



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

ASPECTOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS

ING. GABRIEL MORENO PECERO

JUNIO, 1979.



## ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Por (+)

GABRIEL MORENO PECERO.

### GENERALIDADES.

Dentro del curso de Cimentaciones Superficiales corresponde tratar en esta parte el análisis de capacidad de carga, es decir, se trata por lo tanto de responder a la pregunta: ¿qué esfuerzo permite el suelo que le imponga un cimiento superficial de manera que la estructura de la que forme parte ese cimiento, se comporte adecuadamente?

Los anteriores expositores han comentado ya, -- los tipos de cimentación superficial que se emplean comúnmente y los estudios previos que se requieren hacer para determinar el cimiento más conveniente a una estructura dada, que comprenden tanto al aspecto técnico de determinar las características mecánicas (resistencia, deformabilidad, etc.) del material o los materiales en que se efectuará el apoyo de los cimientos, así como la consideración de los aspectos económicos, de manera que mediante el conocimiento de los resultados de esos estudios previos, se puede ahora pasar a determinar la llamada capacidad de carga del cimiento elegido.

---

(+) Ingeniero Civil.-Maestría en Ingeniería.-Profesor de Mecánica de Suelos en la U.N.A.M. y en la Universidad Iberoamericana.-Jefe de la Oficina de Mecánica de Suelos de la Secretaría de Obras Públicas.

## INTRODUCCION.

Antes que nada, conviene hacer una definición de lo que se entenderá en esta exposición, por capacidad de carga del material de apoyo de un cimiento; al respecto, existen en los diferentes tratados, definiciones más o menos detalladas del concepto; como siempre, en ellas se tienen virtudes y defectos, por lo que el hecho de dar aquí una definición, es con el exclusivo propósito de entendernos. Tomando en cuenta lo anterior, se puede considerar que la capacidad de carga de un material de apoyo de un cimiento, es la magnitud del esfuerzo que transmite el cimiento al material y que produce en éste, su rotura. La capacidad de carga así definida, puesto que produce la falla del material de apoyo, se denomina capacidad de carga a la falla, desde luego en la práctica se afecta de un cierto factor de seguridad que determina la capacidad de carga admisible de proyecto o de diseño. Si se quisiera dar una definición aclaratoria de la capacidad de carga admisible, se podría proponer como tal: "es el esfuerzo que proporciona el cimiento de una estructura al material en que se apoya, de manera que el comportamiento del cimiento resulte adecuado a la función de la estructura". En esta definición habría que discutir qué es lo que se considera comportamiento adecuado de la estructura. En él, están implícitas dos condiciones a cumplir por el cimiento; primera, que no se produzca la rotura del material de apoyo, y segunda, que bajo la acción de las cargas impuestas por el cimiento, no se produzcan en el material de apoyo deformaciones considerables. En esta exposición, y tal como se ha dado la definición de capacidad de carga a la falla, se tratará exclusivamente del primer aspecto, ya que el segundo, será objeto de la exposición que seguirá a la presente.

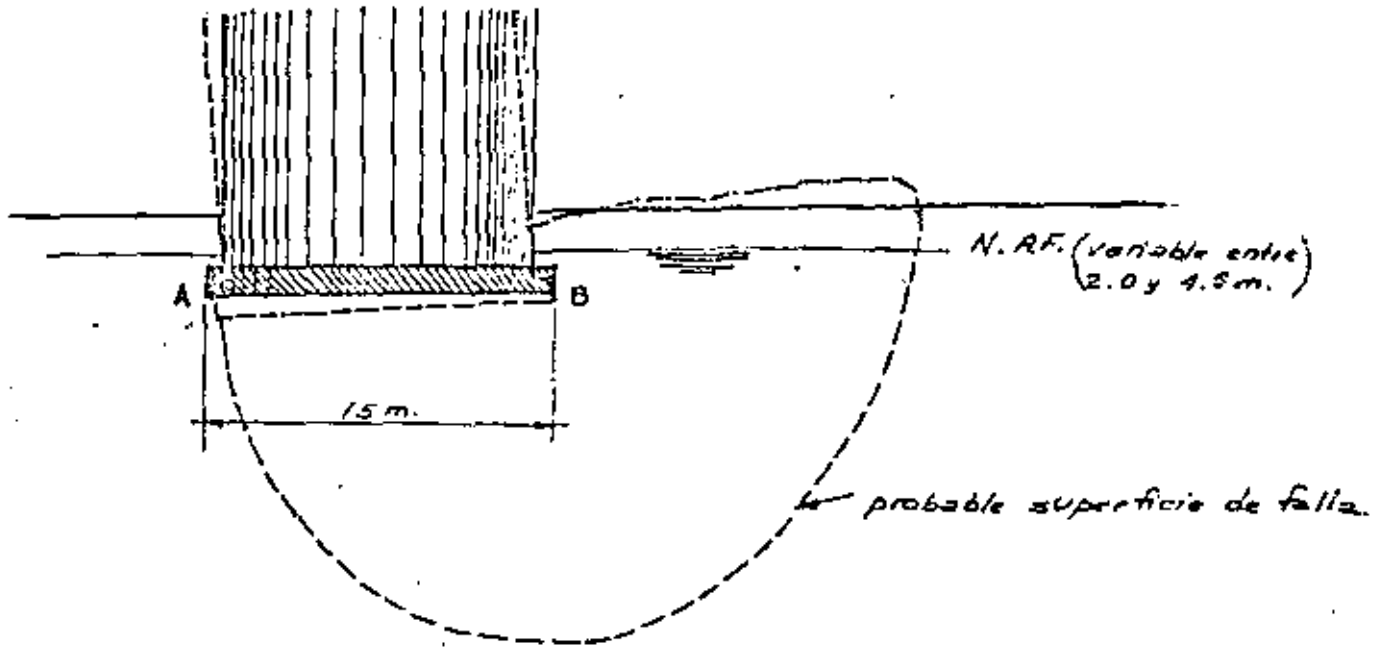
Es conveniente mencionar que a pesar de la importancia innegable de este aspecto de las cimentaciones superficiales, en los primeros días de la ingeniería de las cimentaciones, el valor de la capacidad de carga se seleccionaba de acuerdo al criterio del ingeniero, basado en su "experiencia". Así, en el pasado, los ingenieros usaron simples reglas empíricas; muchos ingenieros que estudiaron en las décadas de los treinta y los cuarentas, en la entonces Escuela Nacional de Ingeniería de la U.N.A.M., mencionan que, en aquellas épocas se les enseñaba que para determinar la capacidad de carga de un terreno, debía de colocarse sobre él, una mesa de cuatro patas, cargarla y medir los asentamientos de la misma. De la relación entre estos asentamientos y las cargas aplicadas, se obtenían los datos que se consideraban los adecuados para determinar la capacidad de carga del terreno. Otro método que en aquella época se comentaba, era el del famoso "Barretón", en él se tomaba un barretón, se levantaba unos dos metros y se dejaba caer verticalmente; el barretón penetraba varios centímetros en el terreno en que se quería determinar la capacidad de carga y se suponía que la distancia penetrada, multiplicada por la resistencia, se igualaba con el peso del barretón multiplicado por la altura de caída, y en esta forma se obtenía lo que pretenciosamente se llamaba la capacidad de carga del suelo, para resistir el peso de un edificio cuyas características geométricas no se tomaban en cuenta. Se mencionaba también, lo que se llamaba "fatiga de resistencia del terreno", siendo ésta la misma para un edificio que tuviera diez por diez metros de área o cien por cien metros, esta idea se enseñaba como una evidencia en los años comentados. Ahora, a un geotecnista que proceda de esta manera, se le considera que lo que determina no tiene nada que ver con la capacidad de carga de un material de apoyo.

Desde luego, el interés en el análisis de la capacidad de carga de las cimentaciones no es reciente, se inició en el año de 1857, con un trabajo teórico muy meritorio de Rankine.

Lo que podría considerarse como el inicio de --- la investigación moderna del problema, principia con un trabajo teórico del profesor Ludwig Prandtl, en 1921, quien estudió el fenómeno de la indentación de metales; este estudio teórico fué tomado en cuenta por Reissner, quien en 1924, estudió el caso de materiales sin peso y con fricción interna. En 1934 y 1935, Caquot y Buisman respectivamente, aplicaron las soluciones teóricas antes mencionadas al análisis de cimentaciones; y en el año de 1943 apareció un trabajo de Terzaghi que conjuntó lo que hasta esa fecha se tenía, en forma tal, que su contribución -- ha sido básica. A partir de entonces, muchos ingenieros investigadores han tratado este tema con la idea de obtener resultados más próximos a la realidad. En el presente escrito se mencionarán sólo aquellas teorías y criterios que ya han sido calibrados en la práctica diaria de manera que, puedan servir de base para entrar a los refinamientos mencionados.

Con el objeto de visualizar la importancia del -- tema, se presenta a continuación el caso de una falla típica, -- por capacidad de carga, de un depósito de granos que ocurrió en Canadá hace tiempo.

Un silo de 15 metros de ancho, 24 metros de altura y 70 metros de longitud, descansando sobre una arcilla lami--nada muy sensitiva, sufrió un colapso debido a la rotura por resistencia al corte del estrato de suelo colocado debajo, como -- se muestra en la figura.



La cimentación estaba constituida por una losa corrida apoyada a 3.0 metros bajo el nivel del terreno natural; el nivel de aguas freáticas aparecía a profundidades que variaban entre 2.0 y 4.5 metros. Antes de la construcción de la estructura, se llevó a cabo un ensayo de carga superficial, sobre un cimiento de 30 por 30 cm. por un corto tiempo con resultados aparentemente satisfactorios. Puesto que la resistencia a la compresión simple  $q_u$ , de la arcilla cercana a la superficie, fue casi dos veces tan grande como el valor promedio obtenido para el depósito entero, el comportamiento satisfactorio del cimiento de ensayo, no es sorprendente e ilustra como pueden ser engañosos los resultados de tal ensayo, a menos que sean completados por otros resultados y apropiadamente interpretados. Posteriores investigaciones revelaron que la resistencia a la compresión simple, bajaba de  $2.0 \text{ kg/cm}^2$  al nivel de la losa de cimentación,

a  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ , a una profundidad de 5.5 metros bajo ella. El contenido de agua correspondiente aumentaba con profundidad de 34 a 46%. La sensibilidad de la arcilla aumentaba de 2.0 a 5.0, lo que indicaba la gran dependencia que tenía la resistencia de la arcilla de su estructura. Los valores promedio de la resistencia a la compresión simple, fueron de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  por encima de los seis metros y  $0.8 \text{ kg/cm}^2$  para los siguientes 12.0 metros. La profundidad total afectada por la falla era aproximadamente 18.0 metros. La presión impuesta por el silo vacío, fué de  $0.9 \text{ kg/cm}^2$  y de  $3.0 \text{ kg/cm}^2$  cuando se llenó con el grano.

El peso del silo vacío había producido un asentamiento muy pequeño, de 3 mm en el punto A y 1.5 mm en el punto B. Se comenzó la operación de llenado del silo, la presión ejercida sobre el suelo alcanzó en un mes, al valor de  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  y los asentamientos en el mismo período, fueron de 2.5 cm en el punto A y 4.0 cm en B. Los siguientes seis meses, los silos permanecieron parcialmente llenos y la presión ejercida sobre el suelo, varió entre  $2.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $2.1 \text{ kg/cm}^2$ . Pero el asentamiento durante el período de seis meses aumentó rápidamente y alcanzó los valores de 26.0 cm en A y 22.

cm en B. El asentamiento total estimado debido a la consolidación de la arcilla era solamente de 12.0 cm. Por lo tanto, el asentamiento observado al final de este período no podía haber sido causado solamente por consolidación. Más de la mitad del asentamiento medido durante este período de seis meses, podía haber sido causado por deformación provocada por esfuerzos tangenciales. cuando se intentó llenar los silos, la presión transmitida al suelo aumentó, en un mes, de  $2.1 \text{ kg/cm}^2$  a su valor final de  $3.0 \text{ kg/cm}^2$ . Justamente antes de la falla, los asentamientos fueron de 35.0 cm en A y 29.0 cm. en B. Los silos fallaron súbitamente en dos minutos, tomando la posición mostrada en el esquema de la figura.



El ejemplo anterior y muchos otros informes similares, indican la importancia de hacer el análisis de capacidad de carga. Si la arcilla laminada subyacente a la losa de cimentación de los silos antes mencionados, hubiera sido estudiada dentro de la profundidad a la cual la superficie de falla tuvo lugar, la rotura del suelo y el colapso de los silos se hubiera podido evitar.

La capacidad de carga a la falla del material que sirve de apoyo al cimiento, se puede determinar del análisis teórico, considerando las propiedades físicas reales de ese material, o en algunos casos, de una apropiada interpretación de ensayos de carga adecuados. Para encontrar la capacidad de carga a la falla, pueden emplearse las propiedades promedio del material de apoyo para depósitos uniformes, para cada zona de variación regular. Para depósitos de variación errática, un criterio puede ser el emplear en el análisis el valor de la resistencia más bajo obtenido.

Otro hecho importante es la selección del factor de seguridad, selección que depende de que tan bien son conocidas las propiedades del suelo, del tipo de carga y del peligro impuesto por una falla completa de la cimentación. Para la mayoría de las estructuras donde no hay posibilidad de tolerar la falla del material de apoyo y cuando se conocen razonablemente bien las propiedades mecánicas de ese material, así como las cargas en cuanto a magnitud y distribución, un factor de seguridad del orden de 2.5 puede emplearse para la consideración de cargas totales. Si hay una componente grande de la carga viva, que es improbable que se desarrolle, un factor de seguridad de 2 puede ser empleado para la carga total. Cuando las condiciones del material de apoyo no están bien establecidas, un factor de seguridad de 3 puede emplearse, y si hay condiciones sospechosas, el valor del factor de seguridad debe elevarse a 4.

Para estructuras de tipo provisional, donde algún riesgo de una falla por capacidad de carga puede ser tolerado, — se puede usar un factor de seguridad de 1.5.

En los sitios en que el nivel de aguas freáticas está a baja profundidad, conviene calcular la capacidad de carga con la consideración de que ese nivel se puede levantar hasta la base de la cimentación o aún más arriba.

En el estudio de una cimentación de una estructura importante, las propiedades mecánicas del material de apoyo y la magnitud y distribución de las cargas, son los factores dominantes para determinar la capacidad de carga y el factor de seguridad — apropiado.

En lo anterior, se ha hecho una semblanza del análisis de la capacidad de carga de un cimiento; por lo que se ha escrito dicha capacidad de carga depende entre otras cosas de la resistencia del material de apoyo, y esta resistencia está en función de la falla de ese material, es decir, el material resiste bajo la acción de cargas hasta que falla, por ello, resulta conveniente — mencionar los tipos de falla que comúnmente se presentan para el — caso de cimientos superficiales.

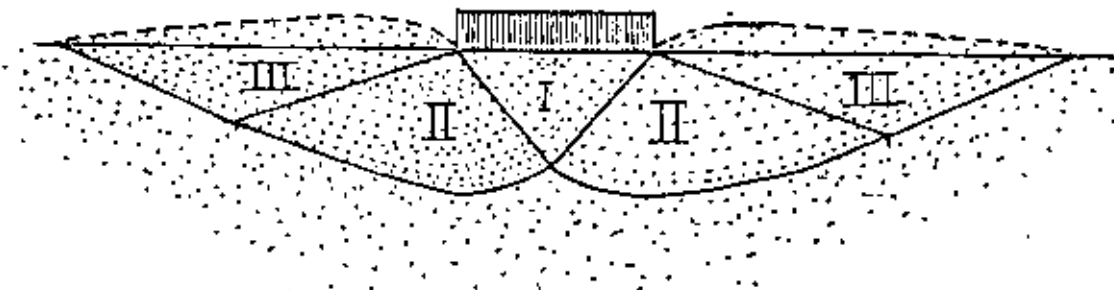
#### TIPOS DE FALLA.

Para determinar los tipos de falla que ocurren por capacidad de carga se puede recurrir como siempre, al análisis — teórico, con la consideración de hipótesis simplificadoras y/o — a la observación del comportamiento de cimentaciones. Cualquiera que sea el caso, se pueda concluir que la falla ocurre por rotura del material de apoyo, debido a la aparición de esfuerzos cortantes por la acción de la sobrecarga impuesta por la cimentación.

En términos generales se pueden distinguir tres tipos de fallas:

- A).- Falla por corte general.
- B).- Falla por corte local.
- C).- Falla por punzonamiento.

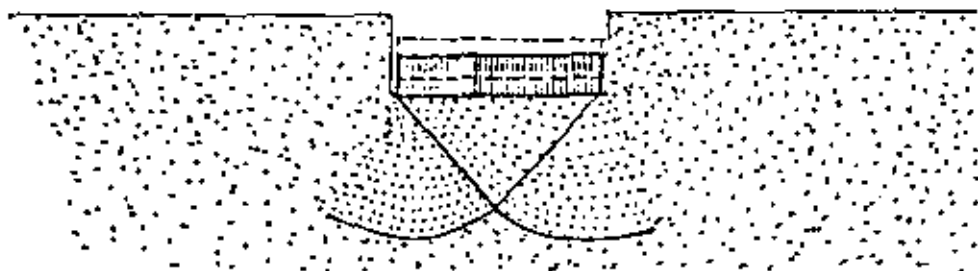
La falla por corte general se caracteriza por la aparición de una superficie de deslizamiento continua, desde un borde de la cimentación hasta la superficie del terreno, como puede observarse en la figura.



FALLA GENERAL.

En términos generales la falla es súbita y catastrófica, la cimentación se inclina y existe una tendencia al bufamiento en el suelo adyacente a los lados de la cimentación, aunque el colapso final del suelo se produce de un solo lado.

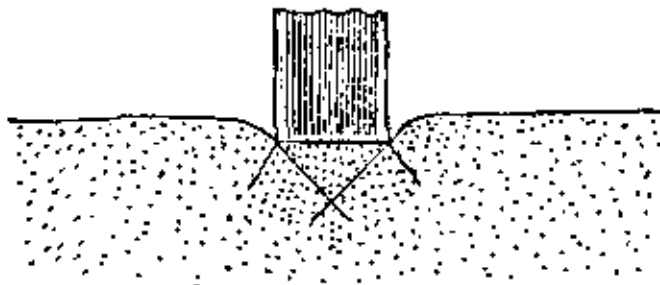
La falla por corte local es aquella en que la superficie de falla sólo se define claramente en la inmediata vecindad del cimiento. En general, existe una marcada tendencia al hufamiento del material de apoyo, a los lados de la cimentación y un hundimiento de la misma, tal que si se llega a valores del orden de la mitad del ancho o diámetro del cimiento, puede lograrse que la superficie de falla se desarrolle hasta la superficie exterior del terreno de apoyo, es decir, para pasar de una falla de corte local a una de corte general, en este caso, se requiere provocar un hundimiento considerable. En este tipo de falla, no se produce colapso catastrófico ni inclinación de la cimentación, la que más bien se empotra en el terreno movilizándose la resistencia de los estratos más profundos.



*FALLA LOCAL.*

La falla por punzonamiento significa un movimiento vertical de la cimentación, debido a la compresión del terreno inmediatamente debajo del cimiento. Este tipo de falla no es --

fácilmente observable, la penetración subsecuente de la zapata, — se debe a la rotura por corte alrededor de la cimentación. El terreno fuera del área de carga casi ni se entera de la presencia del cimiento. Con excepción de pequeños y bruscos movimientos verticales de la cimentación, no se observa en esta inclinación.



### *FALLA POR PUNZONAMIENTO.*

Una cuestión que surge de inmediato, es el determinar los factores de los que depende el que se presente en la práctica un cierto tipo de falla. Si se analizan todos ellos, se llega a la conclusión de que el más importante, en el sentido de que su influencia es fundamental, es la compresibilidad relativa del suelo donde se efectúa el apoyo. En términos generales, si por ejemplo, se tiene un suelo incompresible, la falla será de tipo general, si por el contrario el suelo es muy compresible, (con respecto a su resistencia) la falla que se presentará será por punzonamiento. El hecho que en primera instancia no se siente muy lógico, pero que las experiencias al respecto así lo han determinado, es el de que la clase de suelo no es un factor que influya en el —

Por lo antes escrito, es necesario determinar de qué magnitud son las deformaciones que producen las fallas por corte local y por punzonamiento.

