equipo:</b>	<b>70,657</b>	<b>652</b>	<b>3,080</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.5.2):	7,146	6,123	2,220
Concreto (figura VIII.5.3):	584	979	7,930
Aislamiento (figura VIII.5.4):	2,641	2,430	155
Pintura (figura VIII.5.5):	148	262	4.77 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	7,477	2,390	
<b>total de materiales:</b>	<b>17,996</b>	<b>12,184</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (652 + 12,184) x (0.19 + 0.13 + 0.90):		15,660	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (15,660 x 0.34):		5,324	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>20,984</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDs</b>
EQUIPO (A)	70,657
MATERIALES (C)	17,996
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	33,820
INGENIERÍA (8% de A)	5,653
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	3,533
ENTRENAMIENTO (1% de A)	707
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	1,414
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>130,247</b>

**EJEMPLO No. 6: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN REHERVIDOR**

Rehervidores (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:			
Área de transferencia:	13.84 m <sup>2</sup>		
Tipo:	AKT		
Material (tubos / coraza):	Monel / Acero al carbón		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Cambiador de calor en material base (material SA – 179 / SA – 516 70, figura VIII.6.1):	47,687	676	3,100
Peso del cambiador de calor (figura VIII.6.1):			
Cambiador de calor en material requerido (47.687 x factor de ajuste, tabla VIII.6.1):	108,535	676	
Cambiados de calor por tipo de geometría (108,535 x factor de ajuste, tabla VIII.6.1):	94,209	676	
<b>Total del equipo:</b>	<b>94,209</b>	<b>676</b>	<b>3,100</b>
	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Materiales:			
Tubería (figura VIII.6.2):	2,481	7,239	474
Concreto (figura VIII.6.3):	591	886	7,250
Aislamiento (figura VIII.6.4):	1,815	2,744	231
Pintura (figura VIII.6.5):	81	262	4.77 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	10,233	3,740	
<b>total de materiales:</b>	<b>15,201</b>	<b>14,871</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (676 + 14.871) x (0.19 + 0.13 + 0.90):		18,967	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (18,967 x 0.34):		6,449	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>25,416</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
EQUIPO (A)	94,209
MATERIALES (C)	15,201
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	40,963
INGENIERÍA (8% de A)	7,537
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	4,710
ENTRENAMIENTO (1% de A)	942
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	1,884
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>165,446</b>

**EJEMPLO No. 7: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN ENFRIADOR POR AIRE**

Enfriadores por aire (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:			
Área de transf. total extendida:	17,348 m <sup>2</sup>		
Material (tubos / coraza):	Acero al carbón / Aluminio		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Enfriador por aire en material base (mat. acero al carbón / aluminio, figura VIII.7.1):	339,022	77,538	
Peso del enfriador por aire (figura VIII.7.1):			65,050
<b>Total del equipo:</b>	<b>339,022</b>	<b>77,538</b>	<b>65,050</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.7.2):	21,240	9,020	10,450
Concreto (figura VIII.7.3):	276,421	3,647	14,580
Material eléctrico (figura VIII.7.4):	2,329	4,055	30.48
Aislamiento (figura VIII.7.5):	9,099	3,673	1,190
Pintura (figura VIII.7.6):	1,010	1,379	5.4 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	4,465	2,479	
<b>total de materiales:</b>	<b>314,564</b>	<b>24,253</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (77,538 + 24,253) x (0.19 + 0.13 + 0.90):		124,185	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (124,185 x 0.34):		42,223	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>166,408</b>	



RESUMEN	
	COSTO GLOBAL USDIs
EQUIPO (A)	339,022
MATERIALES (C)	314,564
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	268,199
INGENIERÍA (8% de A)	27,122
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	16,951
ENTRENAMIENTO (1% de A)	3,390
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	6,780
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>976,028</b>

**EJEMPLO No. 8: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN HORNO HORIZONTAL**

Hornos horizontales (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:	32.9 x 10 <sup>6</sup> Kcal / hr		
Carga térmica:	Acero inoxidable SS – 316 W		
Material de tubos:			
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Horno horizontal en material base (material acero al carbón, figura VIII.8.1):	1,209,306	4,229	265,520
Peso del horno horizontal (figura VIII.8.1):			
Horno horizontal en material requerido (1,209,306 x factor de ajuste, tabla VIII.8.1):	1,815,788	4,229	
<b>Total del equipo:</b>	<b>1,815,788</b>	<b>4,229</b>	<b>265,520</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.8.2):	15,609	8,371	4,060
Concreto (figura VIII.8.3):	14,981	10,753	261,360
Material eléctrico (figura VIII.8.4):	23,730	4,924	12.5
Aislamiento (figura VIII.8.5):	16,779	7,145	1,420
Pintura (figura VIII.8.6):	513	2,444	33.2 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	14,261	4,624	
<b>total de materiales:</b>	<b>85,873</b>	<b>38,261</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (4,229 + 38,261) x (1.29 + 0.13 + 2.60):		170,810	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (170,810 x 0.34):		58,075	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>228,885</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDls</b>
EQUIPO (A)	1,815,788
MATERIALES (C)	85,873
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	271,375
INGENIERÍA (8% de A)	145,263
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	90,789
ENTRENAMIENTO (1% de A)	18,158
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	36,316
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>2,463,562</b>

**EJEMPLO No. 9: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN HORNO VERTICAL**

Hornos verticales (Costos en USDs)			
Datos técnicos:	10 x 10 <sup>6</sup> Kcal / hr		
Carga térmica:	Acero inoxidable SS – 304 W		
Material de tubos:			
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Horno vertical en material base material acero al carbón, figura VIII.9.1):	498,388	7,425	126,800
Peso del horno vertical (figura VIII.9.1):			
Horno vertical en material requerido 498,388 x factor de ajuste, tabla VIII.9.1):	689,769	7,425	
<b>Total del equipo:</b>	<b>689,769</b>	<b>7,425</b>	<b>126,800</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.9.2):	16,000	8,424	5,800
Concreto (figura VIII.9.3):	7,063	5,403	123,700
Material eléctrico (figura VIII.9.4):	11,159	3,311	8.6
Aislamiento (figura VIII.9.5):	8,925	12,196	850
Pintura (figura VIII.9.6):	539	1,268	25.4 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	14,261	4,624	
<b>total de materiales:</b>	<b>57,947</b>	<b>35,226</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (7,425 + 35,226) x (1.29 + 0.13 + 0.90):		98,950	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (98,950 x 0.34):		33,643	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>132,593</b>	

RESUMEN	
	COSTO GLOBAL USDIs
EQUIPO (A)	689,769
MATERIALES (C)	57,947
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	175,244
INGENIERÍA (8% de A)	55,182
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	34,488
ENTRENAMIENTO (1% de A)	6,898
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	13,795
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>1,033,323</b>

**EJEMPLO No. 10: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN  
RECIPIENTE HORIZONTAL**

Recipientes horizontales (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:			
Peso del recipiente:	32.64 Ton		
Material del recipiente:	Acero al carbón SA – 516 70		
Material del recubrimiento (clad):	Inconel		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Recipiente horizontal en material base (material SA – 516 70, figura VIII.10.1):	87,279	1,635	
Recipiente horizontal en material requerido (87,279 x factor de ajuste, tabla VIII.10.1):	274,841	1,635	
<b>Total del equipo:</b>	<b>274,841</b>	<b>1,635</b>	<b>32,640</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.10.2):	18,952	6,890	3,200
Concreto (figura VIII.10.3):	2,556	3,038	32,950
Aislamiento (figura VIII.10.4):	21,923	9,703	3,080
Pintura (figura VIII.10.5):	716	1,276	42.5 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	1,495	248	
<b>total de materiales:</b>	<b>45,642</b>	<b>21,155</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) $(1,635 + 21,155) \times (0.19 + 0.13 + 0.37)$ :		15,725	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales $(15,725 \times 0.34)$ :		5,347	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>21,072</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
EQUIPO (A)	274,841
MATERIALES (C)	21,155
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	43,862
INGENIERÍA (8% de A)	21,987
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	13,742
ENTRENAMIENTO (1% de A)	2,748
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	5,497
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>361,845</b>

