

## **TÍTULO**

CONSTRUCCIÓN DE UNA PRENSA HIDRÁULICA MANUAL DE 200 TONELADAS.

## **AUTORES**

Ronald Giancarlo Muñoz Vinueza <sup>1</sup>  
Rodolfo Paz Mora <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Mecánico 2000

<sup>2</sup> Director de Tópico, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1978, Postgrado EEUU, Universidad Estatal Minnensota, 1981, Postgrado Bélgica, Universidad de Gante, 1990. Profesor de ESPOL desde 1981.

## **RESUMEN**

En el taller de mantenimiento de una Compañía, existía un gato hidráulico manual cuya carga de trabajo es 200 toneladas. Su utilización se remitía exclusivamente a servir de punto de apoyo móvil cuando se realizaba chequeo o reposición de piezas en la parte inferior o en los mandos finales de la maquinaria pesada que trabajaba en la Planta.

Cuando existían partes mecánicas, los cuales, por la clase de trabajo a que estaban sometidas, necesitaban tener ajuste entre ejes y agujeros de tipo indeterminado, resultaba escabroso el proceso de desacoplamiento de dichos elementos de máquinas, pues se lo hacía mediante golpes, previo calentamiento de las piezas.

Para resolver este problema, se estudió la factibilidad de la construcción de una prensa manual de tal manera que se convierta en una herramienta útil para la operación de montaje y desmontaje de dichos elementos.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo consiste en documentar el desarrollo de la solución de un problema de ingeniería, es decir, el proceso desarrollado desde la identificación del problema hasta la especificación y construcción de la solución.

El texto esta redactado de tal manera que sea de lectura amena, contiene tópicos que generalmente no se tratan durante el desarrollo de la carrera del futuro profesional, y está enfocado, básicamente, a estudiantes de los primeros niveles de las carreras de Ingeniería, hacia quienes va dirigido este estudio.

Bajo este esquema se describe el proceso de diseño y construcción del equipo, es decir, identificación, definición y análisis del problema; búsqueda, decisión y especificación de la solución; y, por último, planificación, organización, dirección y control de la construcción de la prensa. Además se detallan costos y pruebas realizadas para la certificación del diseño.

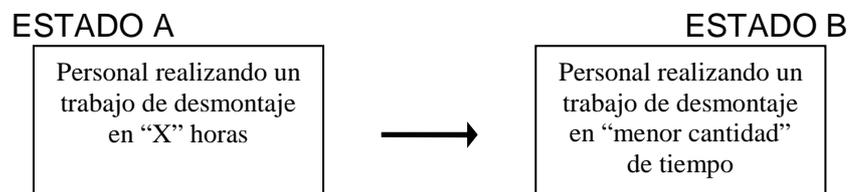
## **CONTENIDO**

### **1. PROCESO DE DISEÑO**

#### **1.1 Definición del problema.**

Las situaciones relacionadas y los inconvenientes presentados cuando se requería realizar desmontajes de ciertos elementos de máquinas surgían problemas, pues no se contaba con una herramienta apropiada para brindar mantenimiento a estos equipos, utilizándose gran cantidad de tiempo y esfuerzo al momento de efectuar el desmontaje y montaje de estas piezas. Lo mismo sucedía cuando, se necesitaba efectuar alguna pequeña tarea de embutición. Para el caso de los trabajos de embutición, estos eran tercerizados, es decir, eran contratados externamente.

Para la definición acertada del problema se utilizará un enfoque de dos situaciones distintas: la situación actual, donde se encuentra el problema y la situación futura, donde el problema está resuelto, es decir, se va a definir un estado A, inicial, que es el actual donde se encuentra en un principio; y un estado B, final, que es dónde se quiere llegar.



## **1.2 Análisis del problema.**

Los estados A y B definidos anteriormente tienen ciertas características que pueden ser estáticas o dinámicas. Generalmente en los problemas de ingeniería las características dinámicas son mayores que las estáticas y adquieren el nombre de variables de entrada y variables de salida.