Algunas experiencias al respecto, debidas a Skempton, indican que en arcillas saturadas los asentamientos pueden ser del 3 al 7 por ciento del ancho de la zapata, valores que se aumentan hasta un 15% a medida que las zapatas son más profundas. En el caso de arenas, De Beer, Meyerhof, Muhs y Vesic, han encontrado que en el caso de zapatas superficiales los asentamientos necesarios para llegar a las cargas límites de falla, varían del 5 al 15%, magnitudes que pueden alcanzar el 25% para zapatas profundas. Se ha encontrado que a medida que las zapatas aumentan de tamaño, los valores antes mencionados tienden a sus magnitudes máximas.

#### DETERMINACION DE LA CARGA LIMITE DE FALLA.

Existen algunas teorías en relación al cálculo de la carga límite de falla, todas están limitadas casi exclusivamente a soluciones obtenidas haciendo la hipótesis de tener un sólido rígido plástico, que no muestra ninguna deformación antes de que se produzca la falla por corte, y después de ella se supone que se produce un flujo plástico a esfuerzo constante. Las teorías también contemplan casi siempre, el caso de falla general, modificando los resultados para tomar en cuenta el caso de materiales de apoyo compresibles. En términos generales, las teorías mencionadas, suponen un material de apoyo homogéneo y ocupando un semi-espacio con resistencia:

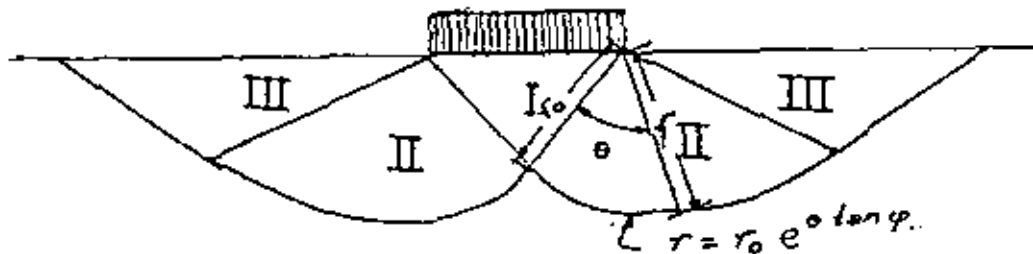
$$s = c + \sigma \tan \varphi$$

Y de comportamiento rígido plástico. Se considera además, que el ancho B de la cimentación, es bastante mayor a su longitud L (problema bidimensional), que se desprecia la resistencia al esfuerzo cortante del material de apoyo, arriba del nivel de desplante y se considera que no existe fricción entre el material de apoyo y la cimentación.

En términos generales, estas hipótesis no son inadecuadas para el caso de que la profundidad de apoyo sea menor o igual al ancho del cimiento (cimentación superficial) también para el caso de que la longitud L del cimiento sea mayor a cinco veces su ancho B. Reissner y Prandtl resolvieron el problema empleando la teoría de la plasticidad. En su planteamiento, se considera que el material de apoyo sujeto a falla, consiste de tres zonas. La primera sujeta a un estado de empuje activo de Rankine, la segunda que sufre un estado de corte radial y finalmente las zonas terceras que reciben un empuje pasivo de Rankine. En la figura se observa que las superficies de falla en las zonas primera y tercera, son planas mientras que en las zonas segundas, constituyen dos familias: una de curvas y otra de superficies planas. Las trazas de los fragmentos curvos de las superficies de falla, resultan ser espirales logarítmicas de ecuación:

$$r = r_0 e^{\theta \tan \varphi}$$

En la figura se puede ver el significado de las literales que aparecen en la fórmula.



Podemos concluir que en el caso de tener un material de apoyo de comportamiento exclusivamente cohesivo, es decir,  $\psi = 0$ ,  $c \neq 0$ , los tramos curvos tienen por ecuación:

$$r = r_0$$

lo que significa que resultan ser curvas circulares de radio  $r_0$ .

Prandtl y Reissner en su análisis consideraron primero, que el material de apoyo no tenía peso y encontraron que la fórmula teórica de la capacidad de carga era:

$$q_f = c N_c + \gamma D_f N_q$$

donde:



$q_f$  = Capacidad de carga a la falla, en unidades de esfuerzo.

$c$  = Cohesión.

$\gamma$  = Peso volumétrico de material de apoyo.

$D_f$  = Profundidad de desplante.

$N_c$  y  $N_q$ , factores de capacidad de carga adimensionales cuyo valor depende exclusivamente del ángulo  $\varphi$ .

Para el caso de considerar un material friccionante ( $c = 0$ ) y apoyado en la superficie del material de apoyo ( $D_f = 0$ ) se puede obtener:

$$q_f = 1/2 \gamma B N_\gamma$$

donde:

$q_f$  = Capacidad de carga a la falla en unidades de esfuerzo.

$B$  = Ancho del cimiento.

$N_\gamma$  = Factor de capacidad de carga, adimensional.

Para los casos de materiales de apoyo de comportamiento intermedio ( $c \neq 0$ ,  $\varphi \neq 0$ ) se acepta la superposición de causas y efectos y se llega a la ecuación:

$$q_f = c N_c + D_f \gamma N_q + 1/2 B \gamma N_\gamma$$

Ecuación que se conoce como de Terzaghi.

TABLA 2. FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$\tan \phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00
1	5.35	1.09	0.07	0.20	0.02
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47
26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19

El hecho de aceptar superposición de causas y efectos presupone que la forma de la superficie de falla va a ser la misma en el caso de un material de apoyo de comportamiento friccionante y en el de uno de comportamiento cohesivo y aún en el de material de comportamiento cohesivo-friccionante. Esta hipótesis — que desde luego no es correcta, conduce a errores que dejan un margen de seguridad que no pasa de 17 a 20% para  $\psi$  comprendido entre 30° y 40° y que es igual a cero para  $\psi = 0$ .

La observación de los valores de los coeficientes de capacidad de carga, permite hacer algunas conclusiones interesantes.

Así se tiene:

$\psi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_q/N_c$	$N_c/N_\gamma$	$N_q/N_\gamma$
0°	5.14	1.0	0	0.20	$\infty$	$\infty$
15°	10.98	3.94	2.65	0.36	4.14	1.48
30°	30.14	18.4	22.4	0.61	1.34	0.82
45°	133.68	134.88	271.76	1.01	0.40	0.49

Primera.- En suelos de comportamiento cohesivo no se incrementa notablemente la capacidad de carga si se profundiza el cimiento, en cambio esto sí se logra si se incrementa aunque sea poco, la resistencia del material de apoyo.

Segunda.- En suelos de comportamiento cohesivo, la capacidad de carga en unidades de esfuerzo, no depende del ancho  $B$  del cimiento.

Tercera.- En suelos de comportamiento friccionante la capacidad de carga depende tanto del ancho del cimiento como de la profundidad de desplante.

En la tabla que se anexa a estas notas, aparecen indicados los valores de los coeficientes de capacidad de carga que se han obtenido para diferentes valores del ángulo  $\varphi$ .

Al hacer el examen de las variaciones de los coeficientes  $N_c$ ,  $N_q$ , y  $N_\gamma$ , obtenidos en diferentes soluciones teóricas del problema, se encuentra que es el tercero el que sufre mayor variación en su magnitud, ya que se encuentran valores de la tercera parte, al doble de los que se indican en la tabla mencionada.

Actualmente continua la investigación del problema de la evaluación de la capacidad de carga y existe tendencia a unificar el criterio en el sentido de utilizar los valores de los coeficientes de capacidad de carga que aparecen en la tabla anexa.

En lo que sigue se harán algunos comentarios respecto a factores que influyen en la determinación de la capacidad de carga, que son:

- a).- Dimensiones del cimiento.
- b).- Compresibilidad del material de apoyo.
- c).- Rugosidad de la base del cimiento.

- d).- Cimientos adyacentes.
- e).- Nivel de aguas freáticas.
- f).- Velocidad de aplicación de la carga.

**DIMENSIONES DEL CIMIENTO.**

Como se comentó, la determinación teórica de la capacidad de carga, se ha hecho sobre la base de análisis bidimensional, lo que exige que el cimiento sea bastante más largo que ancho y que el material de apoyo sea homogéneo en cuanto a resistencia. En relación al primer hecho, se ha encontrado que debe cumplirse el que la relación  $L/B$  sea mayor de 5. Investigaciones tanto teóricas como de pruebas de campo, indican que los coeficientes de capacidad de carga, pueden modificarse en función de otros coeficientes llamados de forma, tal como se indica en la siguiente expresión;

$$q_f = c N_c \gamma_c + \gamma D_f N_q \gamma_q + \frac{B}{2} \gamma H_s \gamma_\gamma$$

Algunos resultados experimentales han determinado — valores para los coeficientes de forma que pueden obtenerse si se manejan las fórmulas que se anotan en seguida.

Forma de la base.	$\gamma_c$	$\gamma_q$	$\gamma_\gamma$
Rectangular.	$1 + (B/L) (N_q/N_c)$	$1 + (B/L) \tan \phi$	$1 - 0.4 B/L$
Circular o cuadrada.	$1 + (N_q/N_c)$	$1 + \tan \phi$	0.60

### COMPRESIBILIDAD DEL MATERIAL DE APOYO.

Otra de las hipótesis que se hizo en la determinación de la capacidad de carga, fué la de considerar el material de apoyo incompresible, lo que en cierta forma fué motivada por la aceptación de que la falla se produciría en forma general. Cuando se tiene un material de apoyo compresible, como ya se comentó, la falla es de tipo local y la capacidad de carga se reduce. Uno de los criterios más aceptados para efectuar la reducción, es el debido a Terzaghi quien propone disminuir los parámetros de resistencia de manera de considerar en los cálculos los siguientes valores:

$$C_r = \frac{2}{3} c$$

$$\phi_r = \text{ang}^{\circ} \tan \frac{2}{3} \tan \phi$$

donde:

$C_r$  = Cohesión reducida.

$\phi_r$  = Angulo de fricción interna reducida.

En general, este criterio resulta ser bastante conservador en casos de suelos de comportamiento friccionante y también, aunque no tanto, en el caso de suelos de comportamiento cohesivo, quizá debido entre otras cosas a que la compresibilidad relativa de un suelo, tiende a disminuir a medida que aumenta el tamaño del cimiento. Existen algunas investigaciones interesantes que toman en cuenta esta influencia pero ellas no han conducido a criterios que puedan aplicarse con suficiente seguridad en los cálculos que ahora se hacen en la práctica, por lo que se recomienda, mientras tanto seguir con el criterio de Terzaghi.

#### RUGOSIDAD DE LA BASE DE LA CIMENTACION.

Evidentemente entre cimiento y material de apoyo, se producen esfuerzos cortantes que pueden considerarse que incrementan la capacidad de carga. Las investigaciones que se han hecho al respecto, sugieren que la capacidad de carga de una cimentación lisa sobre la superficie de un suelo de comportamiento no cohesivo, debe ser sólo la mitad de la capacidad de una cimentación rugosa, pero otros hechos experimentales han mostrado un efecto casi nulo de la rugosidad, al menos para cargas verticales. Mientras se dilucida esta cuestión, se sugiere seguir utilizando los factores an ct dos que no consideran este efecto.

#### CIMIENOS ADYACENTES.

En general, las expresiones y teorías al respecto in dican que en suelos friccionalentes sueltos, bajos valores de  $\varphi$ ) -- la influencia de cimentaciones adyacentes es despreciable, lo que no sucede para suelos friccionalentes compactados (altos valores -- de  $\varphi$ ).

Los efectos aún disminuyen más cuando la forma del cimiento tiende a tener una área de apoyo cuadrada, por ello, no se recomienda tomar en cuenta los efectos de la interferencia en los cálculos de la capacidad de carga.

#### NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS.

La presencia del nivel de aguas freáticas en el mate rial de apoyo, es un factor que sí requiere tomarse en cuenta en el caso de la determinación de la capacidad de carga.

Para suelos gruesos, la presencia del agua puede -- anular la llamada cohesión aparente, lo que produce una considerable disminución de la resistencia. También los tres términos de -- la ecuación de la capacidad de carga, pueden sufrir disminución -- considerable. Por ello, se recomienda hacer el cálculo de la capacidad de carga considerando el nivel freático más alto posible, -- durante la vida útil de la estructura.

Una ecuación que se propone para tomarla en cuenta en los cálculos de la capacidad de carga, es la siguiente:

$$f = \gamma + (z_w/B) (\gamma_m - \gamma')$$

$\gamma$  = Peso volumétrico del material de apoyo, por considerar en los cálculos de capacidad de carga.

$\gamma_m$  = Peso volumétrico del material de apoyo con su humedad natural.

$\gamma'$  = Peso volumétrico del material de apoyo sumergido.

$z_w$  = Profundidad del nivel de aguas freáticas respecto al nivel de desplante.

B = Ancho del cimiento.

Desde luego, existe también el efecto de las fuerzas de filtración que en este caso, se consideran despreciables.



## VELOCIDAD DE CARGA.

Las teorías de capacidad de carga, se han desarrollado bajo la hipótesis de que las solicitaciones son estáticas, - sin embargo, existen casos reales en que no se cumple esta condición, por lo que es conveniente hacer algunos comentarios respecto a cómo se modifica la capacidad de carga al incrementarse la velocidad de aplicación de los esfuerzos. En términos generales, la velocidad de aplicación de la carga, modifica la capacidad de carga sólo en la medida en que puede relacionarse con la disipación de la presión que aparece en el agua del suelo, generada por la misma aplicación de la carga. Bajo esa consideración, se han hecho experiencias, encontrándose los siguientes resultados:

- a).- Cuando se pasa de una carga estática a una de impacto, las cimentaciones apoyadas en arena compacta o en arcilla dura, cambian de tipo de falla, de corte general a punzonamiento.
- b).- Cuando se pasa de una carga estática a una de impacto, se produce una ligera disminución inicial en la capacidad de carga de cimentaciones en arena compacta.
- c).- Todas las cimentaciones en arcillas muy duras, muestran un aumento muy considerable en su capacidad de carga, al cambiarse la carga, de la condición estática a la de impacto.

Estas notas dan un panorama general, acerca del análisis de capacidad de carga de cimentaciones superficiales, y en ellas se ha puesto especial énfasis en las limitaciones que tienen las formas teóricas que existen al respecto, para que en su aplicación práctica, se logren los mejores resultados.

REFERENCIAS.

- 1.- Bjerrum, L. y Overland, A., "Foundation Failure of an Oil Tank in Fredrikstad, Norway", Proc., IV International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, Londres -- (1957), pp 287-290.
- 2.- Brinch Hansen, J., "Simpel beregning af fundamenters bæreevne Ingeniøren", Vol 64, No 4 (1965), pp 95-100.
- 3.- Buisman, A. S. K., "De weerstand van paalpunten in zand", de Ingenieur 50 (1935), pp Bt. 25-28, 31-35.
- 4.- Buisman, A. S. K., "Grondmechanica", Waltman, Delft (1949), -- pág 190.
- 5.- Caquot, A., "Equilibre des massifs a frottement interne", Gauthier-Villars, Paris (1934), pp 1-91.
- 6.- Caquot, A y Kérisel, J., "Traté de Mécaniques des Sols", Gauthier-Villars, Paris (1956).
- 7.- De Beer, E. E., "Grondmechanica, Deel II", Fundering N.V. Standard Boekhandel, Antwerpen (1949), pp 41-51.
- 8.- De Beer, E. E., "Bearing Capacity and Settlement of Shallow Foundations on Sand, Bearing Capacity and Settlement of Foundations", Proc., Symposium held at Duke University (1965), pp 15-34.

- 9.- De Bear, E. E. y Vesić, A., "Etude expérimentale de la capacité portante du sable sous des fondations directes établies en surface", Annales des Travaux Publics de Belgique 59, N° 3 — (1958), pp 5-58.
- 10.- Meyerhof, G. G., "An Investigation of the Bearing Capacity of Shallow Footings on Dry Sand", Procs., II International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 1, Rotterdam (1948), pp 237-243.
- 11.- Meyerhof, G.G., "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations", Geotechnique, Vol 2 (1951), pp 301-332.
- 12.- Meyerhof, G.G., "Influence of Roughness of Base and Ground — Water Conditions on the Ultimate Bearing Capacity of Foundations", Geotechnique, Vol 5, N° 3 (1955), pp 227-242.
- 13.- Skempton, A.W., "An Investigation of the Bearing Capacity of a Soft Clay Soil", Journal of the Institution of Civil Engineers, Vol 18, Londres (1942), pp 307-321.
- 14.- Skempton, A.W., "The Bearing Capacity of Clays", Procs., Building Research Congress, Londres (1951), pp 180-189.
- 15.- Terzaghi, K., "Erdbaumechanik auf Bodenmechanischer Grundlage", Wien (1925).
- 16.- Terzaghi, K., "Theoretical Soil Mechanics", John Wiley and Sons, Nueva York (1943)
- 17.- Terzaghi, K., y Peck, R.B., "Soil Mechanics in Engineering Practice", John Wiley and Sons, 2a. ed. (1966), pág. 729, Nueva York (1948).

- 18.- Tschebotarioff, G.P., "Soil Mechanics, Foundations and Earth - Structures", McGraw-Hill Book Co. Inc., Nueva York (1951).
- 19.- Vesić, A., "Bearing Capacity of Deep Foundations in Sand", National Academy of Sciences, National Research Council, Highway Research Record, N° 39 (1963), pp 112-153.
- 20.- Vesić, A., "Análisis de la Capacidad de carga de Cimentaciones Superficiales", (1974), Instituto de Ingeniería, U.N.A.M.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

RELACIONES ECONOMICAS Y LEGALES DEL INGENIERO

ING. ALFONSO GONZALEZ KARG

JUNIO, 1979.



*Ing. Alfonso González Kary*

## RELACIONES ECONOMICAS Y LEGALES DEL INGENIERO

(Análisis de todos los aspectos prácticos, económicos, Legales, - laborales, financieros, organizativos, impositivos y éticos que afectan al Ingeniero en su vida profesional)

### Prólogo

El curso podría también haberse llamado:

- a) Ingeniería práctica
- b) Economía de la Empresa, (considerando a la Empresa de Ingeniería como un caso particular).

El objeto fundamental del curso es ubicar al futuro Ingeniero dentro del marco - del desarrollo económico del País, para que partiendo de la base de que su intervención como constructor es definitiva en la última etapa de un proceso de planificación, en el cual intervinieron especialistas de toda índole (él entre ellos), proceso que tiene por objeto satisfacer las necesidades más urgentes del Hombre (casa, vestido, sustento, salud, Educación, entretenimiento, etc.), pueda entender con precisión lo que está haciendo.

El Ingeniero además de ejecutar la obra de Ingeniería, que producirá un bien o un servicio, debe saber porque se optó por esa solución.

Con todo esto "en mente", debe imbuirse en el Ingeniero la idea de que, más que un contratista que busca un logro personal, debe ser un ejecutivo, un organizador y planificador, que tiene una función económica-social vital para el desarrollo de México.

Para ello necesita aunar a su preparación técnica una ética profesional, una integridad moral y una gran comprensión humanística: A ello tiende nuestro esfuerzo.

Independientemente de lo señalado, al orientar así al futuro Ingeniero, le abrimos nuevos campos de acción, y le señalamos la necesidad de complementar sus conocimientos con otras disciplinas académicas y de la práctica cotidiana.

### El Curso

El curso, según el programa adjunto, es ambicioso y amplio, y difícil de desarrollar con la amplitud que consideramos, ya que algunos temas por sí solos requerirían el tiempo total dedicado al mismo.

Algunos temas del programa del curso, son impartidos en otras materias, pero es importante tratarlos, ya que los enfocaremos fundamentalmente desde el punto de vista de la economía de la empresa y de sus implicaciones legales.

### I GENERALIDADES

Se da bibliografía y se explica el programa de una manera general analizando brevemente en que forma los aspectos económicos, legales, etc., afectan el desempeño profesional del Ingeniero Civil en la práctica cotidiana.

### II LEY FEDERAL DEL TRABAJO

Se analizan sólo algunos aspectos principales de la Ley, como son: los principios generales, las relaciones individuales del trabajo, las condiciones de trabajo, los derechos y obligaciones de los trabajadores y de los patrones, el trabajo de las mujeres y de los menores, los riesgos de trabajo y algunos trabajos especiales.

Se enfatizan el espíritu de la Ley y la participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas.

### III LEY DEL SEGURO SOCIAL

Se analizan los aspectos principales de la Ley, y aquellos que norman la inscripción al I.M.S.S.

Se le pide al alumno que estudie lo que pasaría, si un trabajador se accidenta estando y no estando incorporado al S.S., obtiene así el costo para él, como profesionista, en ambos casos y se da cuenta de las ventajas y desventajas que ello representa.