**EJEMPLO No. 11: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN  
RECIPIENTE VERTICAL**

Recipientes verticales (Costos en USDs)			
Datos técnicos:			
Peso del recipiente:	260 Kg		
Material del recipiente:	Acero al carbón SA – 516 70		
Material del recubrimiento (clad):	Acero inoxidable SS – 410		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Recipiente vertical en material base (material SA – 516 70, figura VIII.11.1):	18,070	220	
Recipiente vertical en material requerido (18,070 x factor de ajuste, tabla VIII.11.1):	23,870	220	
<b>Total del equipo:</b>	<b>23,870</b>	<b>220</b>	<b>260</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.11.2):	2,043	6,063	276
Concreto (figura VIII.11.3):	164	360	2,820
Aislamiento (figura VIII.11.4):	1,957	3,656	150
Pintura (figura VIII.11.5):	137	321	9.1 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	1,865	300	
<b>total de materiales:</b>	<b>6,166</b>	<b>10,700</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1)			
(220 + 10,700) x (0.19 + 0.13 + 0.90):		13,322	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (13,322 x 0.34):		4,529	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>17,751</b>	



RESUMEN	
	COSTO GLOBAL USDIs
EQUIPO (A)	23,870
MATERIALES (C)	6,166
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	28,671
INGENIERÍA (8% de A)	1,910
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	1,194
ENTRENAMIENTO (1% de A)	239
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	478
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>62,528</b>

**EJEMPLO No. 12: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UN TANQUE**

Tanques (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:	27.23 Ton		
Peso del tanque	Acero al carbón		
Material del tanque:			
Techo cónico			
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Tanque en material base material acero al carbón, figura VIII.12.1):	57,455	12,040	
<b>Total del equipo:</b>	<b>57,455</b>	<b>12,040</b>	<b>27,230</b>
Material es:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.12.2):	4,923	2,652	2,130
Concreto (figura VIII.12.3):	18,432	3,872	74,300
Acero estructural (figura VIII.12.4):	1,490	449	372
Material eléctrico (figura VIII.12.5):	1,120	625	3.7
Pintura (figura VIII.12.6):	3,020	944	234.7 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	3,786	1,472	
<b>total de materiales:</b>	<b>32,771</b>	<b>10,014</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) $(12,040 + 10,014) \times (0.09 + 0.13 + 0.90)$ :		24,700	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales $(24,700 \times 0.34)$ :		8,398	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>33,098</b>	

RESUMEN	
	COSTO GLOBAL USDIs
EQUIPO (A)	57,055
MATERIALES (C)	32,771
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	55,152
INGENIERÍA (8% de A)	4,564
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	2,853
ENTRENAMIENTO (1% de A)	5,076
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	10,152
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>167,623</b>

**EJEMPLO No. 13: ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE UNA TORRE**

Torres (Costos en USDs)			
Datos técnicos:			
Peso de la torre	189.23 Ton		
Material de la torre:	Acero al carbón SA – 516 70		
Material de recubrimiento (clad):	Acero inoxidable SS - 410		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Torre en material base (material acero al carbón, figura VIII.13.1):	1,517,624	26,925	
Torre en material requerido (1,517,624 x factor de ajuste, tabla VIII.13.1):	2,112,533	26,925	
<b>Total del equipo:</b>	<b>2,112,533</b>	<b>26,925</b>	<b>189,230</b>
Materiales:	Costo de suministro (C)	Costo de mano de obra de instalación (D)	Peso y/o volumen Kg y/o Lt
Tubería (figura VIII.13.2):	151,407	52,901	57,520
Concreto (figura VIII.13.3):	14,579	14,137	231,750
Acero estructural (figura VIII.13.4):	29,913	14,944	476,800
Material eléctrico (figura VIII.13.5):	4,970	2,721	10
Aislamiento (figura VIII.13.6):	105,596	68,566	9,060
Pintura (figura VIII.13.7):	1,633	1,575	150 Lt
Instrumentos (tabla VIII.15.2):	41,019	14,245	
<b>total de materiales:</b>	<b>349,117</b>	<b>169,089</b>	
Costos directos de instalación de equipo y materiales (tabla VIII.15.1) (26,925 + 169,089) x (0.52 + 0.13 + 4.61):		1,031,034	
Costos indirectos de instalación de equipo y materiales (1,031,034 x 0.34):		350,552	
Costos directos + costos indirectos de instalación de equipo y materiales (E):		<b>1,381,586</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
EQUIPO (A)	2,112,553
MATERIALES (C)	349,117
CONSTRUCCIÓN (B + D + E)	1,557,600
INGENIERÍA (8% de A)	169,004
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	105,628
ENTRENAMIENTO (1% de A)	21,126
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	42,251
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>4,357,279</b>

**EJEMPLO No. 14 : ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DE LOS  
PLATOS DE UNA TORRE**

Platos (Costos en USDs)			
Datos técnicos:			
No. de platos:	27		
Tipo de platos:	Balastra		
Diámetro de los platos:	3,658 mm		
Calibre de los platos:	14		
Material de los platos:	Acero inoxidable SS – 316		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Peso por plato en material y tipo base (mat. acero inoxidable SS - 410, tipo válvula tabla VIII.14.2):			410
Peso total de los platos en material base (27 x 410):			11,070
Platos en material base (figura VIII.14.2):	174,664	1,245	11,070
Platos en material requerido (174,664 x factor de ajuste, tabla VIII.14.1):	305,662	1,245	11,070
Platos por tipo (305,662 x factor de ajuste, tabla VIII.14.1):	334,700	1,245	11,070
<b>Total de platos:</b>	<b>334,700</b>	<b>1,245</b>	<b>11,070</b>
Costos directos de instalación de platos (tabla VIII.15.1) (1,245) x (0.11 + 0.13 + 0.33):		710	
Costos indirectos de instalación de los platos (710 x 0.34):		241	
Costos directos + costos indirectos de instalación de los platos (C):		<b>2,196</b>	

<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
PLATOS (A)	334,700
INSTALACIÓN (B + C)	2,196
INGENIERÍA (8% de A)	26,776
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	16,735
ENTRENAMIENTO (1% de A)	3,347
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	6,694
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>390,448</b>

**EJEMPLO No. 15 : ESTIMACIÓN DEL COSTO DE SUMINISTRO Y DE INSTALACIÓN DEL  
EMPAQUE DE UNA TORRE**

Empaque (Costos en USDIs)			
Datos técnicos:			
Volumen total empacado:	170.8 m <sup>3</sup>		
Tipo de empaque:	Anillos Pall		
Tamaño nominal del empaque:	38 mm		
Material del empaque:	Porcelana		
	Costo de suministro (A)	Costo de mano de obra de instalación (B)	Peso Kg
Peso por m <sup>3</sup> de empaque en material y tipo base (material acero al carbón, tipo anillos Raschig, tabla VIII.14.2):			415 Kg / m <sup>3</sup>
Peso total del empaque en material base (170.8 x 415):			70,882
Empaque en material base (figura VIII.14.1):	584,122	9,304	70,882
Empaque en material requerido (584,122 x factor de ajuste, tabla VIII.14.1):	802,584	9,304	70,882
Empaque por tipo (305.662 x factor de ajuste, tabla VIII.14.1):	818,636	9,304	70,882
<b>Total de empaque:</b>	<b>818,636</b>	<b>9,304</b>	<b>70,882</b>
Costos directos de instalación del empaque (tabla VIII.15.1) (9,304) x (0.11 + 0.13 + 0.33):		5,303	
Costos indirectos de instalación del empaque (5,303 x 0.34):		1,803	
Costos directos + costos indirectos de instalación del empaque (C):		<b>7,106</b>	



<b>RESUMEN</b>	
	<b>COSTO GLOBAL USDIs</b>
EMPAQUE (A)	818,636
INSTALACIÓN (B + C)	16,410
INGENIERÍA (8% de A)	65,491
ADMINISTRACIÓN (5% de A)	40,932
ENTRENAMIENTO (1% de A)	8,186
PRUEBAS Y ARRANQUE (2% de A)	16,373
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>966,028</b>

### **Costo estimado de inversión de una planta:**

El proyecto seleccionado es una planta de alquiler de la cual se estimó la inversión de equipos y materiales dentro de límites de batería.

Los equipos involucrados en el estimado son hornos, torres, recipientes, tanques, cambiadores de calor, rehervidores y bombas, de los cuales se conocen los datos requeridos. Aplicando los nomogramas y factores obtenidos tenemos los resultados resumidos en la tabla X.1. En el caso especial del material eléctrico, se obtuvieron unos términos correspondientes al transformador y al switchgear, los cuales se encuentran en la tabla VIII.3.1, y que corresponden a la totalidad de los equipos e instalaciones que requieren energía eléctrica:

$$85,670 + 768,215 + 186,645 = 1,040,530 \text{ USDIs.}$$

Monto correspondiente al costo total de material eléctrico de la planta.