### **1.2.1. Variables de entrada**

- Piezas listas para desacoplamiento o desmontaje, se encontraban “tomadas”, dificultándose trabajar en ellas (Cuando se utiliza en el texto la palabra “tomadas”, se refiere a que las piezas se encuentran muy ajustadas entre sí, debido al esfuerzo soportado mientras estaban trabajando).
- Realización de un trabajo de mantenimiento ocupaba “determinado número” de horas-hombre.
- Tipo y medidas del material utilizado en trabajo de embutición.

### **1.2.2. Variables de salida.**

- Trabajo realizado utilizando “la tercera parte del tiempo inicial” en horas-hombre.
- Herramienta disponible para trabajos de mantenimiento.
- Menos trabajo acumulado y disponibilidad de personal para otras labores de mantenimiento.

### **1.2.3. Restricciones.**

- No debe afectar el medio ambiente.
- En lo posible, los materiales requeridos conseguirlos de depósito de materiales usados (no comprar material).
- Debe operar en todas las condiciones requeridas.
- Mínimo costo de fabricación.

### **1.2.4. Criterios.**

- Facilidad de operación.
- Seguridad para el usuario.
- Facilidad de mantenimiento, reparación y limpieza.

## **1.3 Búsqueda de soluciones posibles.**

Luego de realizar el análisis exhaustivo del problema, se procederá de manera sistemática, a la búsqueda de soluciones válidas para el problema presentado. El primer paso fue la búsqueda de un diseño de forma de la prensa hidráulica, trabajo que consistió en buscar diseños en catálogos de productos, revistas técnicas.

A continuación las alternativas de solución al problema en cuestión:

- Prensa hidráulica con dos apoyos y cilindro hidráulico fijo.
- Prensa hidráulica con dos apoyos y cilindro hidráulico móvil, y sistema de regulación manual de altura de apoyos.
- Prensa hidráulica con cuatro apoyos y cilindro hidráulico móvil, y sistema de regulación manual de altura de apoyos.

#### **1.4 Decisión de la solución.**

Los criterios utilizados para la decisión de la solución, serán descritos en forma pormenorizada, tomando en cuenta su aplicación específica en las características de las tres alternativas de solución al problema.

El primer criterio utilizado es la operatividad. Se define por operatividad a la facilidad y versatilidad que brinda la maquinaria para su fácil operación, por parte de la persona encargada de hacerlo. El segundo criterio es seguridad. Se define por seguridad al conjunto de normas procedimientos y prácticas que al cumplirlas, brindan al trabajador un ambiente propicio para el cumplimiento de sus labores, evitando la presencia de condiciones inseguras y cuidando la no ejecución de actos inseguros. El tercer criterio es la mantenibilidad. Se define como mantenibilidad a la facilidad para brindar mantenimiento o reparación a un equipo, sin incurrir en la utilización de largos periodos de tiempo y con mínima participación de recursos.

El esquema consiste en asignar un puntaje determinado a los subcriterios de selección, para después condensarlos en los criterios de selección.

A continuación se procede a utilizar una matriz de decisión para la elección de la alternativa adecuada.

**TABLA  
PUNTAJE ASIGNADO A CADA ALTERNATIVA SEGÚN CADA CRITERIO  
DE SELECCIÓN.**

Criterio	Alternativa #1	Alternativa #2	Alternativa #3
Operatividad.	6	7	8
Seguridad.	6	4	7
Mantenibilidad.	6	9	9
Promedio	6	6.7	8

La alternativa #3 es la que cumple con los más altos indicadores para eficaz desempeño de las labores. Por lo tanto la solución adecuada es la prensa hidráulica con cuatro apoyos y cilindro hidráulico móvil y sistema de regulación manual de altura de apoyos.