Desde el punto de vista moral comprende el daño, a futuro, que le hace al trabajador, si no lo inscribe al S.S.

### IV LEY DEL IMPUESTO SOBRE LA RENTA

Se estudia esta Ley para ver como afecta al Ingeniero como Persona Física: em-



pleado, en el ejercicio libre de su profesión, y si tuviera ingresos por otros conceptos.

Se le indica, como, al realizar actividades comerciales recibe el tratamiento Fiscal de Empresa, en actos accidentales de comercio como Causante mayor ó menor.

Se le enseña a preparar sus declaraciones parciales y anuales, y a saber como exigir y cumplir con la Ley, según sea empleado, profesionista, o que realice actividades comerciales, industriales, agrícolas, ganaderas o de pesca, y cuando arriende, venda o compre, obtenga dividendos, intereses y otros ingresos.

#### V. ASPECTOS PRACTICOS, ECONOMICOS, LEGALES, LABORALES, FINANCIEROS, ORGANIZATIVOS, IMPOSITIVOS Y ETICOS.

Este tema no se trata específicamente, sino que se va desarrollando a lo largo del curso.

Se analizará con detalle en escrito por separado.

#### VI. FINANCIAMIENTOS

Aquí se analiza, aprovechando que se va a desarrollar alguna obra de ingeniería, la necesidad de crédito y el tipo más adecuado de financiamiento.

Se estudian los Multibancos con todos sus servicios, e Instituciones de Crédito Gubernamentales.

Se enseña a los alumnos a interpretar estados financieros: balances y Estados de pérdidas y ganancias.

#### VII LEY GENERAL DE SOCIEDADES MERCANTILES

Se estudia la constitución y funcionamiento de las Sociedades Mercantiles, haciendo hincapié en la Sociedad Anónima.

Este tema se asigna como material de estudio por el alumno, haciéndole sólo las aclaraciones que él estime pertinentes.

#### VIII LEY GENERAL DE TITULOS Y OPERACIONES DE CREDITO

Se asigna como estudio el saber las diversas clases de títulos de crédito que señala la Ley, saber que es la letra de cambio, el pagaré, el cheque, el aval, el protesto, el fideicomiso, etc.

Se le hacen ver al alumno los aspectos más importantes de ésta Ley.

#### IX CONTRATACION DE OBRAS Y SERVICIOS PROFESIONALES

Se explica al alumno qué es un contrato, cuándo es de naturaleza Civil y cuándo Mercantil, como se redacta, cuales son las principales declaraciones, antecedentes y cláusulas, y que tipos de contratos se usan habitualmente.

Se enseñan conceptos básicos sobre inicios de concursos y obras, y se analiza la situación Legal y Fiscal del contratista:

#### X LAS RELACIONES INDUSTRIALES

En este capítulo se señala la función social del Ingeniero Civil y se le enseña a tomar en cuenta los conceptos de Solidaridad, comunicación, integración, ética profesional, control, análisis y valuación de méritos y puestos, remuneración e incentivos, seguridad Industrial, conducción y preparación, Delegación de autoridad, autoridad, responsabilidad y obligaciones.

#### XI REGLAMENTACION DEL EJERCICIO PROFESIONAL

Se estudian los aspectos principales de la Ley de Profesiones, y del Colegio de Ingenieros Civiles de México. (Este tema normalmente se asigna para ser leído por el alumno)

#### XII ORGANIZACION DE LA EMPRESA

Aquí se analizan las empresas, los objetivos de las mismas y los factores organizativos que se presentan.

Se estudia la organización de la empresa, y se señalan las fallas que se pueden presentar.

#### XIII EJECUCION DE LA EMPRESA

Con un ejemplo práctico se analiza la secuela necesaria de actividades, desde la idea original hasta la entrega de la empresa funcionando.

Se toca la Ingenieria de sistemas, dentro del ejemplo practico, para enfatizar la economia que se logra al emplearla.

*Ing. Alfonso González Karg*

- 5 -

CONSIDERACIONES:

Debe darse un panorama general del curso, sin dejar, aunque sea superficialmente, de tratar todos los temas.

Se requiere del alumno, sin obligarlo a trabajar en exceso, que complete su preparación con lectura, trabajos escritos y visitas de investigación.

Cuando la lectura y trabajos asignados al alumno, tienen una aplicación práctica en su vida profesional, los ejecuta con entusiasmo y no rehuye el cumplimiento de dicha obligación.

Es importante que el alumno llegue a tomar este curso al finalizar sus estudios, porque en él, se hace un resumen general y se aplican muchos conocimientos ya adquiridos por el alumno y como consecuencia éste adquirirá una visión de la aplicación práctica de los mismos.

La Ley y la practica son cambiantes día a día, y se pretende tener al futuro Ingeniero, al tanto de ello, para que pueda aplicarlas correctamente.

Este curso es complemento importantísimo de aquellos que tomó el alumno a lo largo de su carrera.



EL TEMA V DEL CURSO

RELACIONES ECONOMICAS Y LEGALES DEL INGENIERO

V. ASPECTOS PRACTICOS, ECONOMICOS, LEGALES, LABORALES, FINANCIEROS, ORGANIZATIVOS, IMPOSITIVOS Y ETICOS QUE AFECTAN A:

- La mano de obra
- Los materiales
- La maquinaria y al equipo y herramienta
- El Proyecto y al presupuesto
- la Supervisión y a la administración
- El transporte
- los imprevistos
- los impuestos
- las fianzas
- El financiamiento
- La utilidad

Considero que este tema es el más importante porque viene a ser la aplicación practica, de los conocimientos adquiridos por el alumno y de la experiencia - del profesor.

Es un tema que no se trata específicamente como tal, sino que se va desarrollando a lo largo del Curso.

El futuro Ingeniero debe saber los problemas a los que se enfrentará en la practica profesional cotidiana; debe conocer los temas del curso, para resolver problemas simples, y para saber cuando debe acudir al experto, en busca de consejo profesional.

El profesor al ir desarrollando los temas, aprovecha la oportunidad, para ir - enfatizando los aspectos practicos, etc., producto de su experiencia, a los que se enfrentará el futuro Ingeniero.

Como técnica adecuada de enseñanza se pueden usar dos problemas practicos:

- A) Suponer que un cliente desea invertir en la ejecución de un proyecto, que puede ser un edificio de productos, un conjunto habitacional, una fábrica, etc.
- B) Suponer que el Ingeniero va a construir una obra y con base en planos, memoria descriptiva, especificaciones, etc., debe presentar el presupuesto de la obra, para lo cual debe hacer los analisis de los precios unitarios y de los volúmenes de obra.

Al ir explicando los temas del curso, se van planteando ejemplos, de los cuales señalaremos sólo algunos:

1) La Ley Federal del Trabajo, indica un máximo semanal de 9 horas extra. Sin embargo en algunos lugares de la República, el trabajador está impuesto a trabajar y a cobrar jornadas de 10 horas diarias.

Habrà por lo tanto que implementar procedimientos donde se respete la costumbre y la Ley.

En el análisis de costo hay que considerar que hay que pagar 1.5 jornales, y que el rendimiento durante las 2 horas extra diarias baja considerablemente.

La participación de los trabajadores en las utilidades de las empresas tiene un costo que disminuye la utilidad supuesta del contratista, por lo que debe calcularla.

En el mismo caso está el 5% que hay que pagar al INFONAVIT, y en muchos contratos, cuando se presentan trabajos por administración, existen Ingenieros, Empleados Públicos, que sustentan la tesis que los impuestos, incluyendo el del Seguro Social, deben absorberse dentro de la utilidad del Contratista.

2) La planeación Fiscal es medular en la vida del Ingeniero. Debe saber como distribuir la carga fiscal cuando sus ingresos son altos.

Aún siendo empleado existen deducciones que no aprovecha.

La experiencia que se tiene es que un porcentaje muy alto de los contribuyentes que pagan impuestos, pagan de más por no conocer la Ley.

¿Cuándo le conviene al Ingeniero ser persona Física, ser persona moral del título II de la Ley del Impuesto sobre la Renta: como causante mayor ó como causante menor?

¿Cuándo conviene agruparse en Sociedades Civiles o en Asociaciones en participación?

¿Cuándo puede aprovecharse el Régimen Especial de una Constructora?

¿Cómo aprovechar las alternativas de la Ley al vender bienes muebles e inmuebles?

Todas estas interrogantes se plantean para despertar el interés en el futuro Ingeniero.

3) En la lucha diaria que tiene el profesionista, no le basta ser Ingeniero, debe saber de impuestos, debe ser financiero, debe tener crédito y en su caso recursos, etc.

La ética en todas las actividades tiene un valor económico, además del moral.

4) Cómo se financia una obra? En la actualidad el contratista es ante todo financiero.

Conoce el Ingeniero lo que cuesta el crédito? las Instituciones de Crédito exigen una reciprocidad que el contratista no toma en cuenta en sus costos.

Y como resuelve el Ingeniero, que nunca tendrá los recursos necesarios, el problema de dar fianzas sin poder garantizarlas?

Es interesante que el contratista aproveche su buen crédito para financiarse con ayuda de los subcontratistas.

5) Sabe el futuro Ingeniero el riesgo que corre si da o si acepta un cheque postdatado?

Debe conocer las implicaciones del Aval, las ventajas del Pagaré sobre la letra de Cambio, etc.

6) En la contratación de obras debe conocerse bien al contratante y saber si pagará puntualmente.

Sabiendo esto se podrán estimar los costos del financiamiento y decidir si conviene o no contratar.

Si en el contrato se habla de trabajos extra, habrá que valorar cómo los pagarán y estudiar los costos si se efectúan durante la etapa de construcción acordada o si se van a realizar fuera de dicha etapa.

7) En la organización de la empresa hay que analizar todos los aspectos, ya que ellos repercuten en la economía de aquella.

Como debe el Ingeniero agrupar y sintetizar estos aspectos es medular.

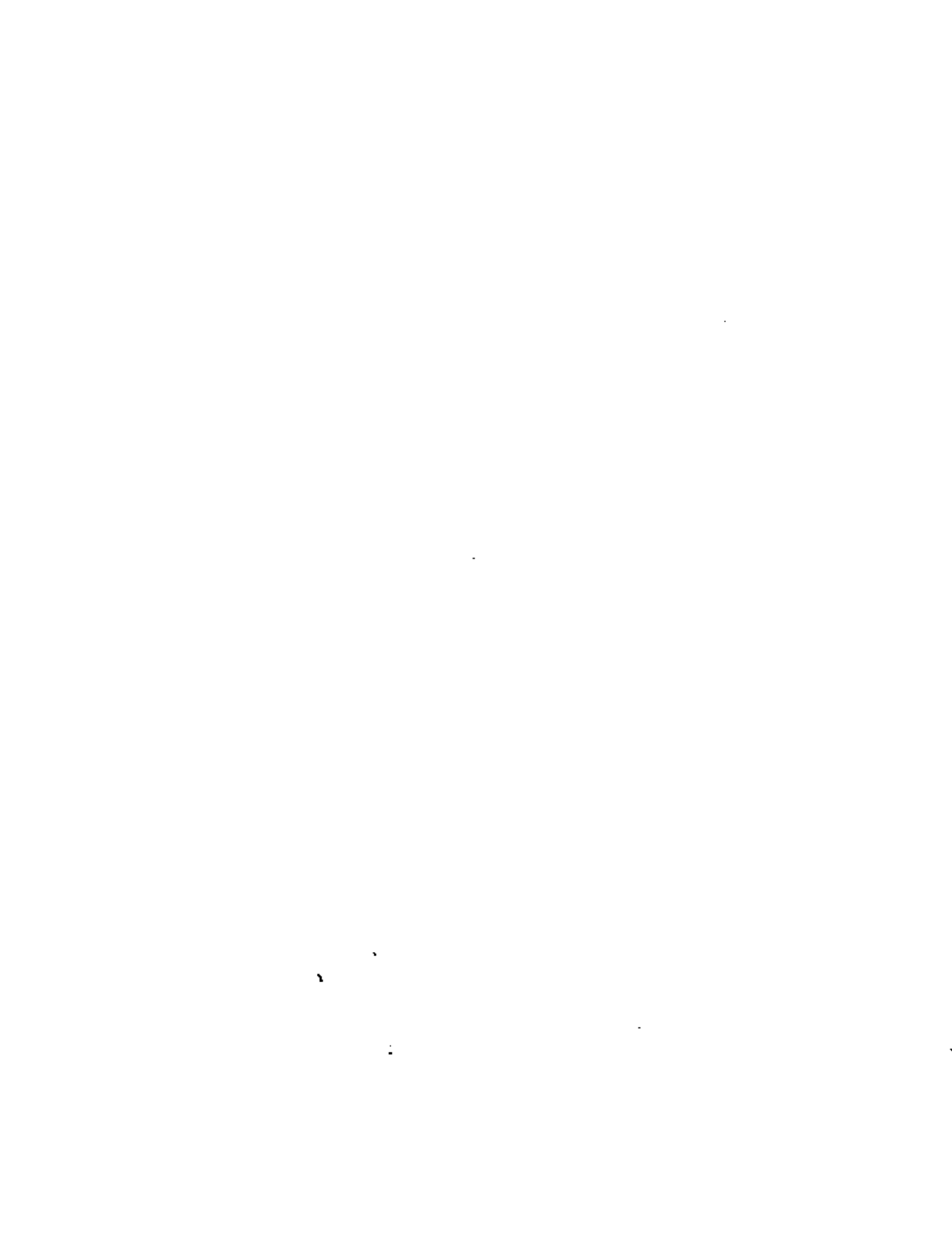
Habrá que tomar en cuenta los imponderables, entre ellos la fuerza de trabajo.

8) Con el ejemplo de la planeación y construcción de un conjunto habitacional, se puede enseñar como aplicar la Ingeniería de Sistemas para abatir costos, cuando se presentan elementos repetitivos de construcción y nuevos materiales.

Con los ejemplos anteriores se ha querido indicar que hay aspectos importantes que señalar al alumno.

El profesor que está en la lucha va resumiendo la técnica, su propia experiencia, y lo que va aprendiendo en periódicos y revistas de todas clases que de algún modo repercuten en la economía de la Empresa.

Así el Ingeniero sabrá como evolucionar hasta convertirse en un Ejecutivo eficiente.





" ECONOMIA DE LA EMPRESA "

( ANALISIS DE TODOS LOS FACTORES QUE LA AFECTAN EN LA PRACTICA. )

	<u>HORAS</u>
I. GENERALIDADES. Explicación del programa, Bibliografía, trabajos por hacer, sistema de calificación. Aspectos económicos, legales, laborales, financieros organizativos, impositivos y éticos. Principales problemas en Ingeniería, Problemas legales: Breve exposición.	1.5
II. LEY FEDERAL DEL TRABAJO. Aspectos principales Participación de los trabajadores en las utilidades de la Empresa.	3
III. LEY DEL SEGURO SOCIAL. Aspectos principales Aspectos económicos, legales y éticos, que norman la inscripción al I.M.S.S. Relación entre la Ley Federal del Trabajo y la Ley -- del Seguro Social.	1.5
IV. LEY DEL IMPUESTO SOBRE LA RENTA. Aspectos principales Impuesto al Ingreso de las personas físicas. Impuesto al Ingreso Global de las personas físicas. Impuesto al Ingreso Global de las Empresas Aspectos legales e impositivos que afectan a fletes y acarreos, materiales, maquinaria, equipo y herramienta.	6
V. ASPECTOS <u>PRACTICOS</u> : ECONOMICOS, LEGALES, LABORALES, FINANCIEROS, ORGANIZATIVOS, IMPOSITIVOS, Y ETICOS QUE AFECTAN A: La mano de obra, a los materiales, a la maquinaria, -- equipo, herramienta; la supervisión y la administración, al transporte, al presupuesto y al proyecto; y a los imprevistos. Impuestos: Mercantiles, SePaNal, O.Y.S.B.R.Y.S., ISR. La utilidad, fianzas y financiamiento.	4.5
VI. FINANCIAMIENTOS. Privados y públicos: Bancos, Hipotecarias, Financieras, Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, Bancos especializados. Principales aspectos que afectan a los estados financieros.	3
VII. LEY GENERAL DE SOCIEDADES MERCANTILES. Las sociedades. Constitución, acciones, Administración, vigilancia, etc.	1.5

VIII. LEY GENERAL DE TITULOS Y OPERACIONES DE CREDITO.

El crédito, elementos del crédito, operaciones de crédito. Títulos de crédito: Clases, letra de -- cambio, pagaré, cheque  
Instituciones de crédito: tipos, organizaciones - auxiliares.

3

IX. CONTRATACION DE OBRAS Y SERVICIOS PROFESIONALES.

Situación legal y fiscal  
Operaciones fiscales; inicio de operaciones  
Conceptos básicos: contratos, especificaciones, - concursos.  
Tipos de contratos.  
Contratos privados, públicos y oficiales, Declara- ciones, antecedentes y cláusulas.

3

X. LAS RELACIONES INDUSTRIALES.

Antecedentes y generalidades.  
Función social del ingeniero.  
Solidaridad y comunicación. Integración.  
Etica profesional  
Análisis y valuación de méritos y puestos.  
Control, remuneración e incentivos.  
Seguridad industrial.  
Conducción y preparación. Delegación de Autoridad.  
Autoridad, responsabilidad y obligaciones.

3

XI. REGLAMENTACION DEL EJERCICIO PROFESIONAL.

Ley de Profosiones.  
Cámaras y Colegios.  
Aranceles de Honorarios profesionales.

1.5

XII. ORGANIZACION DE LA EMPRESA.

Tipos de empresas.  
Factores que la afectan  
Objetivos generales  
Organización y Administración.  
Fallas en los negocios.

3

XIII. EJECUCION DE LA EMPRESA.

Actividades y ejecución  
Ingeniería de Sistemas  
Aplicaciones.

4.5

TOTAL HORAS:

39.0



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

ALGUNOS COMENTARIOS ACERCA DE LA CIMENTACION  
DE LAS CIMENTACIONES PROFUNDAS MEDIANTE CILIN-  
DROS.

ING. GABRIEL MORENO PECERO

JUNIO, 1979.

100

100

100

100

100

ALGUNOS COMENTARIOS ACERCA DE LA CIMENTACION DE LAS CIMENTACIONES PROFUNDAS MEDIANTE CILINDROS.

Objetivo.

En lo que sigue, se hará una exposición de aspectos relacionados con las cimentaciones profundas mediante cilindros, -- con el fin de que al final de ellos, se tenga una idea de la forma en que se eligen, se diseñan y se construyen este tipo de cimientos.

Definición.

Cilindro es un elemento de apoyo de las estructuras -- constituido por concreto armado, que tiene la forma de un cilindro. Normalmente es hueco y el espesor de su pared es del orden de 0.80 m.

Elección.

En términos generales, los cilindros se eligen como -- elementos de cimentación cuando se conjuntan dos condiciones simultáneamente:

- La estructura que va a ser soportada tiene concentraciones altas de esfuerzos.
- Existe a una cierta profundidad, relativamente -- grande, un estrato francamente resistente.

Un ejemplo clásico que frecuentemente se tiene en la Ingeniería Civil, es el de los puentes en donde aparte de conjuntarse las dos condiciones anteriores, aparezcan otras que forzan aún más la elección de cimentación de cilindros. Entre estas condiciones está el hecho siempre importante, de que la construcción de la cimentación mediante cilindros, ofrece casi la seguridad de que no habrá interrupción durante la construcción, por efecto de temporales, lo que sí ocurre en el caso de emplear otro tipo de cimentaciones profundas, como por ejemplo, pilotes.

Una condición que debe tenerse en cuenta siempre, en la elección del tipo de cimentación y fundamentalmente en la determinación de la profundidad a la que deben llevarse los cimientos, es la socavación, es decir, aquel fenómeno consistente en el arastre de las partículas sólidas del suelo por efecto de la energía cinética del agua; es obvio que el desplante de los apoyos debe llevarse a una profundidad mayor que la correspondiente a la socavación, esta condición, en muchas ocasiones conduce a una elección de cimiento profundo mediante cilindros.

Cuando en la estratigrafía del suelo de cimentación, aparecen fragmentos de roca, de tamaños de medianos a grandes, (mayores de 25 cm de diámetro) y en por ciento mayores de 10, la introducción de pilotes se dificulta y en ocasiones es prácticamente imposible; en esos casos, una solución alternativa para la cimentación, es la elección de cilindros, debido a que el procedimiento constructivo de ellos permite atravesarlos sin grandes dificultades; claro está que, a medida que el tamaño de los fragmentos de roca se incrementa, la dificultad de hincado, aun de los cilindros, también lo hace. En relación con la magnitud de las cargas, no sólo deben considerarse las verticales sino también las horizontales, producto de fuerzas de frenaje, de sismo, de viento, etc. En general, las cimentaciones mediante cilindros son

bastante más estables y seguras que las pilotadas, para este tipo de fuerzas.