TABLA X.1 COMPARACIÓN DE COSTOS

PROYECTO:

FECHA:

CANTIDAD: ALQUILACION

COMPañIA:

EQUIPO	COSTO DE SUMINISTRO USDIs (A)			COSTO DE INSTALACIÓN USDIs (B)		
	Estimado	Real	% de desviación	Estimado	Real	% de desviación
COMPUERTAS	1,032,079	862,831	19.6	109,204	132,065	17.3
INTERCAMBIADORES DE CALOR	1,648,327	1,253,851	31.5	169,192	147,183	15.0
BOILERAS	637,609	477,278	33.6	28,984	47,728	39.3
EQUIPAMIENTO	854,427	622,374	37.3	41,579	51,955	20.0
BOILERAS ATMOSFÉRICAS	979,568	736,073	33.1	97,285	43,397	124.2
BOILERAS	8,292,492	6,110,459	35.7	858,012	629,982	36.2
TOTAL	13,444,502	10,062,865	33.6	1,304,256	1,062,310	23.9
MATERIALES	(C)			(D)		
ACEROS	1,841,716	2,574,000	28.4	757,637	1,200,000	36.9
CONCRETO	251,385	347,000	27.6	194,840	279,000	30.2
ACERO	156,370	182,743	14.4	73,358	106,195	32.2
INSTRUMENTOS	938,740	1,150,000	18.4	255,869	410,000	37.6
MATERIAL ELÉCTRICO	1,040,530	1,170,000	11.1	56,610	90,000	37.1
ISOLAMIENTO	781,616	1,050,000	25.6	517,713	800,000	35.3
PINTURA	62,980	74,949	16.0	52,492	80,000	34.4
TOTAL	5,073,347	6,548,692	22.5	1,908,509	2,967,195	35.7

RESUMEN

	COSTO GLOBAL USDIs		
	Estimado	Real	% de desviación
EQUIPO (A)	13,444,502	10,062,865	33.6
MATERIALES (C)	5,073,347	6,548,692	22.5
CONSTRUCCIÓN (B + D)	3,212,765	4,019,505	20.1
INGENIERIA	2,470,455	2,008,400	23.0
ADMINISTRACION	1,233,923	1,112,000	11.0
ENTRENAMIENTO	260,872	230,000	13.4
PRUEBAS Y ARRANQUE	652,179	incluido	—
INVERSIÓN TOTAL	26,087,172	23,981,462	8.8

## CAPÍTULO XI

C:  
mo'  
bor

### ANÁLISIS DE RESULTADOS.

C  
A

A partir de los resultados obtenidos en el ejemplo, para el estimado de costos de una planta de proceso, se puede constatar que el método propuesto es confiable por su relativa buena precisión para estimar costo de suministro y de instalación de equipo de proceso y de materiales.

tar  
tar  
m:  
sir  
nc  
pr  
la

En las figuras XI.1.1 y XI.1.2, se muestra la comparación de costos estimados con los costos reales de suministro e instalación de equipo, para los diferentes tipos de equipo existentes en la planta estudiada, los costos son visiblemente parecidos; en la tabla X.1, se encuentran calculados los porcentajes de desviación que corresponden a los costos mencionados por equipo, se pueden considerar como las desviaciones promedio representativas para cada equipo que se desee estimar.

c  
c

Asimismo, se hizo un análisis idéntico para los materiales de instalación, los cuales se pueden visualizar en las figuras XI.1.3 y XI.1.4. De la misma manera que para los equipos, en la tabla X.1 se encuentran los porcentajes de desviación que muestran la precisión del método para estimar tales materiales.

r  
'

Las desviaciones encontradas se deben principalmente a que el estimado de costos por equipo no se profundiza con el máximo detalle, ya que se trata de desarrollar un método sencillo y fácil de manejar, que no implique tanta especialización, y que además tenga una precisión aceptable.

Las posibles causas de desviación pueden ser las siguientes:

#### **Bombas:**

Se detectó que el costo de suministro para éstos equipos se encuentra influenciado principalmente por la potencia, la cabeza y la capacidad, en éste caso, se decidió tomar a la capacidad como la variable principal por ser la más explícita de las tres, de tal manera que quedaron sin involucrar en el nomograma ni la cabeza ni la potencia de la bomba; sin embargo, se observó que la cabeza ejercía una marcada influencia en el costo de las bombas centrífugas, por lo que se optó por involucrarla en un factor empírico mencionado en el capítulo anterior, a manera de factor de corrección de costos por concepto de ésta variable.

En parte, las causas son las mismas que para los cambiadores de calor y rehornadores, con la única diferencia de que éstos equipos son diferentes y más complicados que los últimos. Por principio de cuentas, éstos equipos son más grandes y voluminosos, además de que cuentan con otros componentes como son los ventiladores. Otra característica que puede determinar una variación en los costos es la distribución de los haces de tubos en secciones dentro del mismo enfriador.

A pesar de todo, el área de transferencia de calor sigue siendo la variable más representativa para estimar éstos equipos.

#### **Hornos:**

En éste caso, la variable a considerar es la carga térmica, ya que, a diferencia de los cambiadores de calor, éstos equipos no requieren de un área para satisfacer el servicio para el cuál están diseñados, sino que se maneja la carga térmica como variable principal; así, la carga térmica es función del tipo de combustible utilizado, del flujo del combustible a ser quemado, así como de la cantidad y tipo de los quemadores, de ésta forma, se pueden tener una gran cantidad de diseños de hornos que tienen distintos costos y características y que cumplen con la misma carga térmica, lo que causa también desviaciones en los costos estimados de inversión para éstos equipos.

#### **Recipientes a presión, tanques de almacenamiento y torres:**

Para éstos equipos se considera el peso del equipo como la variable representativa que involucra las dimensiones y el espesor de la pared del "bote", por lo tanto, es en éstas características de los equipos donde se encuentran las razones de las desviaciones calculadas con respecto a los costos reales. De ahí, que dependiendo de dichas características, el equipo va a necesitar radiografiado o relevado de esfuerzos, entre otras aplicaciones que por normas o códigos de seguridad deben llevarse a cabo y que significan costos extra, los que finalmente se incluyen en las cotizaciones de los fabricantes; asimismo, algunos de los recipientes y torres que se encuentran en la base de datos de donde se tomaron los valores para hacer el análisis estadístico, tienen recubrimiento interno de distintos materiales, otros no, lo cual, aunado a todo lo anterior, repercute en las imprecisiones observadas del método de estimación de costos.

## **Materiales:**

La cantidad, el costo de suministro y el costo de instalación de los materiales dependen principalmente del tipo de equipo y el servicio que va a prestar, de las distancias entre equipos, de las condiciones del medio al cual van a estar expuestos, de las normas establecidas y del tamaño o peso de los equipos a los cuales son aplicados, así pues, equipos incluso idénticos, pero que van a funcionar en plantas y en servicios diferentes, van a requerir de distintas cantidades de materiales de distinto tipo, lo cual implica una variación en los costos, tales diferencias no están contempladas en el método propuesto, por lo que las consecuencias inevitables son las desviaciones calculadas, que al igual que para todos los equipos mencionados, se encuentran en la tabla X. 1.

Se puede mencionar también como causa de error en los resultados estimados, que las cotizaciones con respecto a las cuales fueron comparados los costos tanto de equipos como los materiales de instalación, no corresponden a la misma compañía fabricante de equipo y materiales, sino que corresponden a diferentes compañías, con lo cual, se dan también desviaciones por concepto de marcas de compañías proveedoras.

FIGURA XI.1.1 COSTO DE SUMINISTRO DE EQUIPO  
(Millones de dólares)