### 1.5 Especificación de la solución.

A partir de estos parámetros asumidos, comienza el proceso de verificación, sometiendo nuestro diseño a un proceso de certificación mediante cálculos de ingeniería, para corroborar las medidas y evitar el colapso futuro del sistema.

Para facilitar el proceso, se procede a detallar las partes constitutivas, numerándolas y asignándoles un nombre.

TABLA  
PARTES CONSTITUTIVAS DE LA PRENSA HIDRÁULICA.

Elemento	Denominación	Cantidad
1	Viga transversal de soporte de cilindro hidráulico	1
2 - 3 - 4 - 5	Columnas de prensa hidráulica	4
6 - 7	Viga transversal de soporte de pieza de trabajo	2
8 - 9 - 10 - 11	Pines de apoyo	4
12	Placas laterales de cuerpo móvil	2
13	Perno de apoyo de rodamiento	2
14	Rodamiento	2
15	Placa de sujeción de cilindro	1

La justificación del diseño se describe a continuación:

#### 1.5.1. Análisis de elementos de prensa hidráulica.

**Elemento #1** (ver anexo # 5).

Viga transversal de soporte de cilindro hidráulico (viga I).

Longitud = 1900 mm.

Longitud de las alas = 300 mm.

Altura = 450 mm.

Espesor de las alas = 32 mm.

Espesor del alma = 24 mm.

Carga máxima = 1960000 N (200 toneladas).

**Elemento #2 - #3 - #4 - #5** (ver anexo # 5).

Columnas de prensa hidráulica (viga I).

Longitud = 2700 mm.

Longitud de las alas = 300 mm.

Altura = 300 mm.

Espesor de viga = 20 mm.

Carga máxima = 490000 N (la carga inicial se reparte entre las 4 columnas).

**Elemento #6 - #7** (ver anexo # 5).

Viga transversal de soporte de pieza de trabajo (viga I).

Longitud = 1500 mm.  
 Longitud de las alas = 240 mm.  
 Altura = 240 mm.  
 Espesor de las alas = 38 mm.  
 Espesor del alma = 32 mm.  
 Carga máxima = 980000 N.

**Elemento #8 - #9 - #10 - #11 (ver anexo # 5).**

Pines de apoyo.  
 Longitud = 300 mm.  
 Diámetro = 80 mm.  
 Carga máxima = 245000 N.

A continuación se presenta una tabla donde se detalla los esfuerzos y los factores de seguridad de cada uno de los elementos que conforman la prensa hidráulica

TABLA  
 ESFUERZOS Y FACTORES DE SEGURIDAD PARA ELEMENTOS DE  
 PRENSA HIDRÁULICA

Elemento	Esfuerzo	Factor
Viga transversal soporte de cilindro hidráulico	75 Mpa. (Flexión)	2.3
Viga transversal soporte de cilindro hidráulico	34 Mpa. (Cortante)	
Columnas de prensa hidráulica	28 Mpa. (Tensión)	8.7
Viga transversal soporte de pieza de trabajo	199 Mpa. (Flexión)	1.24
Viga transversal soporte de pieza de trabajo	14 Mpa. (Cortante)	
Pines de apoyo	24 Mpa. (Cortante)	5.1

**1.6 Métodos alternativos de diseño.**

Cabe resaltar que con el desarrollo de la tecnología, en la actualidad, se hace uso tanto para análisis como para justificación, modelos matemáticos más desarrollados, mediante la aplicación de programas de computación.

El objetivo de este proceso es, certificar que los modelos matemáticos utilizados para el dimensionamiento de los elementos de la prensa hidráulica, son los adecuados.

El programa constituye una ayuda adicional para el diseño de elementos, pues permite simular variaciones en las condiciones de operación, hasta el caso último donde se presenta la falla del elemento. Además, otro factor clave para la adopción de esta herramienta es la rapidez de realización del cálculo. Además su utilización, permite realizar el contraste de los resultados

que se obtuvieron al usar el método tradicional para diseño mecánico de elementos de máquinas, donde se utilizan las teorías de esfuerzos con el objeto de dimensionar elementos y proveer factores de seguridad adecuados para el confiable desempeño del equipo.