#### Casos Especiales de Elección de Cilindros.

- a).- Es frecuente que para proteger los apoyos de los puentes se diseñen y construyan elementos llamados "Duques de Alba" que tienen por objeto absorber las fuerzas provocadas por choques de buques.

En ocasiones se emplea como elemento receptor de esas fuerzas a cilindros, calculándose en este caso su profundidad de hincado en función de la magnitud de la fuerza que debe absorber.

Como quiera que el cilindro es un elemento rígido, los cálculos determinan para este tipo de acción, una profundidad de hincado bastante grande; con el objeto de disminuirla, en ocasiones, se recurre a hacer que el cilindro sea un elemento relativamente flexible y para ello, se le dota de unos elementos amortiguadores en la parte en que recibe el impacto del buque, constituidos por resortes.

- b).- Recientemente los cilindros se han utilizado como elementos de acceso de maquinaria y obreros a la zona de construcción de túneles con relativo éxito. Como ejemplo tenemos algunas de las lumbreras de acceso a los colectores que ahora se están construyendo en la zona del Valle de México, en este caso el diámetro de los cilindros es del orden de los 9 m.

c).- En Japón se usan cilindros gigantes como elementos de cimentación de edificios de muchos niveles cuyo hundimiento en el terreno de apoyo, se consigue empleando la Obra de Mano. Este tipo de apoyo se usa cuando se tienen dos estratos de suelo, uno superior, poco resistente y deformable constituido por ejemplo por arcillas y el otro inferior, francamente resistente; además, se debe cumplir que el primero mencionado, sea totalmente homogéneo.

#### Procedimiento de Construcción.

El Procedimiento de construcción, constituye el factor fundamental en el costo de los cilindros. Prácticamente, el costo por metro de cilindro (es de \$ 15,000.00 a \$ 20,000.00) varía poco con los diámetros usuales: 4, 5, 6 y 7 m.

El procedimiento constructivo más usual es el llamado "Pozo Indio", consiste en esencia en descender el cilindro en el terreno de apoyo por su propio peso, a medida que desde su interior se excava el suelo en el que penetra. La excavación del suelo, normalmente se hace empleando una cuchara de almejas pero en el caso de los cilindros que se mencionó que se utilizan en Japón para cimentación de edificios, la excavación se ejecuta por obreros que deben trabajar rítmicamente, pues de no hacerlo se corre el riesgo de que en alguna zona del cilindro se excave más que en otra, lo cual puede propiciar su inclinación, que es en estos casos, situación de fracaso, debido a que resulta muy difícil volver a la verticalidad a cilindros con dimensiones tan grandes. Un caso especial en que también se utiliza la Obra de Mano, lo constituye el procedimiento constructivo mediante aire



comprimido. La idea es introducir aire a presión en la parte inferior del cilindro, con el objeto de equilibrar la presión del agua del suelo y evitar que ésta inunde el interior del cilindro; en estas condiciones es posible hacer descender al interior obreros que excaven el suelo de apoyo y propicien el hundimiento del cilindro. Las experiencias que existen al respecto, indican que este método es factible emplearlo hasta profundidades del orden de los 35 m, también se ha encontrado que su costo se incrementa muy rápidamente a partir de los 12 m de profundidad. La razón estriba en el hecho de que el rendimiento del trabajador disminuye rápidamente a medida que la presión del aire se incrementa.

### Consideraciones Especiales.

#### a). Estabilidad del fondo durante la excavación.

Es común, cuando se tienen a arenas, que los sondeos de exploración previos determinen una alta compacidad de ellos, y que durante su excavación para lograr que el cilindro penetre, se encuentra que la tal alta compacidad no existe, las arenas se sienten sueltas y existe la duda de si servirán como elemento de apoyo seguro del cilindro. La experiencia y la teoría indican -- que basta colar el tapón inferior del cilindro y confinar las arenas para que éstas tiendan a recuperar rápidamente la compacidad original; la razón de esta condición es el flujo de agua ascendente dentro del cilindro que genera la flotación de las partículas sólidas de la arena, producto, en ocasiones, del desnivel entre las superficies libres del agua freática dentro -- y fuera del cilindro y también a la extracción rápida del elemento excavador; para evitar este efecto se puede recurrir a mantener el agua en el interior del cilindro siempre a un nivel superior al que tiene fuera del cilindro, o bien a disminuir la permeabilidad del suelo de apoyo; para este caso, en ocasiones, se ha recurrido a colocar alrededor del cilindro costales llenos con arcilla.

En el caso de que el suelo, en el fondo del cilindro, sea fino como por ejemplo, arcilla, la falla de fondo es relativamente benéfica, pues facilita el hincado -- del cilindro, pero debe cumplirse que el volumen de -- suelo que falla sea semejante al que sustituye el cilindro, si no es así, se corre el peligro de que queden oquedades entre el suelo y la superficie lateral --

del cilindro o bien que se produzcan asentamientos en el terreno superficial, alrededor del cilindro. La experiencia indica que es más adecuado no provocar la falla del fondo, manteniendo siempre el tirante de agua en el interior del cilindro.

b). Fricción lateral.

De acuerdo con el procedimiento constructivo, los cilindros se introducen venciendo la fricción lateral -- con su peso propio, por ello desde el diseño debe tenerse en cuenta que se produzca esta condición. En el caso de los suelos gruesos e inclusive con fragmentos de roca, es decir, para materiales de comportamiento francamente friccionante, la teoría determina que la fricción lateral debe incrementarse proporcionalmente con la profundidad, sin embargo, experiencias realizadas expresamente indican que por debajo de los 7 u 8 m, adquiere valores prácticamente constantes; la razón de este hecho se puede explicar si se tiene en cuenta el fenómeno conocido como arqueo.

En el caso de los suelos finos como por ejemplo en el de las arcillas, la fricción lateral es realmente provocada por una adherencia entre la pared exterior del cilindro y el suelo fino; en este caso, la adherencia se considera en el cálculo prácticamente constante con la profundidad y para el caso de arcillas muy poco resistentes, su valor es aproximadamente igual a la cohesión; a medida que la resistencia de la arcilla se incrementa también lo hace la adherencia, pero no llega a sobrepasar los 5 Ton/m<sup>2</sup>. según algunas medidas realizadas.

Con el objeto de disminuir la fricción lateral, se han recurrido a varios métodos, como son:

- 1.- Disminución de la fricción, en el caso de los suelos gruesos, mediante inyecciones de agua a través de chiflones.
- 2.- Disminución de la adherencia con utilización de electrósmosis.
- 3.- Disminución de la adherencia por destrucción de la estructura del suelo fino.

En algunos casos se recurre a tratar de incrementar el peso del cilindro con sobrecargas externas, o bien manteniendo estanco su interior.

c). Verticalidad.

Una de las condiciones que debe cumplir el cilindro es obviamente el que sus paredes sean verticales, pero en la práctica, esta condición frecuentemente es difícil de cumplir.

Las razones son la heterogeneidad en cuanto a resistencia y deformación del suelo de cimentación y también en el procedimiento constructivo.

En la práctica se han tenido problemas graves a este respecto que han ocasionado desde dejar el cilindro inclinado, hasta abandonar este tipo de cimentaciones. Para enderezar los cilindros se han recurrido a procedimientos tales como sobrecargas excéntricas, disminución de adherencia en un lado del cilindro, empujes horizontales, etc.

ALGUNOS CONCEPTOS EN RELACION CON SITUACIONES PROFUNDAS  
RESPECTO CILINDROS.

PROBLEMAS ESPECIALES.

I.- Fricción lateral.

Una de las situaciones críticas que se presenta durante la construcción de los cilindros, es que éstos frecuentemente se quedan "pegados", es decir, el suelo circundante al cilindro ejerce fuerzas en él, que se oponen a que baje. Es conveniente, dada la frecuencia -- con que se presenta esta situación, el estudiarla con cierto detalle. Por ello separaremos los dos elementos que intervienen: el tipo de -- suelo y el cilindro.

En cuanto al primero de los factores conviene dividirlo en suelos de comportamiento friccionante y suelos de comportamiento cohe- sivo. Como ejemplo típico de los primeros tenemos a las arenas secas o saturadas, y del segundo a las arcillas.

a). Suelos de comportamiento friccionante.

En este tipo de suelos el esfuerzo de fricción entre ellos y los cilindros depende de la fuerza normal en la superficie de con- tacto y de la naturaleza de las superficies en cuyo contacto se desa- rrolla la fricción.

La fuerza normal ( $\sigma$ ) a su vez es función del peso propio de las partículas sólidas del suelo que se encuentran a profundidades menores que la correspondiente a la posición de la fuerza normal, y se acepta que existe una cierta proporcionalidad entre ese peso propio y la fuerza normal, de manera que si llamamos a este coeficiente de proporcionalidad  $k$  puede escribirse:

$$\sigma = k \gamma z \quad (1) \text{ donde:}$$

$\sigma$  = esfuerzo normal.

$k$  = coeficiente de proporcionalidad.

$z$  = profundidad a la que se considera  $\sigma$ .

El esfuerzo de fricción que podemos llamar  $f$ , a la profundidad  $z$  tiene la magnitud de

$$f = \mu \sigma \quad (2) \text{ donde:}$$

$f$  = esfuerzo de fricción

$\mu$  = coeficiente de fricción.

El coeficiente de fricción depende de la naturaleza de los materiales en contacto, en este caso suelo friccionante y concreto.

Reuniendo las fórmulas 1 y 2 se tiene

$$f = \mu k \gamma z \quad (3)$$

Para el coeficiente  $k$  deben considerarse las teorías de empuje de tierras que existen, tales como la de Rankine donde definen 3 coeficientes: el pasivo,  $k_p$ , debido a la condición de empuje pasivo, el activo,  $k_a$ , debido a la condición de empuje activo y el coeficiente de empuje en reposo,  $k_0$ , debido a la condición de reposo del suelo.

La primera pregunta que surge al respecto es ¿cuál de los 3 coeficientes mencionados es el que debe emplearse en el cálculo de la fricción?, si se analiza con detalle esta cuestión se llega a la conclusión de que ninguna de las 3 representa la condición en que se comporta el suelo en la vecindad del cilindro, pero quizá los que más se aproximan son  $k_a$  y  $k_0$ . De estos 2 el más adecuado resulta ser  $k_0$  debido a que si las partículas sólidas de la arena no se movieran sería, sin duda, el empuje en reposo la condición a considerar; como las partículas sólidas del suelo se mueven, realmente el empuje ejercido disminuirá y por lo tanto, el coeficiente de empuje será  $k_0$ .

poco menor que el de reposo. Algunas experiencias al respecto han mostrado que un valor adecuado para este coeficiente es de 0.4.

En cuanto al coeficiente  $\mu$ , de fricción entre el suelo y el concreto del cilindro, su valor como ya se indicó, depende de la naturaleza de las superficies en contacto. Se ha encontrado adecuado expresarlo en función del material cuyo comportamiento cambia, es decir, en función de la fricción de la arena, teniendo en cuenta que normalmente los cilindros o son de concreto o se recubren de acero. Algunas normas alemanas al respecto recomiendan considerar a  $\mu$  como:

$$\frac{1}{3} \tan \beta < \mu < \frac{2}{3} \tan \beta \quad \text{donde:}$$

$\beta$  = ángulo de fricción interna del suelo.

En términos generales, la  $\beta$  de las arenas varía entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$  de manera que puede escribirse como:

$$0.19 < \mu < 0.66$$

Se sugiere que el menor valor se emplee cuando se tienen arenas muy sueltas de granos redondeados y con mala granulometría en contacto con acero y el mayor valor de  $\mu$  para el caso de arenas compactadas de granos angulosos y de mala granulometría en contacto con concreto.

Si se toman en cuenta los valores numéricos mencionados se llega a la conclusión de que el esfuerzo de fricción varía entre:

$$f = \begin{cases} 0.68 \gamma z \\ 0.26 \gamma z \end{cases}$$

es decir, que el valor máximo es del orden de 2 veces el mínimo o lo que es lo mismo que como máxima la fricción entre suelo y cilindro sea 2 veces mayor que el valor más pequeño de ésta.

Es conveniente observar que de acuerdo con la fórmula teórica la fricción es función directa de la profundidad  $z$ .

Hasta aquí la parte teórica.

Experiencias al respecto indican que a partir de unos 7 -- a 8 cm de profundidad, para suelos fricciosos, la fricción permanece prácticamente constante. Para explicarnos este hecho, tenemos que revisar las hipótesis de la teoría en el sentido de observar si se -- cumplen en la realidad. En estas condiciones, puede fácilmente llegarse a la conclusión de que en el caso en estudio, el suelo se mueve -- con respecto al cilindro a una velocidad que va siendo mayor a medida que la profundidad  $z$  se aproxima a la correspondiente a la cuchilla -- del cilindro, todo esto, debido al procedimiento constructivo que se emplea (pozo índice). Esto quiere decir que si se acepta la fórmula -- general teórica de la fricción, para que  $f$  se mantenga constante a pesar de que  $z$  se incrementa es necesario que algo disminuya, ese algo puede ser el producto  $\mu k$  y el incremento de  $z$  debe ser contrarrestado por el decremento de  $\mu k$ , la disminución de este último producto puede deberse a que la  $k$  <sup>debe</sup> ó bien ambos; existiendo estas tres alternativas posibles se llega a la conclusión de que lo más factible de suceder es que disminuya  $\mu$ , para ello basta recordar que el efecto dinámico reduce la fricción hasta en algunas ocasiones anularla. -- La anterior consideración teórica lleva a una conclusión práctica interesante, entre más rápido se mueve la arena con respecto al cilindro, menos fricción se ejerce entre éste y la arena; quizá esta observación sea la regla pero para solucionar el problema tan común mencionado al principio, de que el cilindro se queda detenido.

Si esto es así, todas las recomendaciones que se den al respecto deben tratar de cumplirla.

Analizando la misma situación desde otro punto de vista, y pensando fundamentalmente en la rosa del cilindro en que la fuerza de la fricción se va incrementando con la profundidad, se puede hacer la reflexión. Hace tiempo se hicieron algunas relaciones de precisión en las paredes de algunos pilos encontrándose resultados similares al mencionado, se ve que, a partir de una cierta profundidad el esfuerzo normal a la pared se mantenía prácticamente constante. Por -- otra parte, también existe un estudio teórico de las presiones verticales



les que recibe una estructura cilíndrica (alcantarilla) cuando sobre ella se coloca una sobrecarga impuesta por un terraplén, en él, Spangler y Karsten encontraron que también a partir de una cierta altura del terraplén los esfuerzos que se ejercían sobre la estructura se mantenían prácticamente constantes; la razón en ambos casos se ha explicado en la teoría de la mecánica de suelos mediante el llamado arqueado de suelos; este efecto en esencia consiste en que las partículas sólidas del suelo en lugar de ejercer su peso sobre las que están debajo de ellas, lo transmiten a las que están a su lado, de manera que son éstas las que sufren los mayores esfuerzos a expensas de aquellas que le siguen hacia abajo descansan de estos mismos esfuerzos, si esto es cierto, quefría decir que en la zona en que los esfuerzos de fricción son prácticamente constantes el descanso mencionado no es total, es decir, la disminución de las presiones verticales efectivamente existe pero no es en magnitud tal que mantenga las fuerzas de fricción constantes con la profundidad, quizá la explicación más razonable a esta situación sea la combinación de los dos efectos mencionados, es decir, la disminución de  $\mu$  por el efecto dinámico que se tiene cuando la arena se mueve con respecto al cilindro y el del arqueado de los suelos.

Analizando así la situación conviene indicar cuál o cuáles son las soluciones más adecuadas.

#### Primera solución:

Abatir con rapidez el nivel de las aguas en el interior del cilindro. Esta solución tiene un doble efecto benéfico, por un lado, el peso del cilindro aumenta pues pasa de una condición de sumergido a no sumergido, por otro lado se establece un flujo de agua a través de la arena, ascendente con ella en la zona de apoyo del cilindro --- que la "sucille" y hace que penetre hacia el interior del cilindro provocando un menor o cesar el hincado del mismo. Analizando técnicamente este problema con el objeto de poder responder a la pregunta de

cuánto es conveniente abatir del nivel de agua en el interior del cilindro, la teoría nos indica que debe ser como mínimo, la magnitud determinada por la siguiente fórmula:

$$h = \frac{\gamma'}{\gamma_0} L \quad \text{donde:}$$

$\gamma'$  = peso volumétrico sumergido del suelo.

$\gamma_0$  = peso volumétrico del agua.

L = longitud de recorrido del agua dentro del suelo.

Si se quisiera dar una recomendación práctica de lo anterior, se tendría que decir que el abatimiento mínimo del agua en el interior del cilindro debe ser una fracción de la longitud de hincado del cilindro en el suelo y que esa fracción es el valor absoluto de la diferencia entre el peso volumétrico del suelo saturado menos el peso volumétrico del agua.

#### Segunda solución.

Una segunda solución que en ocasiones se ocurre es el disminuir el material que aparece a partir del nivel a que se lleva el cilindro con el objeto de que el que está en contacto con el cilindro pierda su apoyo y su peso venza la fricción interna del suelo, en estas condiciones, se tendrá una especie de falla de la masa de suelo vecina al cilindro (en una distancia que depende de la resistencia friccionante del suelo y de la fricción entre suelo y cilindro. Analizando teóricamente esta condición se llega a la conclusión de que la distancia horizontal que debe excavarse hacia los lados del cilindro y abajo del nivel de apoyo de éste, debe variar entre 2 cm y 6 cm por cada metro de altura del cilindro.

Esta recomendación tiene la desventaja de que cuando en ocasiones se emplean explosivos para hacer la excavación mencionada se produce en el agua una alta presión que a veces llega a fracturar el cilindro.



Resultados de algunas pruebas realizadas por Terzaghi muestran que para cohesiones relativamente pequeñas la adherencia puede considerarse de igual magnitud a éstas pero a medida que se va incrementando el valor de la cohesión la adherencia va teniendo valores más pequeños que ésta llegando a ser prácticamente constante (independiente del valor de la cohesión) siendo  $4 \text{ ton/m}^2$  la magnitud que alcanza para el caso de arcillas en contacto con acero y de  $6 \text{ ton/m}^2$  para el caso de arcillas en contacto con concreto.

A fin de llegar a soluciones del problema que nos ocupa es conveniente mencionar que los factores de los que depende la resistencia y por lo tanto la adherencia, con la estructura del suelo y su contenido de agua.

Sabiendo es que a medida que se incrementa el contenido de agua se disminuye la resistencia de las arcillas; en cierta forma lo que sucede puede explicarse con relativa facilidad si se considera que entre las partículas sólidas existen fuerzas que son las que generan la resistencia del suelo, si se disminuyen las fuerzas de atracción entre las partículas sólidas, también lo hace la resistencia del suelo, y para ello una posibilidad es aumentar la presión hacia las partículas sólidas aumentando el espesor de la película de agua que existe entre partícula sólida y partícula sólida, es decir, lo que se requiere es incrementar el contenido de agua del suelo; por otra parte existen entre las partículas sólidas fuerzas de repulsión que disminuyen en su magnitud a medida que se incrementa la concentración de sales que tenga el agua del suelo; en este caso lo que se requiere, para disminuir la resistencia del suelo, es aumentar la magnitud de las fuerzas de repulsión y para ello se necesita disminuir la concentración de sales en el agua; en resumen, si se quiere disminuir la adherencia entre suelo y cilindro habrá necesidad de disminuir la resistencia del suelo y para ello existen dos alternativas en cuanto al contenido de agua:

- a) Incrementar el contenido de agua.
- b) Disminuir la concentración de sales que existen en el agua del suelo.