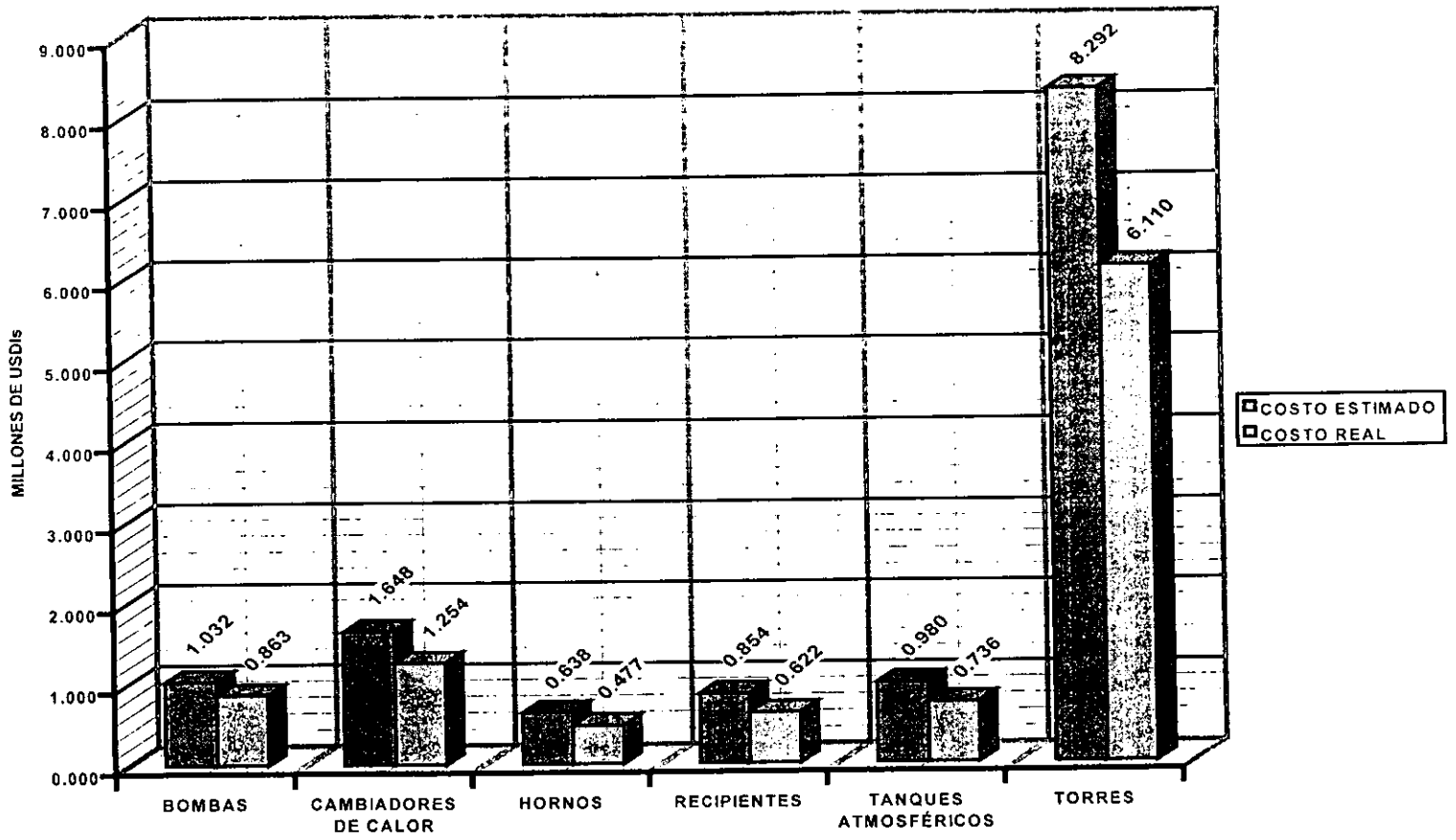
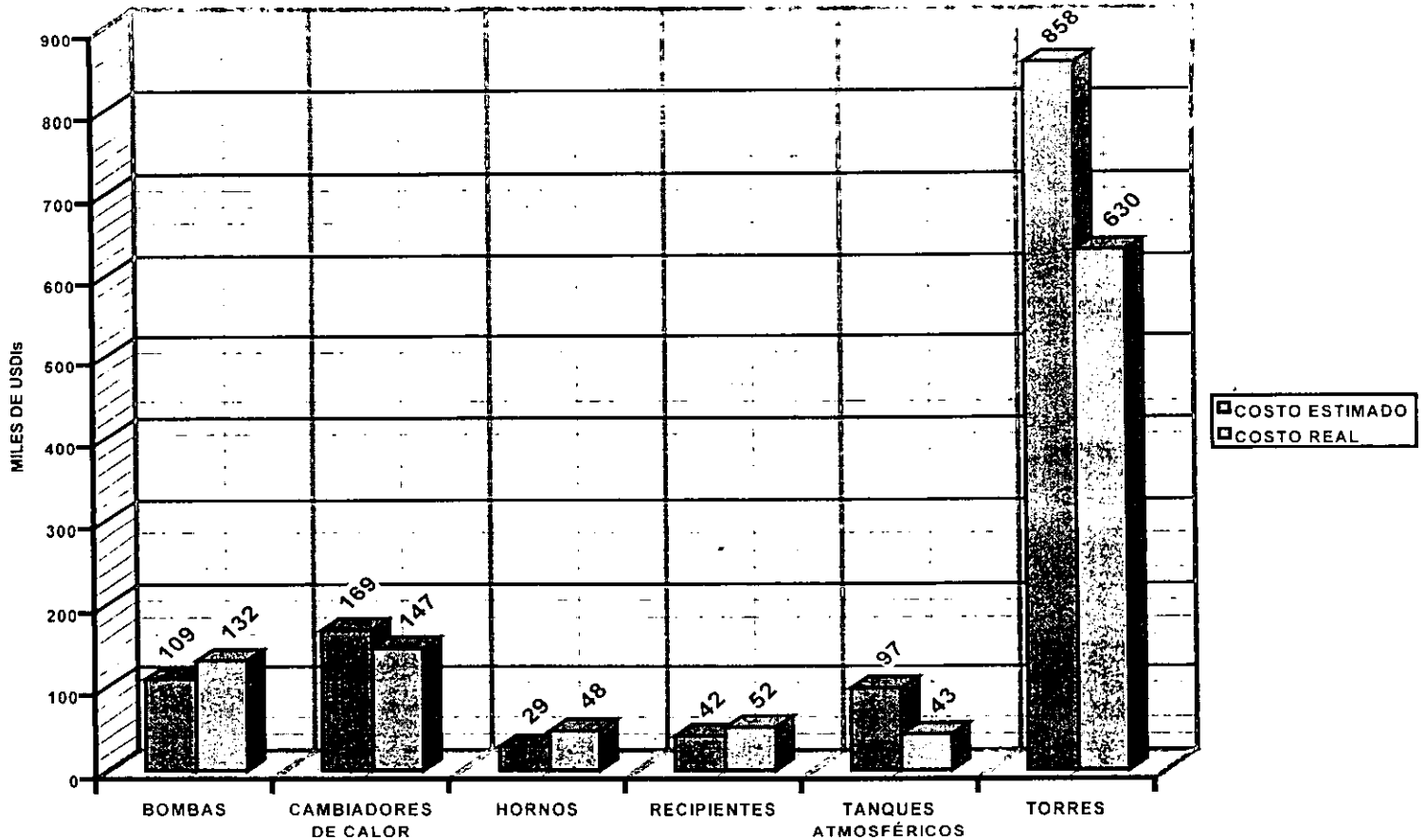


FIGURA XI.1.2 COSTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPO  
(Miles de dólares)