### **1.6.1. Simulación de desempeño de prensa hidráulica.**

Para el caso de la prensa manual de 200 toneladas, los resultados de la simulación del comportamiento de cada elemento, más importantes y conflictivos son los siguientes:

TABLA.  
ESFUERZOS Y FACTORES DE SEGURIDAD PARA ELEMENTOS DE  
PRENSA HIDRÁULICA

Elemento	Esfuerzo	Factor
Viga transversal soporte de cilindro hidráulico	130 Mpa (Flexión)	1.9
Viga transversal soporte de pieza de trabajo.	163 Mpa (Flexión)	1.5

En comparación con los valores calculados mediante los métodos tradicionales de diseño de elementos mecánicos, se encuentra, que los esfuerzos determinados por esta metodología de cálculo, difieren.. Sin embargo, en la realidad, el equipo está sobredimensionado, pues la carga utilizada para los cálculos (200 toneladas), es la máxima carga que soportará el equipo en cualquier ambiente de trabajo.

## **2. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.**

### **2.1 Implantación de la solución.**

En el proceso de construcción se realizan las labores de organización, planificación, dirección y control de la obra. Dentro de estas labores se efectúan o verifican tópicos tales como: disposición de recursos, materiales a utilizar en la construcción, tiempo de ejecución, requerimientos de mano de obra, evaluación de avances, retroalimentación de proceso y manejo de imprevistos.

### **2.2 Planificación de la construcción.**

El presupuesto de tiempo para la obra en cuestión, se lo detalla en la tabla siguiente:

TABLA.  
PRESUPUESTO DE TIEMPO PARA LA OBRA

ACTIVIDAD	TIEMPO
Diseño de prensa hidráulica	3 semanas
Obtención de materiales	2 semanas
Construcción	4 semanas
Pruebas con carga de trabajo	1 semana

### 2.3 Organización de la construcción.

Los recursos que se necesitan para la ejecución del proyecto son: materiales, mano de obra, tiempo, todo esto asociado al respectivo costo de cada factor. Vale la pena destacar que la búsqueda constante en la reducción de costos, hace que los encargados del manejo de estos recursos, se vuelvan muy prolijos en la aplicación de métodos de trabajo cuyo objetivo sea la optimización de los disponibles, maximizando la operación en su conjunto

En lo concerniente a materiales, luego de efectuarse el diseño del equipo se obtuvo una lista para la construcción.. La lista se detalla a continuación:

TABLA  
LISTA DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE PRENSA

ITEM	MATERIAL	CANTIDAD
1	Viga I: (450 x 300 x 32 x 24); L= 1900 mm.	1 u.
2	Viga I: (300 x 300 x 20); L= 2600 mm.	4 u.
3	Viga I: (240 x 240 x 38 x 32); L= 1500 mm.	2 u.
4	Barra Cilíndrica: L= 300; $\phi$ =80.	4 u.
5	Arandela: t= 12; $\phi$ ext. = 100; $\phi$ int. = 80.	4 u.
6	Mangueras Hidráulicas: $\phi$ 12.5; 8000 psi.	2 u.
7	Aceite Hidráulico: SAE 10.	10 litros
8	Chapas metálicas L=1000; A=200; t=20.	2 u.
9	Chapas metálicas L=500; A=500; t=25.	2 u.
10	Pernos y tuercas $\phi$ 25.	2 u.
11	Rodamiento	2 u.
12	Soldadura E 7018.	10 Kg

El personal (2 mecánicos y 1 encargado de la obra) está dispuesto en turnos de 8 horas diarias, cinco días a la semana, durante el periodo de tiempo que durará la construcción de la prensa.