Llevadas las anteriores ideas a la práctica, se encuentra el ingeniero, con el problema de que es necesario aumentar el contenido de agua en la profundidad de la pared externa del cilindro para disminuir ahí la adherencia y para eso requerirá provocar un flujo del agua hacia esa frontera; es obvio que entre más rápido provoque ese flujo, mayor eficiencia obtendrá del procedimiento, pero las arcillas son materiales muy poco permeables y por lo tanto en condiciones normales el flujo de agua a través de ellas es muy lento, surge entonces la necesidad de incrementarlo en cuanto a rapidez y por lo tanto se tiene como posibilidad para lograrlo la electrólisis. En el pasado se han hecho algunas pruebas obteniéndose resultados relativamente satisfactorios, por ejemplo, con motivo del proyecto de un túnel de 3.5 m de diámetro interior a profundidades de 15 a 20 m -- a través de los depósitos lacustres de arcilla blanda de la Ciudad de México, apareció el problema de la construcción de lumbreras de acceso cuyo diámetro interior se proyecta del orden de 8 m. Dadas las características de baja resistencia al corte y de expansividad de las arcillas del Valle, se llegó a la conclusión de que la solución más adecuada sería la de hincar un cilindro de concreto, haciéndolo bajar por su propio peso y excavando en el fondo, sin abatir el nivel del agua dentro del cilindro, con objeto de contrarrestar la falla por el fondo. De acuerdo con los estudios realizados se previó que la adherencia entre concreto y suelo será, por lo menos, de  $3 \text{ ton/m}^2$  de área perimetral del cilindro; esto implica que la pared del cilindro debería tener un espesor no menor de 1.25 m, si se deseaba garantizar el peso suficiente para vencer la adherencia. Se pensó entonces en la forma de disminuir la adherencia, recurriendo a la "electrólisis" con el fin de reducir el espesor de la pared, ya que, por razones estructurales no se requieren más de 25 cm, para soportar las presiones laterales hasta una profundidad de 20 m. Se realizaron entonces pruebas de extracción de un tubo de hierro de 13 m de longitud y 8.9 cm de diámetro exterior, que se había hincado previamente y dejado reposar por un lapso de 15 días. Se ejecutaron varias pruebas a diferentes intervalos de tiempo, sin tratamiento alguno. -- Enseguida se aplicó una corriente eléctrica, haciendo funcionar el tubo como cátodo y empleando como ánodos dos varillas de acero con --

la misma longitud que el tubo, hincadas a 2 m de distancia a ambos lados de éste. Bajo un potencial de 40 volts, la corriente se aplicó durante períodos sucesivos de 5, 10 y 15 minutos, suspendiendo en cada uno de ellos la corriente inmediatamente antes de realizar la prueba de extracción. Finalmente, se llevó a cabo una última prueba extrayendo el tubo mientras la corriente estaba actuando, después de 5 minutos. La Figura 9 ilustra las variaciones de la adherencia a través del tiempo y en ella puede observarse que ésta disminuye notablemente con la corriente eléctrica, pasando de valores máximos de  $3 \text{ Ton/m}^2$ , sin tratamiento, a  $0.1 \text{ Ton/m}^2$ , después de 5 minutos de tratamiento. Este fenómeno es una consecuencia de la acumulación de agua alrededor del cátodo. De tales resultados experimentales se concluyó que la pared del cilindro tendrá un espesor de 25 cm y estará provista de una camisa exterior de lámina de hierro, Núm. 14 ó 16, servirá simultáneamente de cimbra y cátodo. En su etapa final el cilindro tendrá, en su extremo inferior, una tapa de concreto colada bajo el agua. Pero, al retirar el agua del interior para iniciar los trabajos dentro de la lumbrera, se presentará el problema de la tendencia del cilindro a subir a consecuencia del efecto de flotación. Tal tendencia deberá ser resistida por la adherencia entre lámina y suelo. Nuevamente entrará en acción la corriente eléctrica, pero ahora cambiando la polaridad; es decir, haciendo funcionar a la camisa exterior de lámina como ánodo, con lo cual se conseguirá aumentar la adherencia.

Quizá se debería proponer para estos casos también el inyección de agua pero no mediante chiflonés sino con tubos de diámetro común llevados a través del interior de la pared de concreto del cilindro y saliendo a diferentes profundidades convenientemente estudiadas.

Desde el punto de vista del otro factor, es decir, de la estructura se conoce el hecho de que destruyendo éste se disminuye la resistencia del suelo arcilloso y por lo tanto su adherencia al cilindro. Con el objeto de notar la forma en que conviene construir esa estructura es necesario hacer un razonamiento acerca de qué tipo de estructura tienen las arcillas en su proximidad al cilindro.

Actualmente se sabe que a partir de una cierta magnitud de la deformación inducida en las arcillas, éstas se comportan en forma similar. Este comportamiento determina en ejes esfuerzo-deformación, una línea recta paralela al eje de las deformaciones, se puede afirmar que exhiben un comportamiento plástico. La explicación que se da al respecto de la similitud en el comportamiento de las arcillas después de una cierta deformación es la de que todas adquieren una misma forma de la estructura, se afirma, que las partículas sólidas se orientan siendo partículas paralelas entre sí, de manera que todas las arcillas en estas condiciones y con los mismos contenidos de agua deberán exhibir aproximadamente la misma resistencia (la razón de que sea aproximadamente, es de que no se están tomando en cuenta otros factores tales como la forma de las partículas sólidas, su composición mineralógica y la concentración de sales en el agua). La resistencia que exhiben estas arcillas se denomina en la teoría de la Mecánica de los suelos, residual.

Pues bien, las arcillas que están en la proximidad de la pared del cilindro es muy probable que tengan esta condición de resistencia residual pues por el procedimiento constructivo que se sigue en el hincado del cilindro, se induce en ella una deformación considerable. Si así es, al destruir la estructura de la arcilla significa desde el punto de vista teórico que efectivamente ésta no debe existir, esta condición llevada a la práctica implica que es necesario destruirla por completo, o sea remoldearla totalmente; en ocasiones en la práctica cuando el cilindro se "pega" a la arcilla se ha recurrido a hacer una serie de sondeos en el perímetro externo del cilindro con el objeto exclusivo de remoldear a la arcilla y por lo tanto destruirle su estructura.

Otros procedimientos que se emplean para despegar los cilindros coinciden con los anotados para el caso de los suelos friccionantes como son el dejar sin apoyo el suelo en la vecindad del cilindro, el de abatir la superficie libre del agua en el interior del cilindro a fin de incrementar el peso del mismo.

## II.- Pérdida de la Verticalidad.

Uno de los problemas que frecuentemente se presentan durante el hincado de los cilindros es la pérdida de su verticalidad. Las causas de tal situación son varias; una de ellas es la falta de homogeneidad en el suelo, en este caso, bien puede suceder, que una zona del cilindro quede apoyada en un suelo más compresible y menos resistente, o bien también es frecuente que el avance del procedimiento constructivo se haga en forma uniforme, es decir, que en una zona de apoyo del cilindro se excave más que en otro; otra causa lo constituye el hecho ya comentado antes de no obligar a que el centro de gravedad del cilindro esté localizado lo más bajo posible.

Para corregir esta anomalía en la práctica se recurre a procedimientos tales como excavar más en la zona menos hundida, o jalar el cilindro con cables normales cuando no va muy profundo. Ha habido ocasiones en que al analizarlo estructuralmente y desde el punto de vista de Mecánica de Suelos se ha llegado a la conclusión de que es posible dejarlo inclinado, quizá en esos casos podría aumentarse el factor de seguridad colocando algunos elementos que actuaran como puntales, como por ejemplo pilotes inclinados.

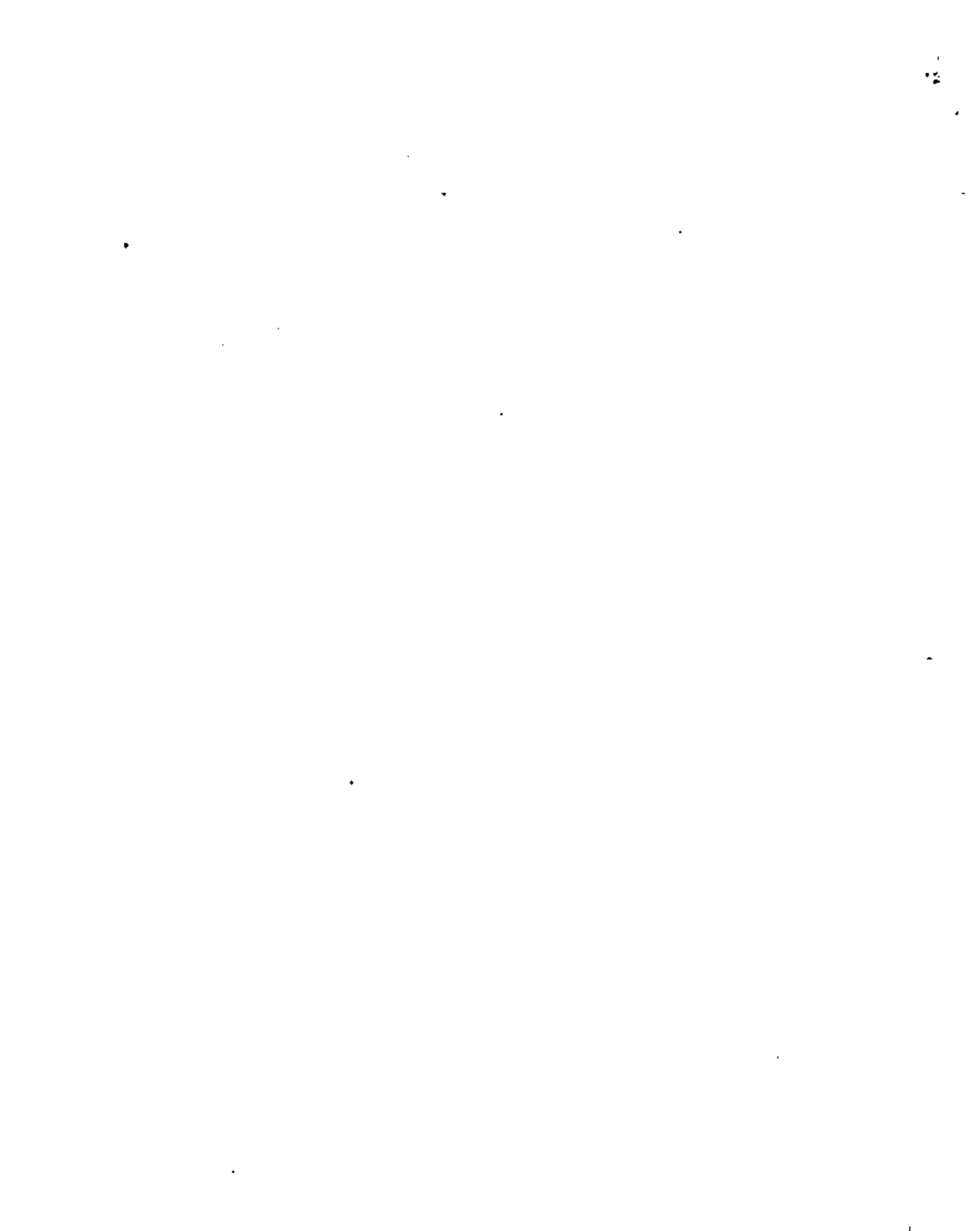
## III.- Falta de apoyo Lateral.

En ocasiones por el procedimiento constructivo que se sigue se excava más volumen de suelo que el correspondiente a la parte del cilindro que penetra en el suelo, esto provoca que se observe que el suelo en la vecindad del cilindro se hunda.

Esto también se provoca a diferentes profundidades lo que se traduce en la formación de una serie de cavernas localizadas en la inmediata vecindad de la pared externa del cilindro. Esta condición implica que el suelo que rodea al cilindro no da la suficiente reacción horizontal. En el caso de puentes y apoyos muy esbeltos esta condición es esencial puesto que se requiere una condición de empotramiento real, es decir, los proyectos de la estructura exigen que



el apoyo no sufra ningún desplazamiento horizontal, por ello en estos casos cuando se presenta la situación mencionada se recurre a inyectar las cavernas o a tratar de disminuir los esfuerzos horizontales - (caso del puente Metlac).





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

MANEJO Y MONTAJES MECANICOS

ING. FRANCISCO ORTEGA MUÑOZ

JULIO, 1979.

to 2013

2013

CONFERENCIA: MANEJO Y MONTAJES MECÁNICOS.

PONENTE : ING. FRANCISCO ORTEGA MUÑOZ.

FECHA : 21 DE JULIO DE 1979.

LUGAR : CENTRO DE EDUCACIÓN CONTÍNUA UNAM.  
PALACIO DE MINERÍA, MÉXICO, D.F.

HORARIO : 9:00 A.M. - 11:30 A.M.

0000000

I N D I C E

- I.- O B J E T I V O .
- II.- P L A N E A C I Ó N Y O R G A N I Z A C I Ó N .
- III.- A L M A C E N A J E Y M A N E J O D E E Q U I P O S .
- IV.- M O N T A J E M E C Á N I C O D E P R E C I S I Ó N .
- V.- M O N T A J E D E U N A T U R B I N A
- VI.- M O N T A J E D E L A V A S I J A D E L R E A C T O R .

## 1.- OBJETIVO.

ÉL PRESENTE TABAJO NO PRETENDE ABARCAR TODAS LAS ACTIVIDADES QUE SE DESARROLLAN EN UN MONTAJE DEL TIPO MECÁNICO, SINO ILUSTRADO BREVEMENTE, TOMANDO COMO EJEMPLO ALGUNAS DE ESTAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN CUALQUIER MONTAJE DE PLANTAS DE TIPO INDUSTRIAL, -- ASÍ MISMO SE DESCRIBE BREVEMENTE EL MONTAJE DE LA TURBINA Y VASIJA DEL REACTOR DE LA PLANTA NUCLEOELÉCTRICA LAGUNA VERDE.

## II.- PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN.

LA PLANEACIÓN DE LOS MONTAJES MECÁNICOS, EN UNA OBRA, ES EL CONJUNTO DE MÉTODOS QUE NOS SIRVEN PARA -- PROYECTAR, ORGANIZAR Y ANTICIPARNOS A LOS OBJETIVOS -- PERSEGUIDOS, AUXILIÁNDONOS DE MÉTODOS, SISTEMAS, ESTADÍSTICAS BASADAS EN EXPERIENCIAS ANTERIORES, PUDIENDO DISPONER ASÍ DE UNA EVOLUCIÓN DE LOS RESULTADOS A OBTENER.

PARA LA PLANEACIÓN DE UNA OBRA EN LA QUE SE DESARROLLAN MONTAJES MECÁNICOS, DEBERÁ CONTARSE UN GRUPO DE PERSONAS PARA ELLO QUE POR LO MENOS TENGAN UN CONOCIMIENTO GENERAL DE LAS ÁREAS A DESARROLLAR EN SU CONSTRUCCIÓN, PARA PODER SUMINISTRAR LOS PROGRAMAS DE EJECUCIÓN DETALLADOS QUE SERÁN NECESARIOS PARA UNA MEJOR COORDINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR, ADEMÁS ESTARÁ AL PENDIENTE DE TODOS LOS SUCESOS QUE PUEDAN ALTERAR EL CURSO DE ESTAS ACTIVIDADES PARA PODER CORREGIR A TIEMPO SU DESARROLLO, YA SEA POR RETRAZOS EN EL SUMINISTRO DE EQUIPOS Ó CAUSAS AJENAS AL CONSTRUCTOR. ASÍ MISMO DEBERÁ PREVEER TODA LA INFORMACIÓN REQUERIDA POR EL GRUPO DE PERSONAL QUE REALIZA EL Ó LOS TRABAJOS DE MONTAJE COMO SON: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, INSTRUCTIVOS, PLANOS, ETC. COMO TAMBIÉN ASIMILAR LAS NUEVAS TÉCNICAS EN LOS MONTAJES QUE PERMITAN UN ÓPTIMO DESARROLLO EN LA PRODUCCIÓN.



EN UN MONTAJE MECÁNICO EL PROPÓSITO Y FINALIDAD DE LA ORGANIZACIÓN ES LA OBTENCIÓN DE UN RESULTADO Ó - BENEFICIO. SI ÉSTO ES EL OBJETIVO FINAL, RESULTA PUES NECESARIO UTILIZAR LOS MEDIOS DE QUE DISPONEMOS PARA - ELLO EN TAL FORMA QUE CONTRIBUYAN AL MONTAJE EN UN ES - TADO DE EFICIENCIA MÁXIMA Y CON COSTO MÍNIMO. DEPENDE DE LA ORGANIZACIÓN EL REUNIR LOS RECURSOS, TANTO MATE - RIALES COMO HUMANOS EN FORMA ORDENADA CON EL FIN DE -- QUE PUEDAN DESARROLLARSE LAS ACTIVIDADES REQUERIDAS EN FORMA EFECTIVA PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS TRAZADOS.

LA ORGANIZACIÓN EN UN MONTAJE MECÁNICO SERÁ CON - SECUENCIA DEL TRABAJO PRESENTADO POR LA PLANEACIÓN, -- DEL CUAL CONOCEREMOS LOS OBJETIVOS QUE DESEAMOS, LA DI - VISIÓN DEL TRABAJO EN LAS ACTIVIDADES PRESENTES DE --- ACUERDO A SU SIMILITUD O IMPORTANCIA, LAS OBLIGACIONES DE CADA UNO DE LOS GRUPOS QUE LA INTEGRAN, LA CORRECTA ASIGNACIÓN DEL PERSONAL CALIFICADO, ASÍ COMO LA COMUNI - CACIÓN ENTRE CADA UNO DE LOS GRUPOS. ES IMPORTANTE -- QUE EXISTA LA CORRECTA DIVISIÓN DE DEPARTAMENTOS ES -- MUY IMPORTANTE QUE EXISTA LA CORRECTA DIVISIÓN DE ÁREAS DE ACUERDO CON LA SIMILITUD DE ACTIVIDADES A DESARRO-- LLAR PARA LA ÓPTIMA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DISPO - NIBLES. ÉSTO SE LOGRA CON LA ELABORACIÓN DE UN ORGANI - GRAMA DE LA OBRA, EL CUAL NOS AYUDA A VISUALIZAR LAS - PRINCIPALES RELACIONES ENTRE LOS DISTINTOS DEPARTAMEN - TOS QUE LA COMPONENTE, LA AUTORIDAD RELATIVA DE CADA UNO DE SUS MIEMBROS, ASÍ COMO SUS FUNCIONES, MOSTRÁNDONOS

AL DETALLE EN CADA UNA DE LAS ÁREAS O FRENTES DE TRABAJO EL NÚMERO Y CALIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE LO INTEGRAN.

### III.- ALMACENAJE Y MANEJO DE EQUIPOS.

TODOS LOS EQUIPOS QUE INTEGRAN UNA PLANTA INDUSTRIAL, DESPUÉS DE FABRICADOS Y ENSAMBLADOS PARCIAL Ó TOTALMENTE DEBEN SER PROTEGIDOS ADECUADAMENTE PARA SU EMBARQUE, TRANSPORTE Y ALMACENAJE FINAL, PREVIO AL MONTAJE EN SU SITIO DEFINITIVO. LO ANTERIOR ES DE VITAL IMPORTANCIA YA QUE LA EXPERIENCIA NOS HA DEMOSTRADO -- QUE NO SE LE PRESTA LA ADECUADA ATENCIÓN PRODUCIÉNDOSE DAÑOS PARCIALES O TOTALES EN UN GRAN NÚMERO DE EQUIPOS, PO NO HACERLO EN FORMA ADECUADA. POR LO CUAL A CONTINUACIÓN SE DETALLA UN PROGRAMA DE MANEJO Y ALMACENAJE AMPLIAMENTE.

LOS NIVELES Ó TIPOS DE CLASIFICACIÓN EN LA PROTECCIÓN DE TODO EQUIPO ESTÁN ESTABLECIDOS UN RESPECTO O MEDIDAS PROTECTIVAS PARA EVITAR DAÑOS, DETERIOROS Ó CONTAMINACIÓN DE LAS PARTES QUE LO COMPONEN, BASADAS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS IMPORTANTES Y NO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES IMPORTANTES DE LA PARTIDA CON RESPECTO A SEGURIDAD, CONFIABILIDAD Y OPERACIÓN. LAS NORMAS DOCUMENTADAS DEL FABRICANTE Ó LOS REQUISITOS MÍNIMOS DEBERÁN SER CONSIDERADOS CUANDO SE CLASIFIQUE LA PARTIDA O EQUIPO.

SE HAN AGRUPADO DIFERENTES EQUIPOS DE UNA PLANTA INDUSTRIAL EN CUATRO NIVELES DE CLASIFICACIÓN PARA ASÍ PODER DIFERENCIAR LA PROTECCIÓN QUE SE LES DEBE DAR Y PRESTAR PARA SU BUENA CONSIDERACIÓN.