**FIGURA XI.1.3 COSTO DE SUMINISTRO DE MATERIALES**  
(Millones de dólares)

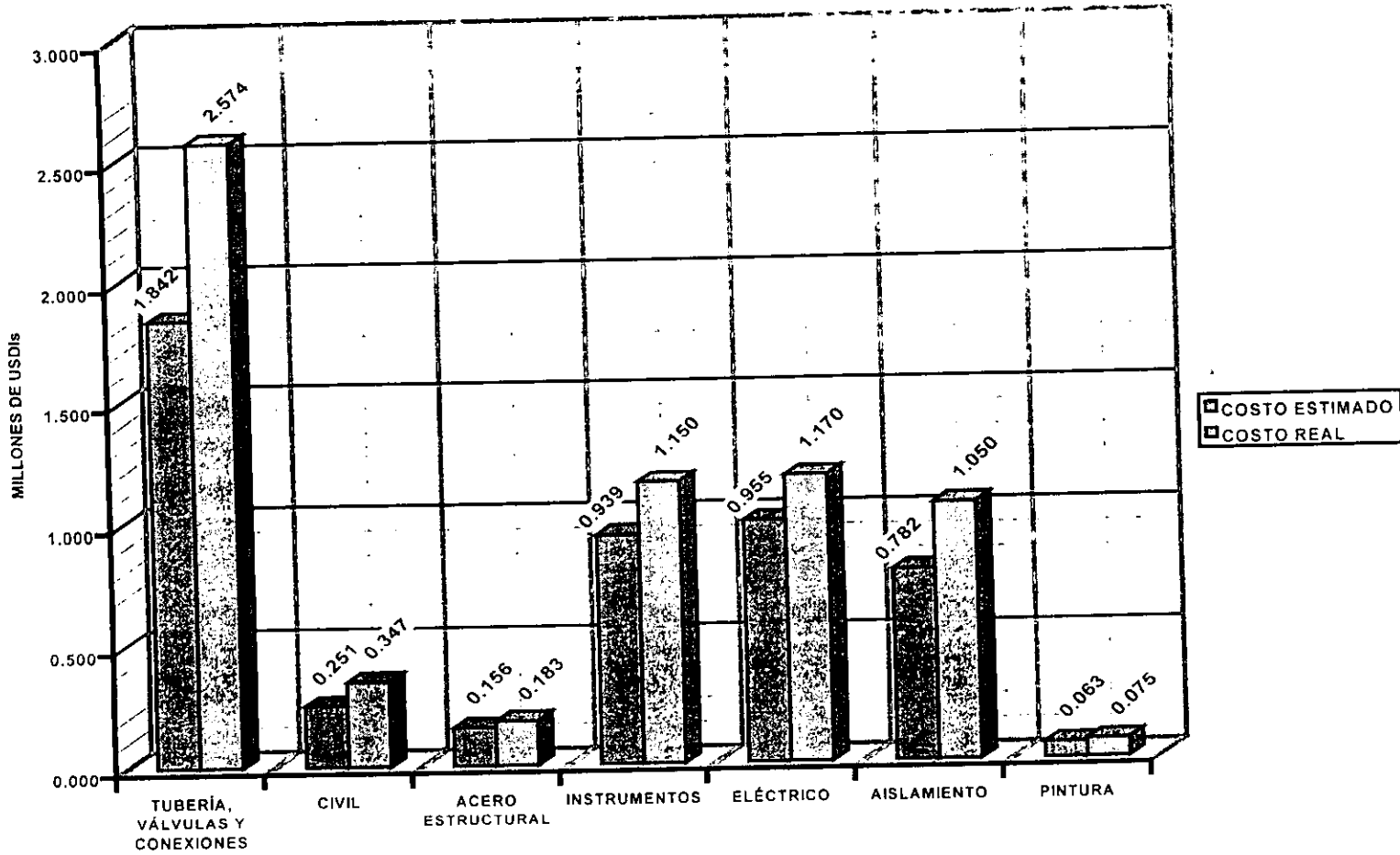
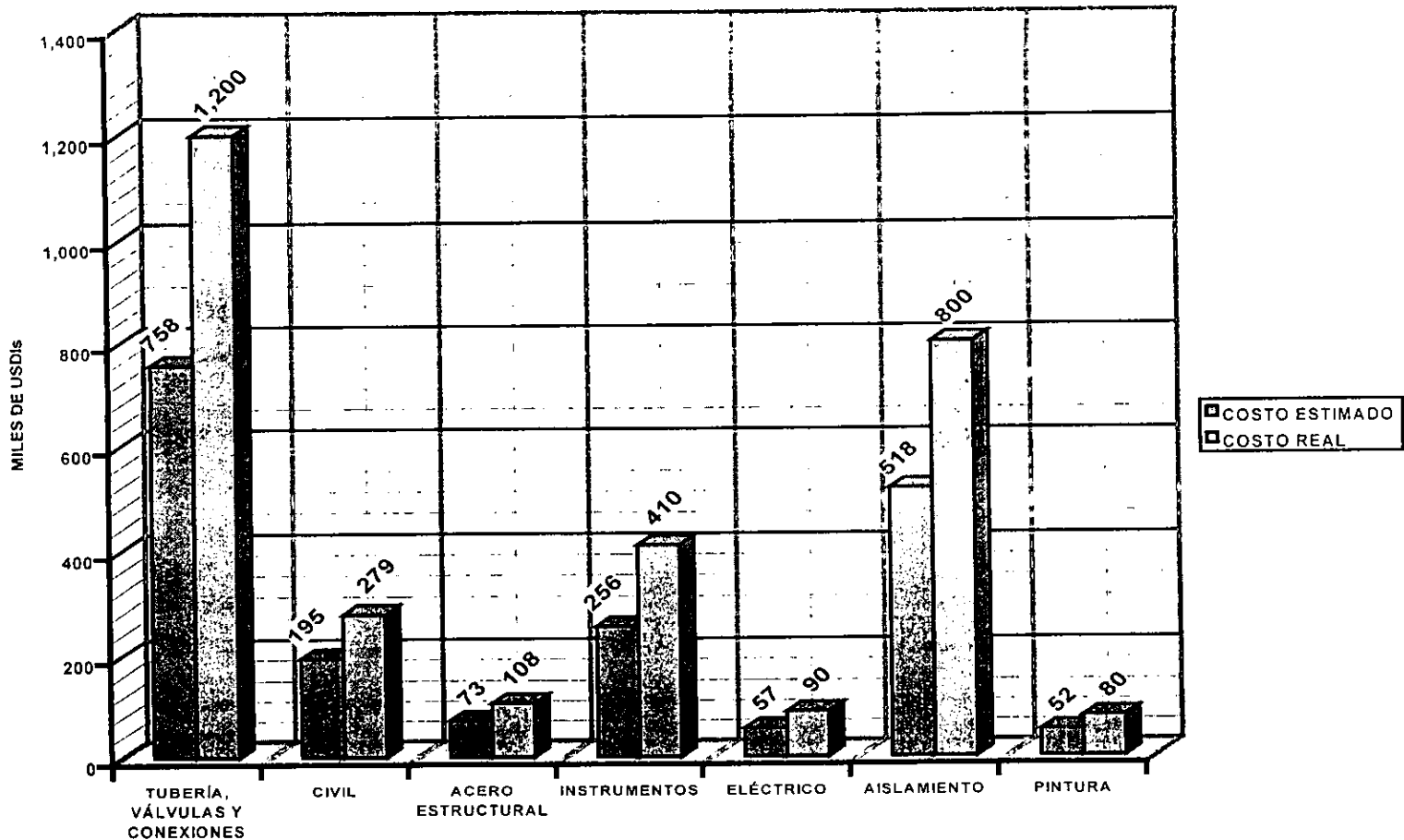


FIGURA XI.1.4 COSTO DE INSTALACIÓN DE MATERIALES  
(Miles de dólares)



## CAPÍTULO XII

### CONCLUSIONES.

El método propuesto ha mostrado tener la validez necesaria para realizar estimados de costos de inversión de equipos de proceso suficiente, y de la misma manera que los métodos existentes para estimar costos que aparecen en la literatura, éste es también confiable, dada la precisión mostrada, la cual es muy aceptable para un estimado preliminar de costos.

Aún cuando los resultados son satisfactorios, aún muestran un margen de error relativamente considerable; sin embargo, se debe estar consciente del alcance del método, el cual es de carácter estimativo y que por ello mismo no se le pueden exigir resultados rigurosos; ningún trabajo desarrollado relacionado con éste tema puede arrojar esa clase de resultados, aunque presuma de un tratamiento muy profundo y especializado de los datos con los que ha sido creado.

Se podría pensar que éste trabajo fue elaborado para posteriormente pasar a ser uno más de la gran cantidad de formas de estimar costos, pero en éste caso, se cuenta con una alternativa para hacer un estimado de costos de una manera integral, ya que incluye costos no nada más de los equipos que intervienen en una planta de proceso, sino que también las instalaciones que requieren tales equipos para funcionar dentro del proceso, por lo que tiene la particularidad de realizar estimados más completos y precisos.

Se diseñó para cubrir la mayor cantidad de opciones posibles de variaciones de material, y cuando es aplicable, de forma, con base a factores de corrección. De ésta manera, se debe notar el esfuerzo por detallar y perfeccionar el método para que tenga buena confiabilidad por parte del usuario.

Cabe señalar que el método se caracteriza por la sencillez del algoritmo de cálculo, mismo que depende de solamente una variable de fácil acceso, evitando procedimientos engorrosos y que en algún momento pudieran confundir a quien lo usa, siendo ésta la principal bondad de éste trabajo.

Es necesario hacer notar que para hacer un uso correcto y adecuado del método propuesto, se debe tener el criterio suficiente para interpretar los valores que se obtienen a partir de las ecuaciones o nomogramas y tener en cuenta que es sólo una aproximación que debe ser tomada con reserva, como ya se apuntó en el capítulo anterior.

En lo que se refiere al manejo de los intervalos de validez, por ningún motivo es permisible extrapolar las funciones obtenidas hacia debajo de los valores mínimos, porque es difícil encontrar equipos aún más pequeños, y los resultados pueden ser absurdos; para extrapolar por encima de los valores máximos especificados en los nomogramas, es conveniente que se tenga una idea clara sobre la posibilidad de que existan equipos que manejen valores por encima del intervalo especificado para las variables que les corresponden.

Se debe tener claro que no necesariamente cada vez que se haga un estimado de inversión de una planta con base al costeo de los equipos y de los materiales se tendrá una desviación de sólo el 8%, en el ejemplo resuelto pudo ser que haya habido una coincidencia afortunada de costos, pero si se realizara otro ejemplo, digamos con una planta menos convencional que involucre equipos especiales o de diseño exclusivo, se podría tener una desviación mayor al 8%, que bien daría la impresión de que los nomogramas o ecuaciones no sirven y que es mejor recurrir a otras maneras de estimar costos.