## **2.4 Dirección y control de la construcción.**

El primer paso consiste en explicar a los obreros qué es lo que se quiere o adonde se quiere llegar. Esto es necesario debido a que si la persona conoce la importancia o el beneficio que traerá la solución de un problema, es mucho más fácil obtener compromiso de parte de ellos, para la consecución del objetivo. Luego de explicar, en qué consistía la obra, se procedió a retirar del almacén los materiales necesarios para la realización del trabajo, previa disposición del encargado del proyecto. Así, se procedió a la construcción de la prensa

A continuación se muestra la prensa hidráulica construida.



Figura 4.2 Prensa Hidráulica Construida.

## **3. EVALUACIÓN DE RESULTADOS.**

### **3.1 Controles y retroalimentación.**

Al finalizar la construcción de la prensa hidráulica manual de 200 toneladas, el equipo está listo para realizar pruebas con carga de trabajo y en caso de ser necesario tomar las medidas correctivas pertinentes.

Existen varias técnicas que se pueden aplicar para realizar un efectivo control del rendimiento de un equipo. Entre estas se encuentran, rutinas predictivas de inspección, mantenimiento basado en riesgo, mantenimiento basado en confiabilidad, y monitoreo de condición.

### **3.2 Pruebas con cargas de trabajo.**

Las pruebas con cargas reales se efectuaron los días siguientes a la finalización de la construcción de la obra, utilizando trabajos que se encontraban rezagados en el taller por falta de recursos (entiéndase mano de obra), entre los cuales se encontraban los siguientes:

Acople de eje con piñón motriz de reductor de un molino de bolas.

#### **3.2.1. Prueba # 1.**

Trabajo #1:

Acople de eje con piñón motriz de reductor de un molino de bolas.

El procedimiento usado en el trabajo fue el siguiente:

- Se verifica la altura adecuada para el trabajo.
- Se posicionan elementos que soportan la pieza de trabajo mediante el sistema de pines.
- Se ubica el engranaje (pieza de trabajo).
- Se coloca aceite sobre la superficie del agujero de engranaje.
- Se introduce el eje en el agujero del engranaje, lentamente hasta donde sea posible.
- Se verifica la verticalidad del eje posicionado.
- Se coloca aceite en la junta formada entre el agujero del engranaje y el eje
- Mediante el sistema trolley (si es necesario) se ubica el cilindro hidráulico sobre el eje.
- Se acciona la bomba hidráulica manual para que el cilindro haga presión sobre el eje y lo comience a introducir.
- Por cada accionamiento del sistema hidráulico se verifica la verticalidad del eje y se coloca aceite para facilitar la introducción del elemento.
- Se repiten los dos pasos anteriores hasta que el eje este completamente posesionado con el engranaje.

### **3.3 Monitoreo de condición.**

El control implantado se conoce como monitoreo de condición, que significa un seguimiento constante del estado y condición del equipo, mediante toma de datos significativos que reflejen su estado. Así, los parámetros controlados fueron los siguientes: fuerza aplicada con carga de trabajo y deformación de los elementos sometidos a flexión.

El procedimiento usado fue el siguiente:

- Se verifica el trabajo que se va a realizar en la prensa (ajuste de elementos, matricería, etc.).
- Se mide la distancia existente entre la parte central de la viga transversal de la prensa y la parte central de las vigas que sirve de apoyo a la pieza de trabajo antes de realizar la labor. Esta medida está dada en milímetros.
- Cuando se está efectuando el trabajo se registra los valores de presión suministrados por la bomba manual durante la ejecución del trabajo.
- En el momento que se registra el mayor valor de presión se procede a la detención de la labor para verificar ciertos parámetros.
- Se mide la distancia existente entre la parte central de la viga transversal de la prensa y la parte central de las vigas que sirve de apoyo a la pieza de trabajo en el momento que ocurre la presión hidráulica máxima.
- Se efectúa la diferencia entre la medida final y la medida inicial.
- Al tener este valor se verifica la flexión de los elementos estructurados.
- En vista de que los elementos más propensos a sufrir flexión son los que soportan a la pieza de trabajo, a estos les es cargado el valor total de la deflexión y se compara con el máximo valor permitido de flexión calculada cuando el elemento aún se encuentra en la zona elástica de deformación, teniendo en cuenta que nunca debe exceder el valor contra el cual se está comparando.