#### NIVEL A.

SON AQUELLAS QUE SON EXCEPCIONALMENTE SENSIBLES A LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y REQUIEREN MEDIDAS ESPECIALES PARA SU PROTECCIÓN DE UNO O MÁS DE LOS SIGUIENTES EFECTOS:

TEMPERATURAS FUERA DE LÍMITES REQUERIDOS, CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y VAPORES, DAÑOS FÍSICOS Y CONTAMINACIÓN POR AIRE (TALES COMO LLUVIA, NIEVE, POLVO, TIERRA, BRISA SALINA, HUMO). LA SIGUIENTE PODRÁ SER USADA COMO GUÍA PARA CLASIFICAR LAS PARTIDAS PROPUESTAS A ESTE NIVEL.

- A).- EQUIPO ELECTRÓNICO ESPECIAL E INSTRUMENTACIÓN.
- B).- MATERIALES ESPECIALES, TALES COMO PRODUCTOS QUÍMICOS QUE SEAN SENSIBLES AL AMBIENTE.

#### NIVEL B.

LAS PARTIDAS QUE ESTÁN CLASIFICADAS EN ESTE NIVEL

SON AQUELLAS QUE SON SENSITIVAS A CONDICIONES AMBIENTALES Y REQUIEREN MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LOS EFECTOS DE TEMPERATURAS EXTEMAS, HUMEDAD Y VAPORES, DAÑO FÍSICO Y CONTAMINACIÓN POR AIRE Y NO DEBERÁ REQUERIR LAS PROTECCIONES ESPECIALES QUE SE REQUIEREN PARA EL NIVEL A. LA SIGUIENTE PODRÁ SER USADA COMO GUÍA PARA CLASIFICAR LAS PARTIDAS PROPUESTAS A ESTE NIVEL:

- A).- INSTRUMENTACIÓN
- B).- BATERÍAS
- C).- CENTROS DE CONTROL DE MOTORES, DISPOSITIVOS DE DISTRIBUCIÓN Y TABLEROS DE CONTROL.
- D).- MOTORES Y GENERADORES.
- E).- PARTES MAQUINADAS A PRESICIÓN.
- F).- REFACCIONES DE MONTAJE.
- G).- FILTROS DE MANEJO DE AIRE.
- H).- COMPUTADORAS.

#### NIVEL C.

LAS PARTIDAS CLASIFICADAS EN ESTE NIVEL SON AQUELLAS QUE REQUIEREN PROTECCIÓN CONTRA EXPOSICIÓN

AL AMBIENTE, CONTAMINANTES DE AIRE, Y DAÑO FÍSICO. LA PROTECCIÓN DEL VAPOR DE AGUA Y LA CONDENSACIÓN NO ES TAN IMPORTANTE COMO LO ES PARA EL NIVEL B. LA SIGUIENTE PODRÁ SER USADA COMO GUÍA PARA CLASIFICAR LAS PARTIDAS PROPUESTAS A ESTE NIVEL:

- A).- BOMBAS
- B).- VÁLVULAS.
- C).- FILTROS DE FLUIDOS.
- D).- COMPRESORES.
- E).- TURBINAS AUXILIARES.
- F).- CABLES DE INSTRUMENTACIÓN
- G). AISLAMIENTO TÉRMICO.
- H).- VENTILADORES Y SOPLADORES.

#### NIVEL D.

LAS PARTIDAS CALSIFICADAS EN ESTE NIVEL SON MENOS SENSIBLES AL AMBIENTE QUE LAS DEL NIVEL C. ESTAS PARTIDAS REQUIEREN PROTECCIÓN CONTRA LOS ELEMENTOS, CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y DAÑO FÍSICO. LA SIGUIENTE PODRÁ SER USADA COMO GUÍA PARA CLASIFICAR LAS PARTIDAS PROPUESTAS A ESTE NIVEL:

- A).- TANQUES
- B).- INTERCAMBIADORES DE CALOR Y PARTES.
- C).- ACUMULADORES.
- D).- DESMINERALIZADOR.
- E).- EVAPORADORES.
- F).- GENERADORES DE VAPOR Y PARTES.
- G).- PRESURIZADORES.
- H).- TUBERÍAS.
- I).- CABLE ELÉCTRICO.
- J).- ACERO ESTRUCTURAL.

CONOCIENDO YA LOS DIFERENTES NIVELES DE PROTECCIÓN PARA LAS PARTIDAS O EQUIPOS QUE INTEGRAN UNA PLANTA INDUSTRIAL, PODREMOS HABLAR SOBRE UN PLAN DE ALMACENAJE EL CUAL PARA UN MEJOR ENTENDIMIENTO SE PRESENTA TOMANDO COMO ANTECEDENTE LOS NIVELES DE PROTECCIÓN,

EL PLAN DE ALMACENAJE MOSTRARÁ TODAS LAS FACILIDADES, INCLUYENDO ALMACENES Y ÁREAS DE ALMACENAJE EXTERIOR. LAS ÁREAS DE ALMACÉN DEBERÁN PROPORCIONAR ESPACIO ADECUADO PARA EL MANEJO DE LAS PARTIDAS O EQUIPOS.

LOS DIVERSOS NIVELES DE ALMACENAJE ASOCIADOS CON LAS PARTIDAS CLASIFICADAS COMO NIVELES A, B, C, D DEBERÁN SATISFACER LAS SIGUIENTES CONDICIONES AMBIENTALES.

A).- LAS PARTIDAS O EQUIPOS CLASIFICADOS EN EL NIVEL A DEBERÁN ESTAR ALMACENADOS BAJO -- CONDICIONES ESPECIALES SIMILARES A AQUE-- LLAS DESCRITAS PARA EL NIVEL B, PERO CON REQUISITOS ADICIONALES TAL COMO CONTROL - DE HUMEDAD ABAJO DEL 60%, SISTEMA DE VEN-- TILACIÓN CON FILTROS PARA PROPORCIONAR -- UNA ATMÓSFERA LIBRE DE POLVO Y VAPORES DA-- ÑINOS. LOS MÉTODOS ACEPTABLES PARA CON-- TROL DE HUMEDAD SON:

1.- DISECANTE EMBOLSADO DENTRO DE UN RE-- CIPIENTE SELLADO, EL DISECANTE PUEDE ES-- TAR DENTRO DEL COMPONENTE PARA PROTECCIÓN INTERNA Y/O EL COMPONENTE COMPLETO PUEDE ESTAR SELLADO CON UN CONTENEDOR O ENVOLTU-- RA, CON UN DISECANTE ADENTRO. LA HUMEDAD RELATIVA DEBERÁ SER CHECADA CON TARJETAS INDICADORAS DE HUMEDAD. EL DISECANTE DE-- BERÁ SER CAMBIADO CUANDO LA HUMEDAD RELA-- TIVA EXCEDA DEL 60%.



- 2.- CALEFACCIÓN LOCAL POR CALENTADOR DE RESISTENCIA, FOCOS, ETC., DENTRO DE UNA ESTRUCTURA DE TIPO CARPA, PARA MANTENER LAS SUPERFICIES DEL EQUIPO A VARIOS GRADOS SOBRE LA TEMPERATURA AMBIENTE.
  - 3.- ATMÓSFERA DE NITRÓGENO PRESURIZADO PARA MINORIZAR LA OXIDACIÓN EN LAS SUPERFICIES INTERNAS.
  - 4.- PRESERVATIVOS APROBADOS PARA PROTEGER LAS SUPERFICIES INTERNAS.
  - 5.- PROPORCIONAR UN EDIFICIO CON HUMEDAD RELATIVA CONTROLADA A MENOS DEL 60%.
- B).- LAS PARTIDAS CLASIFICADAS EN EL NIVEL B, DEBERÁN ESTAR ALMACENADAS DENTRO DE EDIFICIOS VENTILADOS Ó RECINTOS EQUIVALENTES, RESISTENTES AL FUEGO, RESISTENTES A RASGAS DURAS Y A PEUBA CONTRA LAS INCLEMENCIAS DEL TIEMPO. ESTA ÁREA DEBERÁ ESTAR SITUADA Y CONSTRUIDA EN FORMA QUE NO ESTÉ SUJETA A INUNDACIONES; EL PISO DEBERÁ SER PAVIMENTADO.

LAS PARTIDAS O EQUIPOS DEBERÁN SER COLOCADOS SOBRE UNOS POLINES Ó TARIMAS DE MADERA QUE PERMITAN LA CIRCULACIÓN DEL AIRE. LA TEMPERATURA MÍNIMA DEBERÁ SER 5° C Y LA MÁXIMA 60° C Ó MENOS, SI ASÍ ES ESTIPULADO POR EL FABRICANTE. DEBERÁN INSTALARSE VENTILADORES PARA SER USADOS CUANDO SEA NECESARIO.

- C).- ÉSTAS PARTIDAS Ó EQUIPOS DEBERÁN SER ALMACENADOS EN EL INTERIOR O SU EQUIVALENTE, CON TODOS LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS PARA EL NIVEL B, EXCEPTO LA CALIFICACIÓN Y CONTROL DE TEMPERATURA.
- D).- LAS PARTIDAS O EQUIPOS DEL NIVEL D PUEDEN SER ALMACENADAS EN EL EXTERIOR, EN ÁREAS QUE ESTÉN BIEN DRENADAS, PREFERIBLEMENTE CUBIERTAS CON GRAVA O PAVIMENTADAS Y RAZONABLEMENTE APARTADAS DEL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN Y DEL TRÁFICO DE VEHÍCULOS DE TAL FORMA QUE LA POSIBILIDAD DE DAÑO AL EQUIPO SEA MINORIZADA. DEBERÁN SER ALMACENADAS SOBRE DÚRMIENTES, POLINES, TARIMAS REJAS, Ó SU EQUIVALENTE PARA PERMITIR LA CIRCULACIÓN DEL AIRE Y PARA EVITAR ATRAPAMIENTO DE AGUA.

LOS MÉTODOS DE ALMACENAJE DEBERÁN CUMPLIR CON --  
LOS REQUISITOS EN LOS SIGUIENTES PARRÁFOS:

- 1.- TODAS LAS PARTIDAS DEBERÁN SER ALMACENADAS -  
DE TAL MANERA QUE PERMITAN FÁCIL ACCESO PARA  
LA INSPECCIÓN Ó MANTENIMIENTO SIN MANEJO EX-  
CESIVO. PARA MINIMIZAR RIESGOS O DAÑOS.
- 2.- LAS PARTIDAS ESTIBADAS PARA ALMACENAR, DEBE-  
RÁN ESTAR ACOMADADAS PARA QUE LAS REJILLAS,  
ESTIBADAS Ó CAJAS ESTÉN APOYADAS CON EL PESO  
COMPLETO SIN DISTORSIÓN DE LAS PARTIDAS.
- 3.- TODAS LAS PARTIDAS Y SUS CONTENEDORES DEBE--  
RÁN ESTAR CLARAMENTE MARCADAS PARA SU FÁCIL  
IDENTIFICACIÓN SIN MANEJO EXCESIVO, O SIN NE-  
CESIDAD DE ABRIR LAS CAJAS, REJILLAS, ETC.
- 4.- CUANDO LAS PARTIDAS O EQUIPOS SEAN ALMACENA-  
DOS EN EL EXTERIOR DEBERÁN SER UTILIZADAS CU-  
BIERTAS A PRUEBA DE INTEMPERIE, DE TAL MANE-  
RA QUE PROPORCIONEN DRENAJE Y ASEGUREN LA --  
CIRCULACIÓN DEL AIRE PARA MINORIZAR LA CON--  
DENSACIÓN.

- 5.- TODAS LAS PARTIDAS Ó EQUIPOS ALMACENADOS DEBERÁN SER COLOCADOS SOBRE POLINES ADECUADAS PARA PERMITIR LA CIRCULACIÓN DEL AIRE Y DISMINUIR LA POSIBILIDAD DE LA CONTAMINACIÓN POR SALPICADERAS DE AGUA.
- 6.- LAS PARTIDAS ALMACENADAS DEBERÁN TENER TODAS LAS CUBIERTAS, TAPAS, TAPONES Y OTROS CIERRES INTACTOS.
- 7.- LOS PRESERVATIVOS TEMPORALES DEBERÁN DEJARSE INTACTOS DURANTE EL ALMACENAJE.
- 8.- LAS LECTURAS DE LAS PURGAS PARA LAS PARTIDAS Ó EQUIPOS QUE ESTÁN SUJETAS A UNA PURGA DE PRESIÓN DE GAS INERTE (NITRÓGENO) DEBERÁN SER CHECADAS CON LA FRECUENCIA RECOMENDADA POR EL FABRICANTE.
- 9.- LOS EQUIPOS QUE TIENEN INSTALADOS CALENTADORES INTERNOS DEBERÁN SER CHECADOS MENSUALMENTE, PARA ASEGURAR QUE ESOS CALENTADORES ESTÉN ENERGIZADOS.
- 10.- LOS CHEQUEOS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTOS DE LOS MOTORES SE HARÁN AL RECIBIRSE Y CADA 3 MESES Ó MÁS A MENUDO, SI ESTO RECOMENDADO POR EL FABRICANTE. LAS VALORES MINIMOS RECO



12.- PERIÓDICAMENTE DEBERÁN INSPECCIONARSE LAS --  
PARTIDAS INDIVIDUALMENTE PARA ASEGURAR QUE -  
LA INTEGRIDAD ESTÁ SIENDO PRESERVADA. Es--  
TAS INSPECCIONES DEBERÁN INCLUIR EL CHEQUEO  
DE COSAS COMO NIVEL DE ALMACENAJE PROPIO, --  
EVIDENCIAS DE DAÑO FÍSICO, LIMPIEZA, CONTROL  
DE TEMPERATURA, CONTROL DE HUMEDAD, CONTROL  
-- DE ROEDORES, ETC. Y DEPENDIENDO DE LAS CA--  
RACTERÍSTICAS DE ESTAS INSPECCIONES. DEBERÁN  
TOMARSE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS NECESARIAS.

#### IV.- MONTAJE MECANICO DE PRECISION.

EL MÁXIMO RENDIMIENTO DEL TRABAJO DE ALTA PRECISIÓN QUE SE REALIZA EN LAS MODERNAS APLICACIONES DE LA INGENIERÍA, SOLAMENTE PUEDE OBTENERSE SI SE HA PUESTO EL MAYOR CUIDADO EN EL MONTAJE E INSTALACIÓN DE LA MAQUINARIA.

EN CONSTRUCCIÓN DE INGENIERÍA, ES PRÁCTICA CORRIENTE Y CONSTITUYE SIEMPRE EL MEJOR MÉTODO, MONTAR TODOS LOS MOTORES, MÁQUINAS Y OTROS ARTEFACTOS ANTES DE SALIR DE LOS TALLERES DONDE HAN SIDO CONSTRUIDOS, LUEGO SE DESMONTAN, SE MARCAN TODAS SUS PIEZAS Y SE REMITEN A SU DESTINO.

LA REALIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN Y EL MONTAJE DE FINITIVO, GENERALMENTE TIENE EFECTO EN CONDICIONES MUY DIFERENTES; SE CUENTA CON MENOS FACILIDADES Y EL MONTADOR TIENE QUE RESOLVER PROBLEMAS, MUCHAS VECES IMPROVISANDO.

#### PREPARACION PARA EMBARQUE:

LA MAQUINARIA DESPUÉS DE FABRICADA SE PREPARA PARA EL EMBARQUE, TODAS SUS BRIDAS Y PARTES METÁLICAS EXPUESTAS, SE LIMPIAN DE MATERIAS EXTRAÑAS Y SE TRATAN CON UN COMPUESTO ANTICORROSIVO, COMO GRASAS, VASELINA O ACEITE GRUESO, PARA PROTECCIÓN DURANTE EL EMBARQUE Y LA INSTALACIÓN.

TODAS LAS BRIDAS Y ABERTURAS DE TUBERÍA Y BOQUILLAS SE PROTEGEN CON BRIDAS DE MADERA Ó CON TAPONES DE METAL, QUE EVITAN LA ENTRADA DE MUGRE, POLVO, HUMEDAD, O MATERIA EXTRAÑA. TODAS LAS TUBERÍAS PEQUEÑAS SE LIMPIAN Y SE INSTALAN GUARDAS PROTECTORAS SI ES NECESARIO.

CUANDO EL TAMAÑO Y EL PESO LO PERMITEN, LA MAQUINARIA SE EMBARCA YA ARMADA, CUANDO NO ES POSIBLE SE EMBARCA DESARMADA Y ALGUNAS VECES SE TALADRA LA BASE EN LUGAR DE MONTAJE.

CUIDADO DEL EQUIPO EN EL CAMPO ANTES DE USARLO:

CUANDO SE RECIBE EL EQUIPO DEBE INSPECCIONARSE Y VERIFICARSE CONTRA EL TALÓN DE EMBARQUE. SI SE RECIBE EL EQUIPO ANTES QUE SE PUEDA MONTAR, SE DEBERÁ ALMACENAR EN UN LUGAR SECO, DEPENDIENDO DEL TIEMPO QUE PERMANECERÁ ALMACENADO SON LAS PRECAUSIONES QUE SE DEBERÁN TOMAR, INCLUSIVE DESARMARLA TOTALMENTE Y PROTEGER PIEZA POR PIEZA, YA SEA ELEMENTO MECÁNICO CON GRASA O VASELINA PARA EVITAR CORROSIÓN, Ó ELECTRICO CON CALENTADORES O A VACÍO PARA EVITAR HUMEDAD.

SI SE HA USADO UN PREVENTIVO DE OXIDACIÓN EN LAS PARTES ALMACENADAS DEBERÁN LIMPIARSE COMPLETAMENTE ANTES DE SU INSTALACIÓN FINAL.



## CIMENTACIONES:

LAS CIMENTACIONES CON CUALQUIER ESTRUCTURA RÍGIDA SUFICIENTEMENTE PESADA QUE PROPORCIONE UN SOPORTE RÍGIDO PERMANENTE A TODA EL ÁREA DEL BASTIDOR Ó PLACAS DE LA BASE Y ABSORBE CUALQUIER ESFUERZO Ó IMPACTO NORMALES.

LAS CIMENTACIONES DE CONCRETO CONSTRUIDAS DESPLANTANDOSE DESDE EL SUELO FIRME CON LAS MÁS SATISFACTORIAS. AL CONSTRUIR LA CIMENTACIÓN, SE DEBE DEJAR UN MARGEN PARA PONER LECHADA DE CONCRETO ENTRE LA SUPERFICIE PREVIAMENTE PICADA DEL CONCRETO Y LA CARA INFERIOR DE LA PLACA DE BASE. CUANDO EL EQUIPO ES MUY GRANDE - SE SUMINISTRAN PLACAS DE ASIENTO EN LAS QUE EL EQUIPO QUEDA MONTADO, DE ESTA MANERA EL ALINEAMIENTO Y LA NIVELACIÓN PUEDE CORREGIRSE CON LAINAS Y SE PUEDE DESMONTAR Y REPONER LA UNIDAD SIN DIFICULTAD, SI ES NECESARIO.

EL ESPACIO REQUERIDO POR UNIDAD Y LA COLOCACIÓN DE LOS PERNOS DE ANCLAJE SE DETERMINA CON LOS PLANOS - SUMINISTRADOS POR EL FABRICANTE, CADA PERNO DE ANCLAJE DEBERÁ TENER UNA CAMISA DE TUBO DE UN DIÁMETRO DE 3 A 4 VECES MAYOR QUE EL DEL PERNO DE ANCLAJE, ESTO FACILITA LA MANIOBRA DE MONTAJE PUESTO QUE PERMITE MOVIMIENTOS DEL PERNO Y ABSORBE POSIBLES PEQUEÑOS ERRORES EN LA CIMENTACIÓN.

## ALINEACIÓN Y NIVELACION:

CUANDO UNA MÁQUINA ES PEQUEÑA Y SE ARMA EN LA FABRICA SE ALINEA CON PRECISIÓN. EL ALINEAMIENTO DE FABRICA NO SE PUEDE MANTENER CON PRECISIÓN PARA ARRANCAR Y OPERAR LA MÁQUINA SIN VOLVERLA A ALINEAR EN EL CAMPO.

DURANTE EL EMBARQUE, LAS MÁQUINAS SE SOMETEN A ESFUERZOS QUE ORIGINAN DESALINEAMIENTOS. TAMBIÉN EN EL PROCESO DE MONTAJE EL ESFUERZO QUE SE TIENE EL CONECTAR TUBERÍAS O ALGUNOS ACCESORIOS PRODUCE DESALINEAMIENTO, POR LO TANTO ES NECESARIO REVISAR EL ALINEAMIENTO Y LA NIVELACIÓN.

CUANDO ALGUNA MÁQUINA TRABAJA CON TEMPERATURA GENERALMENTE EL FABRICANTE DA LA TOLERANCIA CON LA QUE DEBE MONTARSE, PARA EVITAR DESALINEAMIENTOS AL CALENTARSE.