Sea cual fuera la situación, es recomendable el uso continuo de éste método, por sus características y porque con su uso, se podrían conocer las circunstancias en que arrojará estimados de diferente precisión, dando por resultado, el descubrimiento de criterios para su utilización y corrección de resultados.

Finalmente es necesario recalcar que todo el contenido de ésta tesis se enfoca hacia el proceso, es decir, analiza todo lo que está dentro de límites de batería.

## APÉNDICE A

### ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING PARA EQUIPO Y MATERIALES.

Los índices de CHEMICAL ENGINEERING que se presentan en la tabla A-1, nos permiten "escalar" los costos de los equipos y de los rubros que se analizaron en el presente trabajo a través del tiempo, con el fin de actualizar los costos obtenidos con el método, desde la fecha de octubre del 1999 (fecha de referencia para los nomogramas y ecuaciones) a cualquier otra fecha que es presentada junto con los índices de escalación.

Los índices se encuentran dispuestos en orden por fecha y para cada uno de los rubros correspondientes; dichos rubros deben ser identificados entre los reportes de los índices de la tabla A-1 para saber que índice aplicar para cada caso:

- **Cambiadores y tanques:** Éste rubro involucra cambiadores de calor y rehervidores, así como la "tanquería" que se refiere a los tanques atmosféricos, recipientes a presión y torres.
- **Maquinaria de proceso:** Aquí se hace referencia a las máquinas que intervienen en el proceso, pero que no están catalogados como equipo mayor, pueden ser, por ejemplo, transportadores de banda, tolvas, molinos, trituradores, etc.
- **Tubería, válvulas y accesorios:** Se especifica lo mismo que para el rubro de tubería considerado a lo largo del trabajo.
- **Instrumentos de proceso:** Son los índices para escalar los instrumentos especificados dentro de éste rubro.
- **Bombas y compresores:** Involucra a dichos equipos.
- **Equipo eléctrico:** Motores eléctricos, transformadores,
- **Soportes estructurales y misceláneos:** Se refiere al acero estructural y al concreto, así como a los misceláneos que pueden ser el aislamiento y la pintura.

Finalmente se extrapolaron los índices para estimar su valor en el futuro, a partir de mayo de 2000, los cuales se encuentran en cursivas en la tabla A-1. Por ejemplo:

Estimar el costo de la torre ejemplificada en el capítulo X, para el mes de noviembre del año 2001.

Costo de suministro del equipo = 2,112,533 USDIs.  
Costo de suministro de tubería = 151,407 USDIs.  
Costo de suministro del civil = 14,579 USDIs.  
Costo de suministro del acero estructural = 29,913 USDIs.  
Costo de suministro del eléctrico = 4,970 USDIs.  
Costo de suministro de los instrumentos = 41,019 USDIs.  
Costo de suministro del aislamiento = 105,596 USDIs.  
Costo de suministro de la pintura = 1,633 USDIs.

Usando los índices de CHEMICAL ENGINEERING (CE) obtenemos los siguientes resultados:

EQUIPO:

Para escalar el costo de la torre se toma en cuenta el índice del rubro que especifica cambiadores y tanques:

$$I_{\text{nov 2001}} = 388.2.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 368.3.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 388.2 / 368.3 = 1.054.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado } (C_E) = \text{Costo base } (C_B) \times \text{FE}.$$

$$C_E = 2,112,533 \times 1.054 = 2,226,610 \text{ USDIs.}$$

Entonces el costo de la torre a noviembre de 2001 se estima en 2,226,610 USDIs.

Para los demás rubros se sigue de la misma manera.

## TUBERÍA:

Para escalar el costo de la tubería se toma en cuenta el índice del rubro que especifica tubería, válvulas y accesorios:

$$I_{\text{nov 2001}} = 561.5.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 541.5.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 561.5 / 541.5 = 1.037.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 151,407 \times 1.037 = 156,999 \text{ USDIs.}$$

## CONCRETO:

Para escalar el costo del civil se toma en cuenta el índice del rubro que especifica soportes estructurales y misceláneos:

$$I_{\text{nov 2001}} = 414.3.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 416.7.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 414.3 / 416.7 = 0.994.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 14,579 \times 0.994 = 14,495 \text{ USDIs}$$

## ACERO:

Para escalar el costo del acero estructural se toma en cuenta el índice del rubro que especifica soportes estructurales y misceláneos:

$$I_{\text{nov 2001}} = 414.3.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 416.7.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 414.3 / 416.7 = 0.994.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 29,913 \times 0.994 = 29,740 \text{ USDIs.}$$

## MATERIAL ELÉCTRICO:

Para escalar el costo del eléctrico se toma en cuenta el índice del rubro que especifica equipo eléctrico:

$$I_{\text{nov 2001}} = 350.6.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 336.2.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 350.6 / 336.2 = 1.043.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 4,970 \times 1.043 = 5,183 \text{ USDIs.}$$



## INSTRUMENTOS:

Para escalar el costo los instrumentos se toma en cuenta el índice del rubro que especifica instrumentos de proceso:

$$I_{\text{nov 2001}} = 387.4.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 366.2.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 387.4 / 366.2 = 1.058.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 41,019 \times 1.058 = 43,394 \text{ USDIs.}$$

## AISLAMIENTO:

Para escalar el costo del aislamiento se toma en cuenta el índice del rubro que especifica soportes estructurales y misceláneos:

$$I_{\text{nov 2001}} = 414.3.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 416.7.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 414.3 / 416.7 = 0.994.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 105,596 \times 0.994 = 104,962 \text{ USDIs.}$$

PINTURA:

Para escalar el costo de la pintura se toma en cuenta el índice del rubro que especifica soportes estructurales y misceláneos:

$$I_{\text{nov 2001}} = 414.3.$$

$$I_{\text{oct 1999}} = 416.7.$$

$$\text{Factor de escalación FE} = I_{\text{nov 2001}} / I_{\text{oct 1999}}.$$

$$\text{FE} = 414.3 / 416.7 = 0.994.$$

Se escala el costo con el factor de escalamiento obtenido:

$$\text{Costo escalado (C}_E\text{)} = \text{Costo base (C}_B\text{)} \times \text{FE}.$$

$$C_E = 1,633 \times 0.994 = 1,623 \text{ USDs.}$$

TABLA A-1 ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING (CE) PARA ESCALACIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES

	Ene-90	Feb-90	Mar-90	Abr-90	May-90	Jun-90	Jul-90	Ago-90	Sep-90	Oct-90	Nov-90	Dic-90
<b>EQUIPO</b>	388.8	389.0	388.9	390.5	391.7	391.8	393.5	393.0	394.2	393.7	395.8	395.9
Cambiadore y tanques	368.3	369.3	368.2	369.6	371.9	370.1	372.5	373.0	372.6	371.4	371.1	373.2
Maquinaria de proceso	360.1	362.1	361.9	360.6	361.4	366.3	367.2	375.6	369.6	367.2	372.6	371.1
Tubería, válvulas y accesorios	460.9	462.5	466.9	472.9	472.1	470.5	472.7	469.3	470.9	470.7	473.4	474.9
Instrumentos de proceso	349.4	349.3	351.5	362.0	362.4	351.8	363.8	365.7	366.6	366.7	365.1	364.9
Bombas y compresores	492.0	497.1	498.6	500.2	499.1	503.9	505.8	490.3	510.3	511.3	511.9	514.5
Equipo eléctrico	291.7	294.1	295.9	295.3	298.0	298.1	298.3	299.7	299.9	297.3	300.0	298.3
Soportes estructurales y misceláneos	364.2	351.8	342.8	343.0	346.1	346.6	346.2	344.0	346.8	351.3	351.3	351.2
	Ene-92	Feb-92	Mar-92	Abr-92	May-92	Jun-92	Jul-92	Ago-92	Sep-92	Oct-92	Nov-92	Dic-92
<b>EQUIPO</b>	365.2	391.5	366.3	393.7	393.7	392.0	389.5	390.8	390.2	391.3	390.0	391.0
Cambiadore y tanques	365.9	362.2	363.2	362.9	362.2	362.2	361.0	361.3	360.8	369.5	366.2	367.8
Maquinaria de proceso	378.2	377.7	377.9	377.7	379.6	379.9	365.1	379.9	379.4	380.2	380.5	381.9
Tubería, válvulas y accesorios	476.9	462.2	479.3	472.8	473.3	466.6	464.0	459.7	458.2	464.7	463.7	464.5
Instrumentos de proceso	363.3	365.1	365.1	368.7	368.3	368.7	369.1	368.6	367.3	366.5	364.2	365.7
Bombas y compresores	537.1	549.8	549.8	551.4	551.7	562.8	554.7	565.2	565.4	568.4	568.8	560.3
Equipo eléctrico	303.9	307.4	307.4	307.3	307.8	307.9	308.1	309.7	308.9	307.5	308.6	309.1
Soportes estructurales y misceláneos	339.5	334.5	334.5	329.2	327.3	323.3	326.6	325.3	326.5	326.8	328.8	326.8
	Ene-94	Feb-94	Mar-94	Abr-94	May-94	Jun-94	Jul-94	Ago-94	Sep-94	Oct-94	Nov-94	Dic-94
<b>EQUIPO</b>	397.5	401.6	402.0	402.0	403.3	405.3	406.5	409.5	409.4	413.5	413.8	415.9
Cambiadore y tanques	367.1	361.3	361.5	361.5	364.0	362.8	366.4	371.8	371.4	374.7	378.4	378.5
Maquinaria de proceso	387.6	390.6	391.7	391.9	383.3	392.0	395.0	396.4	396.4	398.9	399.3	399.6
Tubería, válvulas y accesorios	481.1	485.7	486.1	486.4	490.6	496.9	491.7	494.9	494.9	507.6	510.0	510.0
Instrumentos de proceso	367.8	360.2	360.4	360.7	362.1	365.3	366.6	366.7	367.1	371.1	373.3	373.6
Bombas y compresores	579.0	581.1	581.1	580.0	584.6	584.3	584.4	585.6	585.6	586.6	589.1	589.1
Equipo eléctrico	306.5	312.8	313.5	313.6	314.5	314.9	315.3	317.7	317.7	318.6	319.6	319.6
Soportes estructurales y misceláneos	338.7	345.7	345.4	345.6	348.8	345.8	349.6	349.0	349.0	345.6	345.0	345.0