Al implantar este procedimiento se aseguraba que los valores de deflexión no excedan el límite de deflexión del material en la zona elástica.

## **CONCLUSIONES**

1. La metodología utilizada para el diseño de la prensa es la adecuada para la resolución de los problemas de ingeniería.
2. Los modelos matemáticos aplicados para el dimensionamiento de los elementos constitutivos de la prensa, están al alcance de los interesados, mediante la aplicación de criterios manejados a través de las teorías de diseño de elementos mecánicos. Todas estas teorías están documentadas en los textos relacionados con el tema. Una muestra puede ser verificada en la bibliografía de este documento.
3. Los esfuerzos, calculados mediante las teorías de diseño de elementos mecánicos, son aproximaciones a los esfuerzos reales que soporta la prensa hidráulica. En vista de esto, el diseñador se vio en la necesidad de proteger su trabajo utilizando factores de seguridad mayores a los recomendados para este tipo de estructuras.
4. La certificación de la validez de los modelos matemáticos aplicados, fue realizada mediante la aplicación de un programa de computación, a

través de la simulación de los efectos de las cargas a las que sería sometida cuando esté operativa la prensa hidráulica. Como se menciona en el punto anterior, el diseño estaba sobredimensionado, comprobándose esto, luego de esta simulación.

5. La construcción de la prensa hidráulica fue el proceso que más imprevistos presentó, por lo tanto, el que mayor experiencia proveyó al encargado de la obra. Además en este lapso se tuvo que manejar conceptos de manejo de recursos (tiempo, materiales, mano de obra) y planeación para la eficiente realización de las labores de ejecución de la obra.
6. Es importante el concepto de manejar adecuadamente los pasivos ambientales, mediante la reutilización de materiales, que han sido separados de su función original y colocadas en espacios libres, los cuales pueden seguir siendo útiles en otras aplicaciones.
7. La retroalimentación del proceso se realizó mediante la ejecución de pruebas con cargas de trabajo reales. Estas pruebas se efectuaron sin reportar novedad alguna. Es importante mencionar, que para la prevención de posibles fallas, se creó un procedimiento de verificación donde se monitorean variables relacionadas con la adecuada operación de la prensa hidráulica.

## **REFERENCIAS**

1. KRICK EDWARD W. Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería. Editorial Limusa S.A. Tercera Edición. México. 1994.
2. LARBURU ARRIZABALAGA N. Máquinas Prontuario. Técnicas, Máquinas, Herramientas. Editorial Paraninfo S.A. Séptima Edición. Madrid. 1995.
3. OLEAS PABLO & CARRILLO GUSTAVO. Estudio de Impacto Ambiental. Áreas Mineras Huayco, Huayco II y Huayco IV (Informe, Cantebarsa S.A., La Cemento Nacional 1998)
4. RENDER BARRY & HAZER JAY. Principios de Administración de Operaciones. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Primera Edición. México. 1996.
5. SHIGLEY JOSEPH E. & MISCHKE CHARLES R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Mc Graw Hill. Quinta Edición (cuarta en español). México 1990
6. SOCIEDAD DE INGENIEROS DE MINAS DE ESPAÑA. Áridos. Manual de Prospección, Explotación y Aplicaciones. Gráfica Arias Montana S.A. Tercera Edición. Madrid. 1998
7. STONER JAMES A. & FREEDMAN R. EDWARD. Administración. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Quinta Edición. México. 1994.