ALGUNAS OCASIONES SE RECOMIENDA ALINEAR Y NIVELAR LA MÁQUINA A LA TEMPERATURA DE OPERACIÓN.

## V.- MONTAJE DE UNA TURBINA

I N D I C E

- 1.- CHEQUEO DE CIMENTACION
- 2.- NIVELACIÓN DE PLACAS DE CIMENTACIÓN
- 3.- MONTAJE DEL GENERADOR
- 4.- MONTAJE DEL EXCITADOR.
- 5.- MONTAJE DE LAS TURBINAS DE BAJA PRESIÓN.
- 6.- MONTAJE DEL GOBERNADOR
- 7.- MONTAJE DE LA TURBINA DE ALTA PRESIÓN
- 8.- ALINEACIÓN FINAL DEL CONJUNTO.
- 9.- ACOPLAMIENTO DE ROTORES.
- 10.- SECUENCIA GRÁFICA DEL MONTAJE.

## TRABAJO DE CIMENTACION

### 1.- CHECAR EL CIMIENTO.

PARA EVITAR DEMORAS QUE CUESTAN TIEMPO Y DINERO EN LA INSTALACIÓN POR HABER DIFERENCIAS EN LA CIMENTACIÓN, ES IMPORTANTE CHECAR CON CUIDADO LAS ESTRUCTURAS DE APOYO DE LA MÁQUINA Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL CIMIENTO PARA UNA ORIENTACIÓN CORRECTA ASÍ COMO SU ELEVACIÓN Y UN ESPACIO LIBRE SUFICIENTE PARA HACER MANIOBRAS. PARA HACER ESTA INVESTIGACIÓN CON PRECISIÓN, ES PRECISO QUE SEA ENTENDIDO QUE EL TURBOGENERADOR EN TODAS SUS PARTES Y LA TUBERÍA HAN SIDO DISEÑADOS EMPLEANDO LA LÍNEA DE BASE DE LA UNIDAD Y VARIAS LÍNEAS CENTRALES TRANSVERSALES DE REFERENCIA, NO EJES DE COLUMNA O CONSTRUCCIÓN, ÉSTOS NO SON ACEPTABLES PARA EL PROPÓSITO DE MONTAJE. DESPUÉS DE ESTUDIAR BIEN LOS PLANOS GENERALES DE LA UNIDAD SE ESTABLECEN PUNTOS DE REFERENCIA MARCADOS, EJES LONGITUDINALES DE LA UNIDAD Y EJES CENTRALES TRANSVERSALES EN TODOS LOS PUNTOS IMPORTANTES PARA USO EN LA ERECCIÓN DEL EQUIPO. LOS PUNTOS DE REFERENCIA Y LÍNEAS DEBEN SER PUESTOS DE TAL MANERA QUE NO ESTORBEN DURANTE EL MONTAJE. UNA VEZ QUE SE HAN ESTABLECIDO LOS PUNTOS DE REFERENCIA EN LA CIMENTACIÓN, SE PROCEDE A CHECAR LAS DIMENSIONES, LA LOCALIZACIÓN Y LA PROYECCIÓN DE LAS ANCLAS.

SE REVISAN LAS PLACAS EMBEBIDAS Y SU LOCALIZACIÓN EL ESPESOR DE LA PLACA Y SU ELEVACIÓN.

TAMBIÉN SE CHECAN LA ELEVACIÓN DE LOS SOPORTES - DE LAS CAJAS DE VAPOR ASÍ COMO DE LAS VÁLVULAS Y TODAS LAS PENETRACIONES, PARA TUBOS CONDUIT, DE ACEITE Y LÍNEAS DE TIERRA.

EL ESPACIO PARA LA EXPANSIÓN TÉRMICA DE LA MÁQUINA Y DE LAS TUBERÍAS DE VAPOR Y ACEITE TAMBIÉN DEBE COMPROBARSE.

DEBE HABER TOLERANCIA SUFICIENTE PARA EL GROUTING.

LA SUPERFICIE DE LA CIMENTACIÓN DEBE DE PICARSE QUITANDO LA LECHADA FINAL, PARA ENCONTRAR EL CONCRETO INTERIOR Y DEJARLA RUGOSA PARA QUE HAYA LIGA CON EL -- GROUT FINAL.

DESPUÉS DE HABER REALIZADO LOS TRABAJOS ANTERIORES, LA CIMENTACIÓN SE ENCUENTRA LISTA PARA INICIAR EL MONTAJE.

## 2.- NIVELACIÓN DE PLACAS DE CIMENTACIÓN.

CON LAS TURBINAS INDUSTRIALES, VIENEN EN LA ACTUALIDAD PLACAS DE NIVELACIÓN O PLACAS DE GATEO. QUE SE EMPLEAN EN TODOS LOS PEDESTALES DE TURBINAS DE CILINDRO DE BAJA PRESIÓN DE UNIDADES COMPUESTAS PERO DE PEQUEÑA CAPACIDAD.

LAS UNIDADES MÁS GRANDES EMPLEAN TORNILLOS DE GATEO Y PLACAS DE GATEO PARA SOPORTAR LOS GENERADORES, LAS TURBINAS DE BAJA PRESIÓN Y EL EXCITADOR. DURANTE EL MONTAJE LAS PLACAS DE GATEO PUEDEN SER GROUTEADAS EN SU LUGAR O COLOCARSE SIN GROUT, SI SE COLOCAN SIN GROUT HAY QUE ASEGURAR QUE ASIENDE CORRECTAMENTE EN EL CIMIENTO, Y QUE LOS TORNILLOS DE GATEO TENGAN CUERDA SUFICIENTE PARA QUE LA PLACA QUEDE EN ELEVACIÓN CORRECTA.

EN ALGUNAS MÁQUINAS, LAS PLACAS DE ASIENTO SE COLOCAN SOBRE UNAS CUÑAS QUE SE INSTALAN SOBRE LA SUPERFICIE PREVIAMENTE PICADA.

LAS CUÑAS POSTERIORMENTE SE GROUTEAN.

LA ALTURA MÁXIMA DE LAS CUÑAS ES DE 100 MM., PARA TENER ACCESO AL TORNILLO DE AJUSTE DE LA CUÑA ES NECESARIO COLOCARLA CON CIERTO ÁNGULO.

EL GOBERNADOR Y EL TORNAFLECHA SE APOYAN SOBRE PLACAS DE ACERO INOXIDABLE.

EN UNIDADES GRANDES HAY ESQUEMAS QUE INDICAN DONDE SE DEBEN COLOCAR LAS PLACAS DE CIMENTACIÓN, LOS TORNILLOS GATO O CUÑAS, SEGÚN EL CASO,

DESPUÉS QUE LAS PLACAS ESTÁN NIVELADAS Y ALINEADAS, SE CIMBRA ALREDEDOR DE LAS PLACAS DEJANDO 2" DE ESPACIO, Y SE CUELA EL GROUT DEJANDO EL ACABADO DE LA SUPERFICIE RUGOSO, PARA QUE AL HACER EL GROUTEADO FINAL HAYA BUENA LIGA,

COMO LAS PLACAS NO SE MUEVEN, SE DEBE USAR COMO GROUT UNA MEZCLA CON CEMENTO ORDINARIO O DE FRAGUADO RÁPIDO, PERO NO SE DEBE USAR NINGUN EXPANSOR PORQUE ESTE NO LIGA BIEN CON EL CIMIENTO.

DESPUÉS DEL GROUT SE CHECA CON UN NIVEL ÓPTICO LA ELEVACIÓN RELATIVA DE LAS PLACAS.

LAS PLACAS DEBEN MANTENER LAS DIFERENCIAS DE NIVEL DE ACUERDO CON LOS DATOS DEL FABRICANTE.

UNA VEZ GROUTEADAS LAS PLACAS DEBEN DE PASAR MÍNIMO SIETE DÍAS PARA PODER EMPEZAR A COLOCAR EL EQUIPO.

AL HACER EL GROUTEADO DEBE TENERSE ESPECIAL CUIDADO DE RELLENAR LAS CAMISAS DE LAS ANCLAS, POR LO TANTO DEBE SER EL GROUT LO SUFICIENTEMENTE FLUIDO.

PARA EL GROUTEADO FINAL, SE DEBE TENER TODA LA MÁQUINA MONTADA A SU NIVEL Y ALINEADA Y LOS PERNOS DE ANCLAJE APRETADOS. LA MEZCLA DEBE SER SEMISECA Y QUE CONSTE DE DOS PARTES DE ARENA Y UNA DE CEMENTO PROCURANDO PONER UN MÍNIMO DE AGUA PARA QUE NO EXISTAN CONTRACCIONES, HAY QUE PONER ESPECIAL CUIDADO EN LLENAR TODOS LOS HUECOS PARA QUE LA SUPERFICIE DE CONTACTO NO QUEDE REDUCIDA.



## 3.- MONTAJE DEL GENERADOR.

## A).- MONTAJE DEL ESTATOR.

POR SER LA PIEZA MÁS PESADA QUE SE MONTA EN UN TURBOGENERADOR SE UTILIZA UNA GRÚA PUENTE, QUE TIENE UNA CAPACIDAD SUPERIOR AL PESO DEL ESTATOR.

10.- SE PREPARA LA CIMENTACIÓN.

20.- SE MONTA LA GRÚA PUENTE, QUE TIENE UN ALCANCE DESDE EL EXTERIOR DEL EDIFICIO, HASTA LA MESA DE CIMENTACIÓN Y ALTURA SUFICIENTE PARA IZAR EL ESTATOR DESDE EL PISO HASTA LA MESA.

30.- SE TRANSPORTA EL ESTATOR DEL ALMACÉN AL LADO DEL EDIFICIO BAJO LA GRÚA PUENTE.

40.- IZÁNDOLO A LA ALTURA SUFICIENTE PARA QUE PASE LIBREMENTE.

50.- SE TRANSPORTA DEL EXTERIOR AL INTERIOR POR MEDIO DE LA GRÚA VIAJERA.

60.- AL BAJARLO SE COLOCA EN SU SITIO, DE DONDE SÓLO SE MOVERA POR MEDIO DE GATOS - PARA SU ALINEACIÓN O ALGÚN AJUSTE EN SU ALTURA.

70.- SE DESMONTA LA GRÚA PUENTE.

B).- MONTAJE DEL ROTOR.

10.- COLOCACIÓN DE LOS SOPORTES DE LAS -  
CHUMACERAS INFERIORES.

20.- INSTALACIÓN DE LAS CHUMACERAS INFE-  
RIORES.

30.- ASENTAMIENTO DEL ROTOR.

40.- MONTAJE DE SELLOS Y CHUMACERA SUPE-  
RIORES.

50.- COLOCACIÓN DE TAPAS.

C).- MONTAJE DE LOS ENFRIADORES DE GAS.

D).- ERECCIÓN Y MONTAJE DE LOS SISTEMAS DE LU-  
BRICACIÓN, ENFRIAMIENTO Y SELLO DEL GENERADOR.

4.- EL EXCITADOR DEBE MONTARSE DESPUÉS DEL GENERADOR,  
PORQUE EL SITIO DONDE SE INSTALA ES NECESARIO PARA LAS  
MANIOBRAS DEL GENERADOR.

5.- MONTAJE DE LAS TURBINAS DE BAJA PRESIÓN.

A).- COMO LAS CARCAZAS EXTERIORES POR SU GRAN

TAMAÑO LLEGAN EN DOS PARTES TANTO LA SUPERIOR COMO LA INFERIOR, HAY QUE ARMARLAS PREVIAMENTE.

B).- DESPUÉS DE LA COLOCACIÓN DE LAS PLACAS DE ASIENTO Y SU ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN, SE PROCEDE A COLOCAR LA CARCAZA INFERIOR YA ARMADA DEL LADO DEL GOBERNADOR Y DEL GENERADOR, CHECANDO SU SUPERFICIE DE CONTACTO CON LAS PLACAS DE ASIENTO Y EL PARALELISMO.

UNA VEZ NIVELADAS LAS CARCAZAS INFERIORES Y FIJAS CON LOS PERNOS Y LAS CUÑAS, TENDRÁN UN MÍNIMO DE ESFUERZOS Y ASÍ HAY QUE MANTENERLAS PARA EVITAR DISTORSIONES DURANTE EL MONTAJE.

#### 6.- MONTAJE DEL GOBERNADOR

ANTES DE MONTAR EL GOBERNADOR ES NECESARIO MONTAR LAS TUBERÍAS QUE LLEGAN AL GOBERNADOR. DESPUÉS DE LIMPIAR PERFECTAMENTE LA PLACA DE ASIENTO Y LA SUPERFICIE DE APOYO DEL GOBERNADOR SE COLOCA EN SU POSICIÓN. DESPUÉS DE ALINEARLO Y NIVELARLO PERFECTAMENTE SE PROCEDE A LA INSTALACIÓN DE LA BOMBA PRINCIPAL DEL ACEITE LUBRICANTE CON EL COJINETE NO. 1. LAS TUBERÍAS DE CONTROL QUE VAN DENTRO DEL PEDESTAL O GOBERNADOR, SE HABILITAN EN EL SITIO Y SE MONTAN.

EL GOBERNADOR PERMANECE ABIERTO HASTA --  
QUE SE HACE EL ALINEAMIENTO FINAL DEL CONJUNTO.

7.- MONTAJE DE LA TURBINA DE ALTA PRESIÓN.

LA TURBINA DE ALTA PRESIÓN TIENE POR CA--  
RACTERÍSTICA QUE VA APOYADA EN LA TURBINA DE BA--  
JA PRESIÓN EN EL GOBERNADOR; SU MONTAJE ES SIMI--  
LAR EN SU PROCEDIMIENTO AL DE LA TURBINA DE BAJA  
PRESIÓN TENIENDO ESPECIAL CUIDADO EN LA BRIDA DE  
LA UNIÓN DE LAS CARCAZAS EXTERIORES.

EL PROCEDIMIENTO DE APRIETE DE LOS TORNI--  
LLOS DE LA CARCAZA DE ALTA PRESIÓN, REQUIERE CIER--  
TA ESPECIALIZACIÓN Y DATOS DEL FABRICANTE PUESTO  
QUE SE DEBEN DE APRETAR A UNA CIERTA TEMPERATURA  
Y PAR DE APRIETE.

EL AISLAMIENTO TÉRMICO DEBE DE SEGUIR LAS  
NORMAS DEL FABRICANTE, PUESTO QUE TRABAJA A TEM--  
PERATURAS MUY ALTAS Y TAMBIÉN ES UNA PARTE MUY --  
IMPORTANTE DENTRO DEL MONTAJE.

POSTERIORMENTE CUANDO SE HA COLOCADO EN SU POSICIÓN EL PEDESTAL DEL GOBERNADOR, LA CARCAZA DE ALTA Y BAJA PRESIÓN ASÍ COMO EL GENERADOR, SE PROCEDERÁ A HACERSE EL ALINEAMIENTO CORRESPONDIENTE COLOCANDO A UNA ALTURA ADECUADA UN ALAMBRE DE ACERO APROXIMADAMENTE DE 0.020". COMO ESTE ALAMBRE TIENE UNA DEFLEXIÓN Ó CIERTA CATENARIA DEBE TENERSE ÉSTA EN CUENTA PARA QUE LAS LECTURAS VERTICALES DESDE EL ALAMBRE HACIA ABAJO NOTENGAN ERROR, LA DEFLEXIÓN DEBE CALCULARSE PREVIAMENTE EN CADA PUNTO DONDE SE VAYAN A HACER MEDICIONES. TODOS LOS PEDESTALES SE ALINEAN CON ESTE ALAMBRE TOMANDO LECTURAS POR MEDIO DE UN CALIBRADOR DE INTERIORES DE LA LONGITUD ADECUADA. ESTE PROCEDIMIENTO EN MI OPINIÓN ES DEMASIADO LENTO Y REQUIERE MUCHA PACIENCIA Y HABILIDAD.

ES NECESARIO EN CADA CASO TOMAR UNA LECTURA VERTICAL Y LATERAL Y SUMANDO, RESTANDO Y DIVIDIENDO ADECUADAMENTE LAS LECTURAS DEL MICRÓMETRO NOS DA LA POSICIÓN CORRECTA DE CADA PEDESTAL.

UNA VEZ QUE SE HAN MONTADO LOS ROTORES ANTES DE ACOPLARLOS DEBEREMOS HACER SU ALINEACIÓN FINAL.

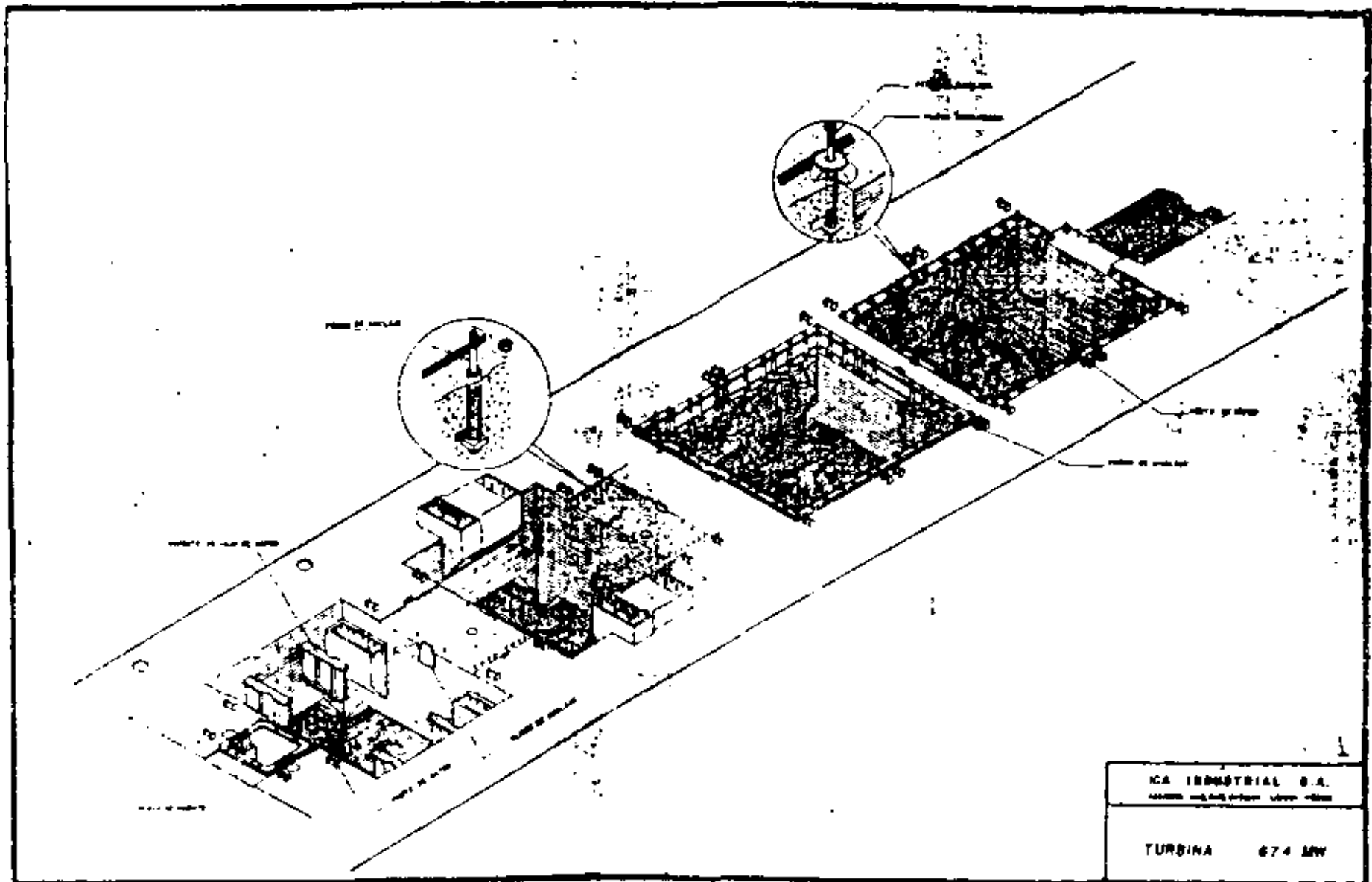
## 9.- ACOPLAMIENTO DE ROTORES.

V - 11.

SE PUEDE USAR UN INDICADOR DE CARÁTULA -- ATORNILLADO O FIJO POR MEDIO DE SU BASE MAGNÉTICA A UNA MITAD DEL COPLÉ PARA VERIFICAR TANTO EL ALINEAMIENTO RADIAL COMO EL AXIAL. CON EL PALPADOR DESCANSANDO EN LA PERIFERIA DE LA OTRA MITAD DEL COPLÉ PODEMOS VERIFICAR EL ALINEAMIENTO RADIAL DE LA SIGUIENTE MANERA.