TABLA A-1 ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING (CE) PARA ESCALACIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES

	Ene-91	Feb-91	Mar-91	Abr-91	May-91	Jun-91	Jul-91	Ago-91	Sep-91	Oct-91	Nov-91	Dic-91
<b>EQUIPO</b>	395.5	395.6	397.0	396.4	398.0	398.0	399.3	396.8	397.2	396.6	398.1	394.9
Cambiadores y tanques	371.3	369.1	371.2	369.7	374.4	370.0	371.2	367.5	365.9	365.6	367.6	365.3
Maquinaria de proceso	372.8	374.2	374.7	375.5	375.4	376.6	375.1	374.9	375.6	375.5	376.7	377.9
Tubería, válvulas y accesorios	473.8	476.8	477.2	476.7	476.7	481.4	488.6	484.8	486.5	485.2	488.0	476.9
Instrumentos de proceso	353.7	355.1	356.2	355.1	354.8	352.0	353.5	352.2	351.9	353.0	354.3	353.3
Bombas y compresores	519.8	522.6	524.5	530.0	530.0	534.8	533.0	533.8	535.5	535.5	535.6	537.1
Equipo eléctrico	302.1	301.4	305.2	305.0	305.0	304.9	303.7	304.8	304.7	305.4	304.6	303.9
Soportes estructurales y misceláneos	348.6	347.5	348.4	344.9	344.4	347.2	344.6	341.1	346.1	342.8	341.6	339.5
	<b>Ene-93</b>	<b>Feb-93</b>	<b>Mar-93</b>	<b>Abr-93</b>	<b>May-93</b>	<b>Jun-93</b>	<b>Jul-93</b>	<b>Ago-93</b>	<b>Sep-93</b>	<b>Oct-93</b>	<b>Nov-93</b>	<b>Dic-93</b>
<b>EQUIPO</b>	392.1	393.0	391.2	394.7	392.2	394.8	394.4	395.3	395.1	395.9	395.8	395.6
Cambiadores y tanques	356.6	357.4	355.1	356.4	356.3	356.2	358.4	359.0	358.2	359.2	357.9	358.7
Maquinaria de proceso	381.6	385.4	384.5	384.2	375.5	384.8	386.7	387.6	387.0	387.9	388.2	388.4
Tubería, válvulas y accesorios	466.0	464.5	459.8	473.3	467.5	470.4	465.1	467.0	465.8	465.8	469.7	471.3
Instrumentos de proceso	355.3	357.0	356.2	358.0	355.0	355.3	357.9	359.6	358.1	350.6	358.4	358.4
Bombas y compresores	557.4	559.5	559.9	572.2	573.0	572.6	572.5	573.2	573.5	573.5	575.3	575.3
Equipo eléctrico	310.0	310.7	312.0	311.0	310.4	310.6	311.2	310.5	311.1	311.1	311.4	311.8
Soportes estructurales y misceláneos	334.3	335.1	335.7	337.3	338.1	337.7	338.9	339.6	345.1	345.6	341.2	342.7
	<b>Ene-95</b>	<b>Feb-95</b>	<b>Mar-95</b>	<b>Abr-95</b>	<b>May-95</b>	<b>Jun-95</b>	<b>Jul-95</b>	<b>Ago-95</b>	<b>Sep-95</b>	<b>Oct-95</b>	<b>Nov-95</b>	<b>Dic-95</b>
<b>EQUIPO</b>	420.8	425.4	428.0	428.9	427.8	428.6	428.1	428.1	430.5	—	—	426.3
Cambiadores y tanques	381.0	389.3	392.5	393.8	395.9	393.5	391.3	393.8	393.4	—	—	392.1
Maquinaria de proceso	400.6	405.5	409.5	408.7	400.6	409.9	408.2	409.7	411.9	—	—	414.7
Tubería, válvulas y accesorios	521.5	522.0	524.5	525.0	521.1	523.5	526.1	525.9	525.3	—	—	501.7
Instrumentos de proceso	373.0	381.0	381.4	381.0	380.8	378.3	378.5	378.0	378.0	—	—	370.7
Bombas y compresores	593.2	595.5	600.3	601.1	601.2	601.6	598.7	601.3	602.1	—	—	607.6
Equipo eléctrico	322.7	323.2	323.6	324.6	324.5	325.2	328.2	329.7	329.1	—	—	331.2
Soportes estructurales y misceláneos	354.6	355.3	356.7	360.2	360.4	360.8	361.3	361.0	371.6	—	—	377.5

TABLA A-1 ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING (CE) PARA ESCALACIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES

	Ene-96	Feb-96	Mar-96	Abr-96	May-96	Jun-96	Jul-96	Ago-96	Sep-96	Oct-96	Nov-96	Dic-96
<b>EQUIPO</b>	426.4	425.5	426.2	427.4	428.7	427.1	427.1	427.4	428.7	428.4	427.5	428.3
Cambiadore y tanques	369.2	369.8	367.2	367.4	368.6	366.7	366.2	365.9	368.0	365.9	365.2	365.0
Maquinaria de proceso	412.9	413.7	413.2	414.0	415.6	415.5	416.8	416.7	418.3	417.3	414.8	417.5
Tubería, válvulas y accesorios	507.3	506.2	511.5	510.0	517.1	514.3	514.2	514.0	514.1	517.5	518.5	519.2
Instrumentos de proceso	376.6	375.7	374.4	372.8	375.7	372.3	369.7	369.3	369.4	368.8	369.1	372.0
Bombas y compresores	610.2	609.4	613.5	613.9	613.2	613.5	614.0	615.9	616.4	616.9	617.9	618.7
Equipo eléctrico	332.3	333.2	333.4	332.8	333.6	333.6	332.4	332.2	332.6	333.2	323.3	332.8
Soportes estructurales y misceláneos	374.7	365.0	370.9	363.7	374.5	373.5	375.7	378.6	361.1	360.2	379.1	375.5
	Ene-98	Feb-98	Mar-98	Abr-98	May-98	Jun-98	Jul-98	Ago-98	Sep-98	Oct-98	Nov-98	Dic-98
<b>EQUIPO</b>	436.5	436.6	433.0	432.3	432.5	432.0	434.8	437.1	435.5	437.3	436.5	436.5
Cambiadore y tanques	366.0	365.7	365.7	362.5	363.4	362.2	363.8	363.2	361.0	360.9	360.3	360.1
Maquinaria de proceso	428.8	428.4	428.4	428.6	428.7	428.8	432.6	432.1	429.7	435.8	433.8	433.6
Tubería, válvulas y accesorios	534.2	535.1	520.9	520.1	519.4	519.4	523.7	534.5	533.6	537.0	536.1	536.1
Instrumentos de proceso	367.4	368.0	368.5	367.0	366.0	366.6	363.4	364.3	364.0	363.4	363.2	363.2
Bombas y compresores	642.9	644.3	647.2	648.7	648.9	648.9	649.2	649.1	649.6	650.4	651.4	651.4
Equipo eléctrico	332.5	332.1	331.8	334.0	334.0	334.0	333.5	334.1	334.2	334.3	334.0	334.0
Soportes estructurales y misceláneos	365.6	364.6	364.7	369.0	369.8	369.8	369.2	402.5	400.4	402.6	401.5	401.5
	Ene-00	Feb-00	Mar-00	Abr-00	May-00	Jun-00	Jul-00	Ago-00	Sep-00	Oct-00	Nov-00	Dic-00
<b>EQUIPO</b>	436.8	435.8	437.2	437.4	445.6	446.1	446.6	447.1	447.6	448.1	448.6	449.1
Cambiadore y tanques	371.4	370.7	372.1	373.1	385.2	385.4	385.5	385.7	385.9	386.1	386.2	386.4
Maquinaria de proceso	434.2	434.5	438.1	438.6	444.3	445.0	445.7	446.3	447.0	447.7	448.3	449.0
Tubería, válvulas y accesorios	537.3	540.5	541.3	540.5	549.4	549.2	549.9	550.6	551.3	552.1	552.8	553.5
Instrumentos de proceso	365.7	367.1	367.5	367.9	384.5	384.7	384.8	385.0	385.1	385.3	385.5	385.6
Bombas y compresores	665.9	669.3	669.6	663.7	679.5	680.9	682.3	683.6	685.0	686.4	687.8	689.2
Equipo eléctrico	337.9	338.7	338.8	339.5	343.9	344.2	344.6	345.0	345.4	345.7	346.1	346.5
Soportes estructurales y misceláneos	410.1	409.4	410.8	407.1	403.0	403.7	404.3	404.9	405.6	406.2	406.8	407.4

TABLA A-1 ÍNDICES DE CHEMICAL ENGINEERING (CE) PARA ESCALACIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES

	Ene-97	Feb-97	Mar-97	Abr-97	May-97	Jun-97	Jul-97	Ago-97	Sep-97	Oct-97	Nov-97	Dic-97
<b>EQUIPO</b>	429.4	431.5	431.5	431.7	431.9	433.6	434.2	435.5	435.8	436.6	436.1	436.1
Cambiadores y tanques	385.4	384.7	384.6	386.3	384.3	384.5	384.2	384.0	385.6	386.0	386.2	386.1
Maquinaria de proceso	421.8	426.4	426.4	422.3	421.7	424.3	425.7	425.0	427.0	427.5	427.4	427.4
Tubería, válvulas y accesorios	522.6	529.3	529.3	529.6	535.3	539.1	542.7	539.0	537.2	538.7	537.1	536.8
Instrumentos de proceso	371.9	373.6	374.3	373.9	373.6	374.9	372.3	370.9	371.2	371.3	370.3	370.7
Bombas y compresores	620.9	626.6	626.6	628.0	628.4	634.0	634.7	635.5	636.2	639.6	638.9	639.6
Equipo eléctrico	331.1	331.0	331.0	331.2	332.4	331.5	332.3	331.7	331.6	332.4	332.0	333.2
Soportes estructurales y misceláneos	372.0	370.3	370.3	370.0	368.4	368.7	367.7	391.4	397.8	397.6	397.0	396.4
	Ene-99	Feb-99	Mar-99	Abr-99	May-99	Jun-99	Jul-99	Ago-99	Sep-99	Oct-99	Nov-99	Dic-99
<b>EQUIPO</b>	436.2	434.1	—	—	—	—	—	—	436.8	436.5	436.5	436.9
Cambiadores y tanques	373.6	372.7	—	—	—	—	—	—	371.4	368.3	370.0	370.9
Maquinaria de proceso	432.0	431.1	—	—	—	—	—	—	436.0	434.2	434.9	435.5
Tubería, válvulas y accesorios	536.4	533.5	—	—	—	—	—	—	541.5	540.8	541.5	542.7
Instrumentos de proceso	361.1	360.7	—	—	—	—	—	—	365.0	366.2	365.7	366.4
Bombas y compresores	662.6	668.1	—	—	—	—	—	—	666.8	660.2	661.3	669.1
Equipo eléctrico	335.1	334.7	—	—	—	—	—	—	335.2	336.2	337.1	336.9
Soportes estructurales y misceláneos	407.6	411.2	—	—	—	—	—	—	417.2	416.5	416.7	414.8
	Ene-01	Feb-01	Mar-01	Abr-01	May-01	Jun-01	Jul-01	Ago-01	Sep-01	Oct-01	Nov-01	Dic-01
<b>EQUIPO</b>	449.6	450.1	450.5	451.0	451.5	452.0	452.5	453.0	453.5	454.0	454.5	455.0
Cambiadores y tanques	386.6	386.7	386.9	387.1	387.2	387.4	387.6	387.7	387.9	388.1	388.2	388.4
Maquinaria de proceso	449.7	450.3	451.0	451.7	452.4	453.0	453.7	454.4	455.0	455.7	456.4	457.0
Tubería, válvulas y accesorios	554.3	555.0	555.7	556.4	557.2	557.9	558.6	559.4	560.1	560.8	561.5	562.3
Instrumentos de proceso	385.8	385.9	386.1	386.2	386.4	386.6	386.7	386.9	387.0	387.2	387.4	387.5
Bombas y compresores	690.5	691.9	693.3	694.7	696.1	697.4	698.8	700.2	701.6	703.0	704.4	705.7
Equipo eléctrico	346.9	347.2	347.6	348.0	348.4	348.8	349.1	349.5	349.9	350.3	350.6	351.0
Soportes estructurales y misceláneos	408.1	408.7	409.3	409.9	410.6	411.2	411.8	412.5	413.1	413.7	414.3	415.0

## BIBLIOGRAFÍA

1. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad reductora de viscosidad. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1053. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4, 5.
2. PETRÓLEOS MEXICANOS. Destilación al vacío. Localización: Minatitlán, Veracruz. Contrato: E-1059. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4.
3. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta recuperadora de etano y licuables. Localización: Cactus, Chiapas. Contrato: E-1083. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.
4. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta de etileno. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1085. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.
5. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrodesulfuradora de destilados intermedios. Localización: Salina Cruz, Oaxaca. Contrato: E-1097. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3.
6. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrodesulfuradora de naftas. Localización: Salina Cruz, Oaxaca. Contrato: E-1098. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2.
7. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta estabilizadora de crudo. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1099. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3.
8. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta reformadora de naftas. Localización: Cadereyta, Nuevo Leon. Contrato: E-1110. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3.
9. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrodesulfuradora de destilados intermedios. Localización: Cadereyta, Nuevo Leon. Contrato: E-1111. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4.
10. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta recuperadora de hidrocarburos licuables. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1127. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4, 5.
11. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad de destilación atmosférica. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1167. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4, 5, 6.
12. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad de destilación al vacío. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1168. Manual de datos de fabricante. Volumen III, tomos 1, 2, 3, 4.
13. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad reductora de viscosidad. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1053. Libro de proceso.
14. PETRÓLEOS MEXICANOS. Destilación al vacío. Localización: Minatitlán, Veracruz. Contrato: E-1059. Libro de proceso.
15. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta recuperadora de etano y licuables. Localización: Cactus, Chiapas. Contrato: E-1083. Libro de proceso.
16. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta de etileno. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1085. Libro de proceso.

17. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrosulfuradora de destilados intermedios. Localización: Salina Cruz, Oaxaca. Contrato: E-1097. Libro de proceso.
18. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrosulfuradora de naftas. Localización: Salina Cruz, Oaxaca. Contrato: E-1098. Libro de proceso.
19. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta estabilizadora de crudo. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1099. Libro de proceso.
20. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta reformadora de naftas. Localización: Cadereyta, Nuevo Leon. Contrato: E-1110. Libro de proceso.
21. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta hidrosulfuradora de destilados intermedios. Localización: Cadereyta, Nuevo Leon. Contrato: E-1111. Libro de proceso.
22. PETRÓLEOS MEXICANOS. Planta recuperadora de hidrocarburos licuables. Localización: La Cangrejera, Veracruz. Contrato: E-1127. Libro de proceso.
23. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad de destilación atmosférica. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1167. Libro de proceso.
24. PETRÓLEOS MEXICANOS. Unidad de destilación al vacío. Localización: Tula, Hidalgo. Contrato: E-1168. Libro de proceso.
25. RASE, HOWARD F., M. H. BARROW. Ingeniería de proyectos para plantas de proceso.
26. CHEMICAL ENGINEERING. CE Index. Vol. 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107.
27. ICARUS 2000.