- 1.- MARCAMOS EL MEDIO COPLÉ DONDE DESCANSA EL PALPADOR EN  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ .
- 2.- MANTENEMOS FIJO EL ROTOR QUE CONSIDERAMOS COMO BASE.
- 3.- TOMAMOS LECTURAS EN  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  Y  $270^{\circ}$  GIRANDO EL OTRO ROTOR HABIENDO PARTIDO DE  $0^{\circ}$  -- CON EL INDICADOR EN 0 (CERO).
- 4.- GIRAMOS EL ROTOR CONSIDERADO COMO BASE  $180^{\circ}$ .
- 5.- REPETIMOS LA OPERACIÓN DE TOMAR LECTURAS.
- 6.- SACAMOS UN PROMEDIO.
- 7.- CORREGIMOS LOS DESPLAZAMIENTOS CON LAINAS -- CON UN VALOR IGUAL A LA MITAD DEL DESPLAZAMIENTO. PARA EL ALINEAMIENTO AXIAL SE APOYA EL PALPADOR DEL INDICADOR DE CARÁTULA EN LA CARA INTERIOR DEL COPLÉ Y SE REPITEN LAS OPERACIONES ANTERIORES.

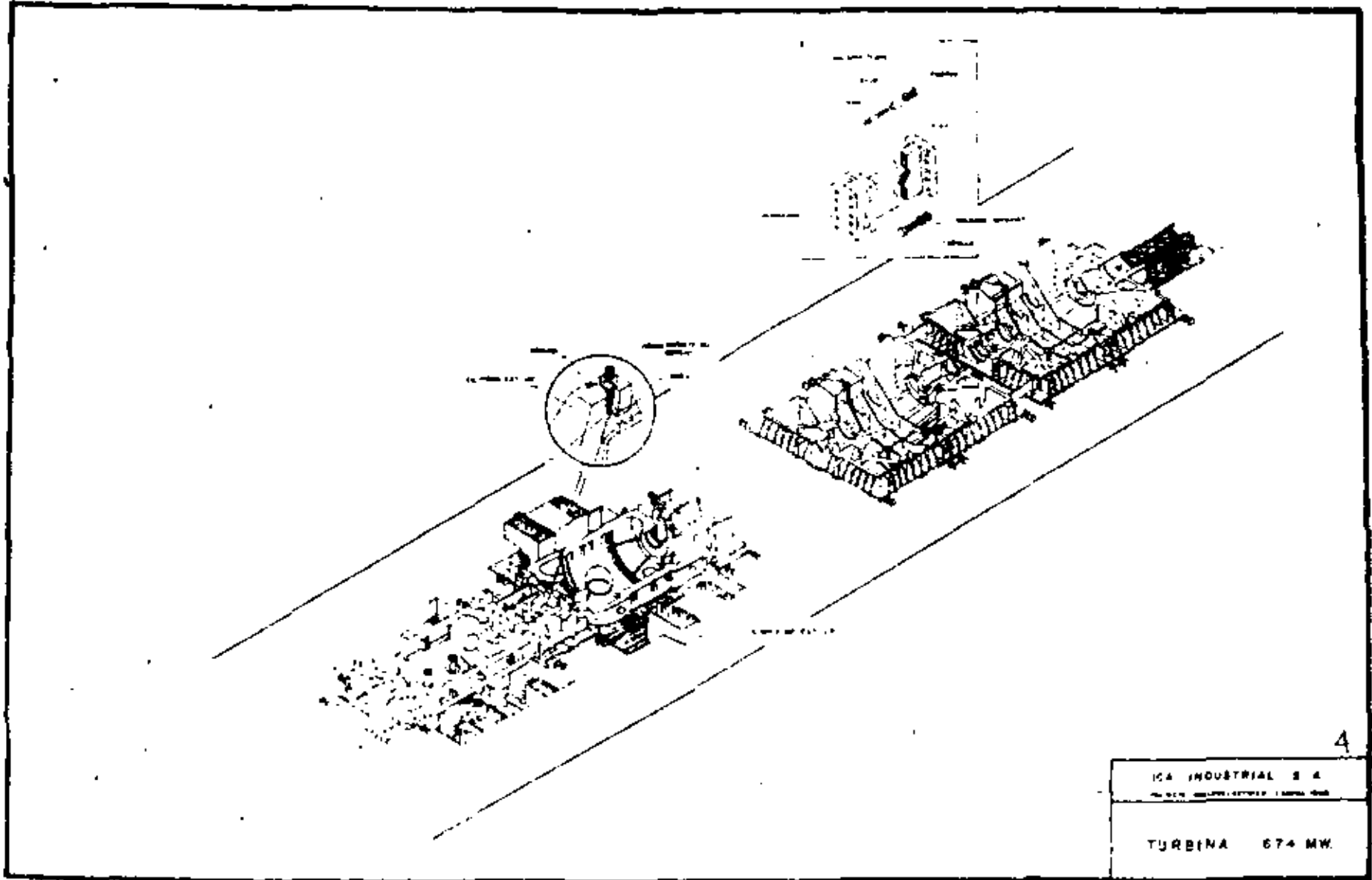
## 10.- SECUENCIA GRAFICA DE MONTAJE





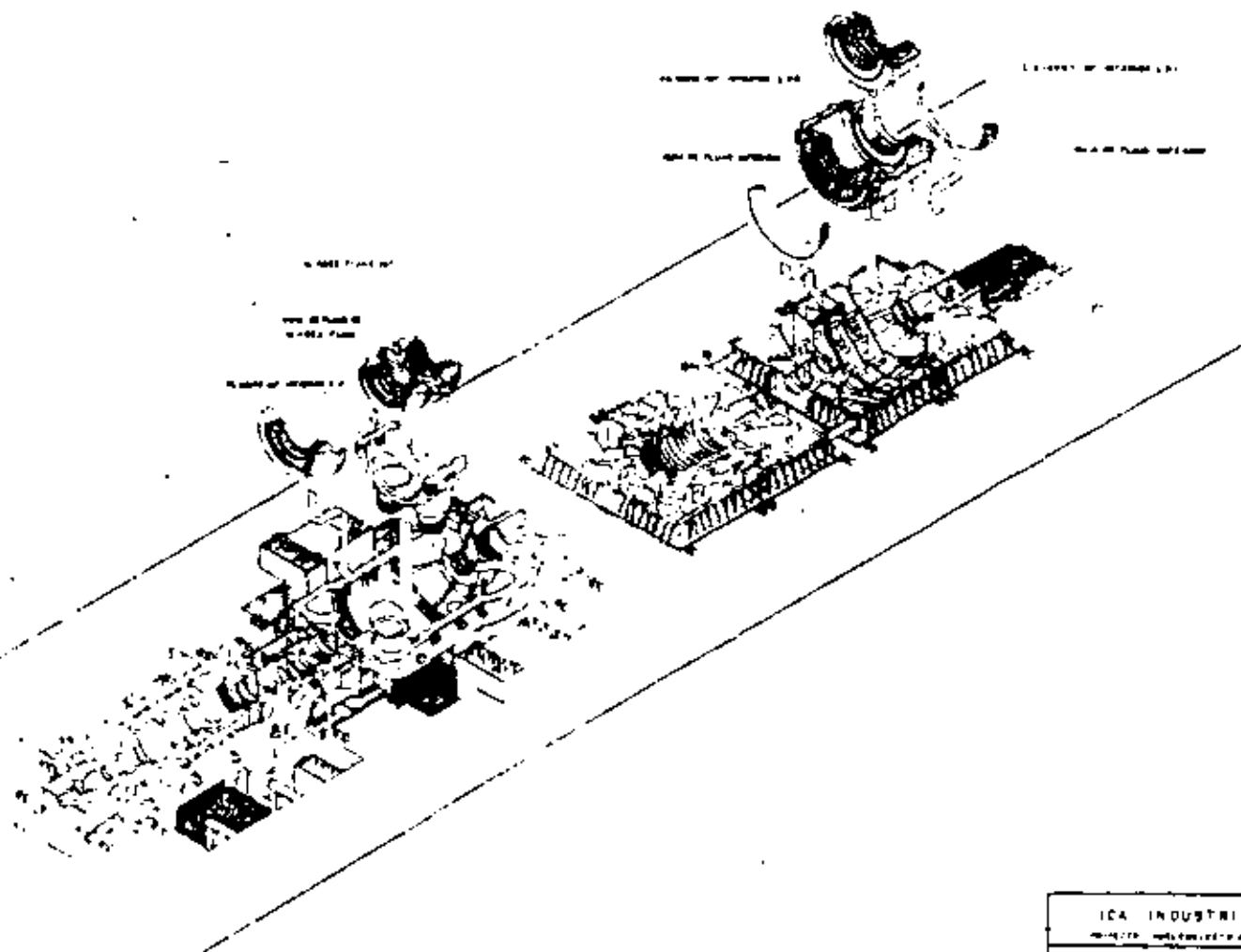




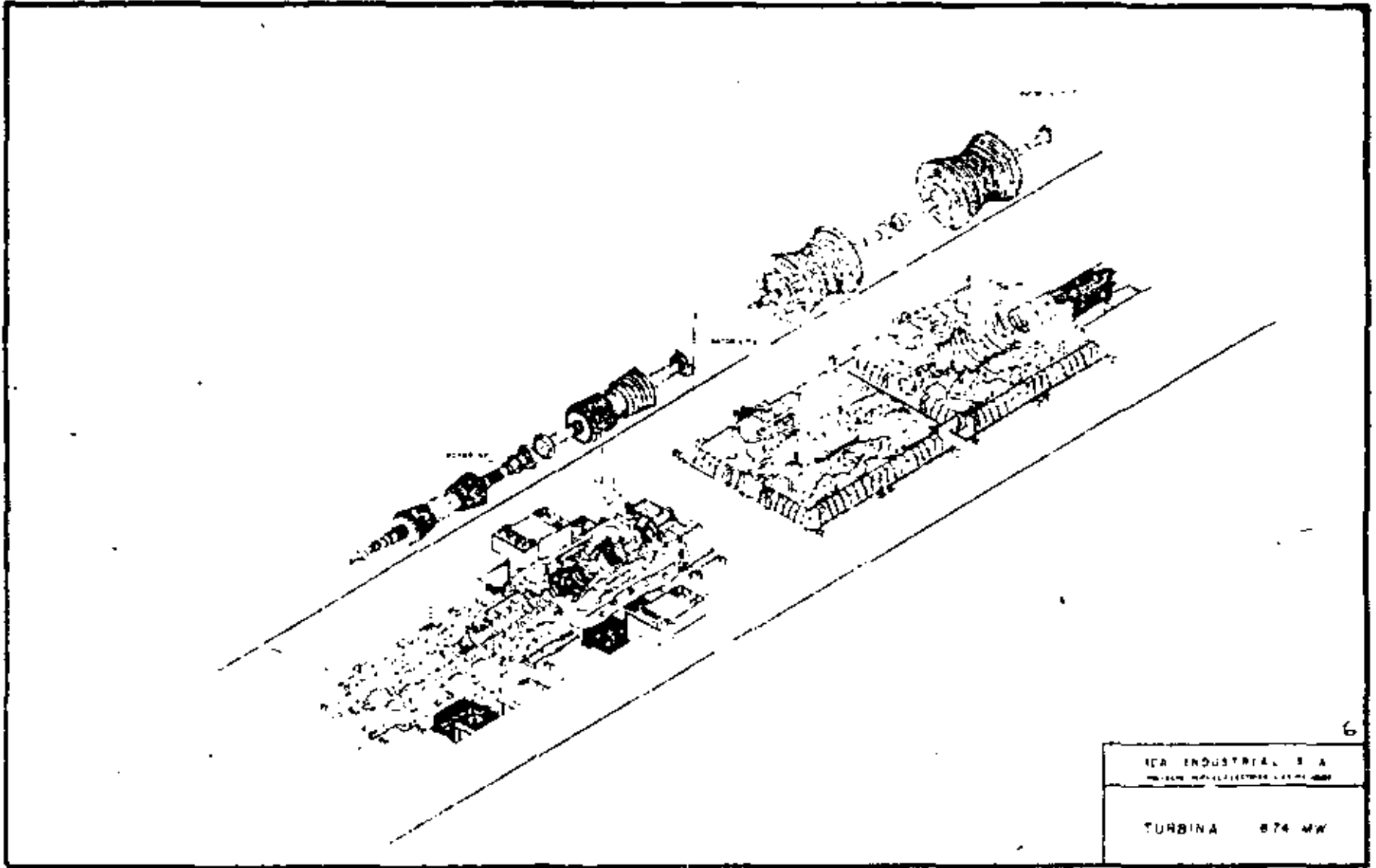


ICA INDUSTRIAL S A  
TURBINA 674 MW

040



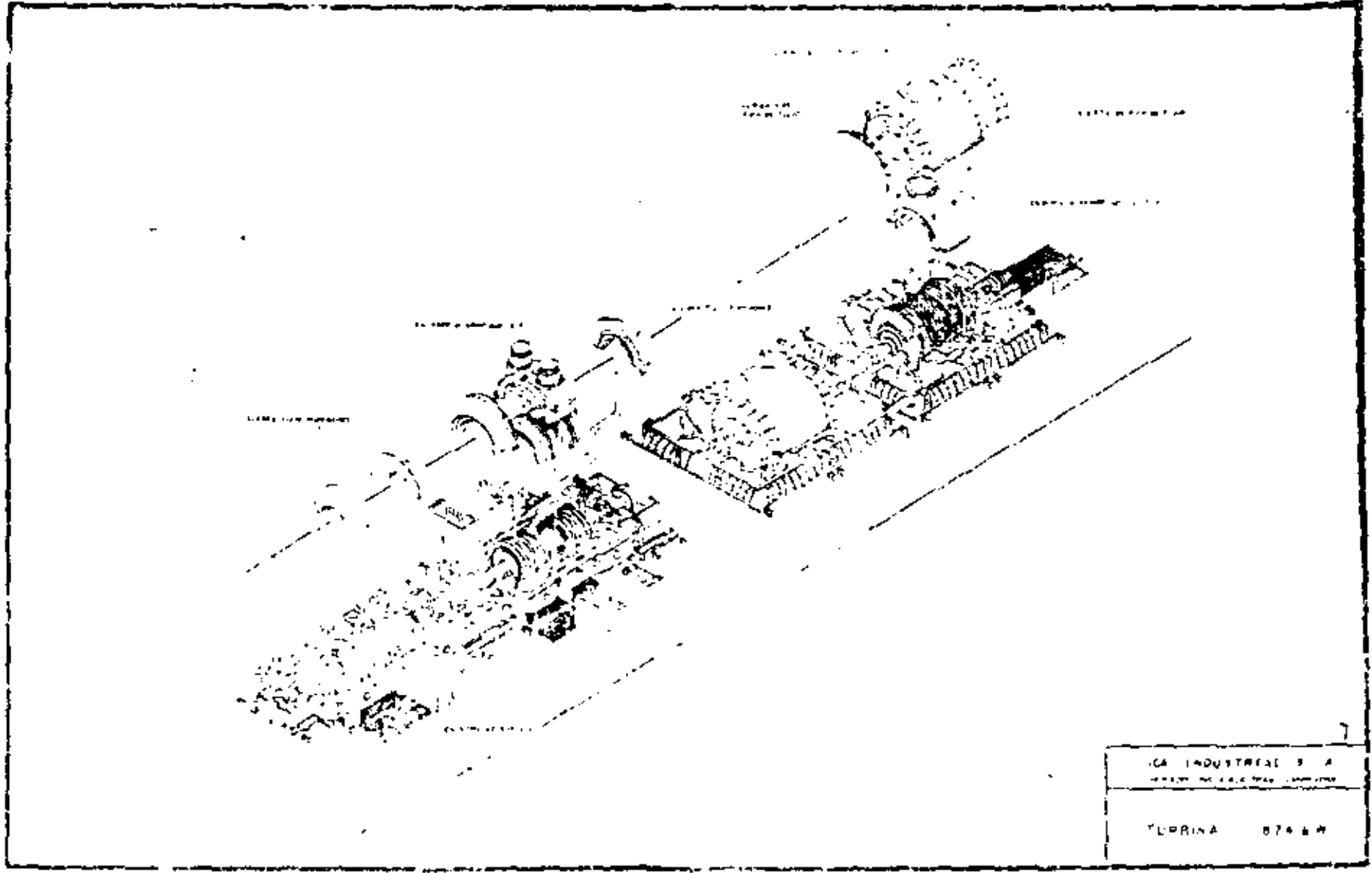
ICA INDUSTRIAL S.A.  
 TURBINA 74 Mw



9  
ICA INDUSTRIAL S A  
INDUSTRIAL ELECTRIC LAYMA 1988

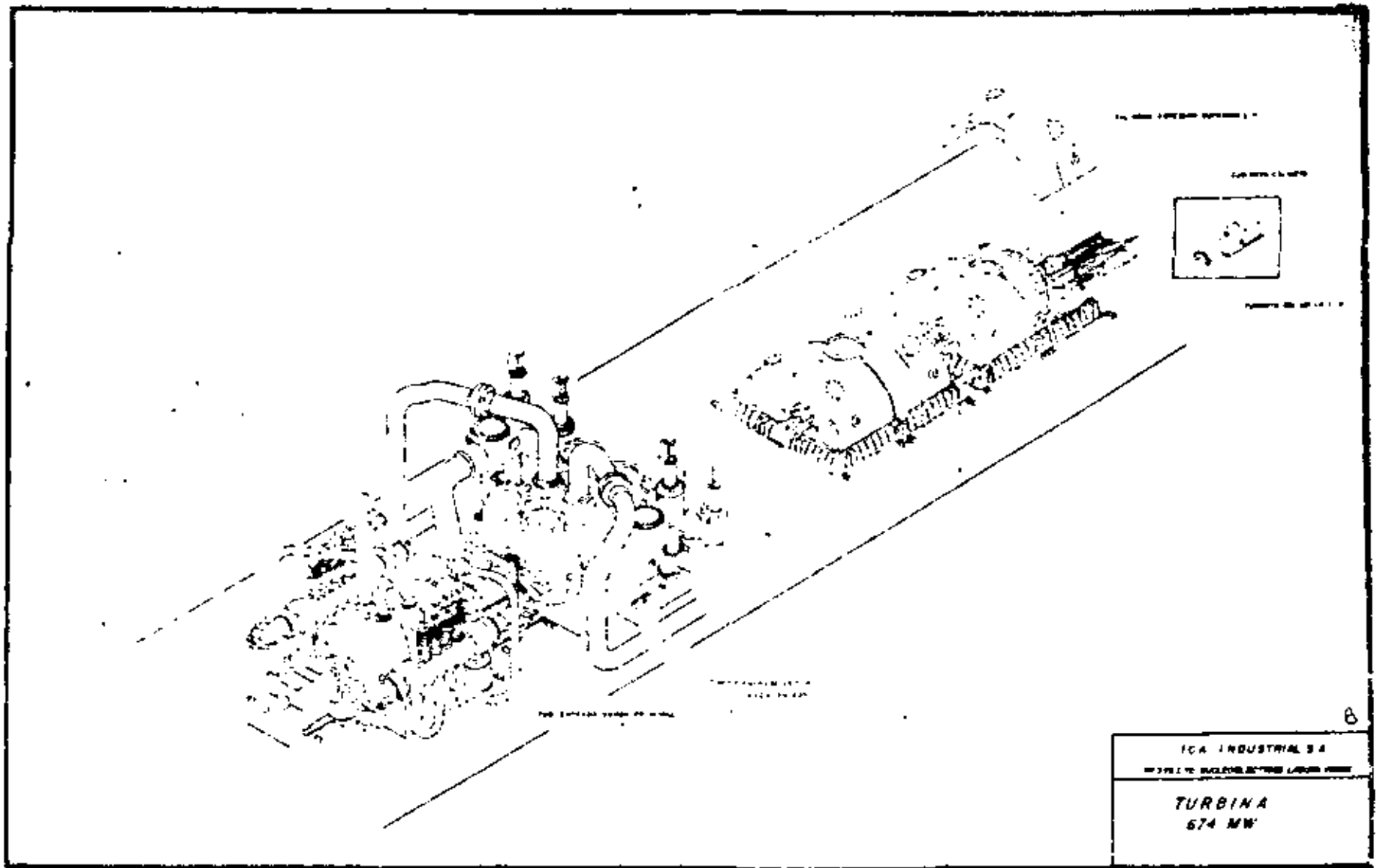
TURBINA 874 MW

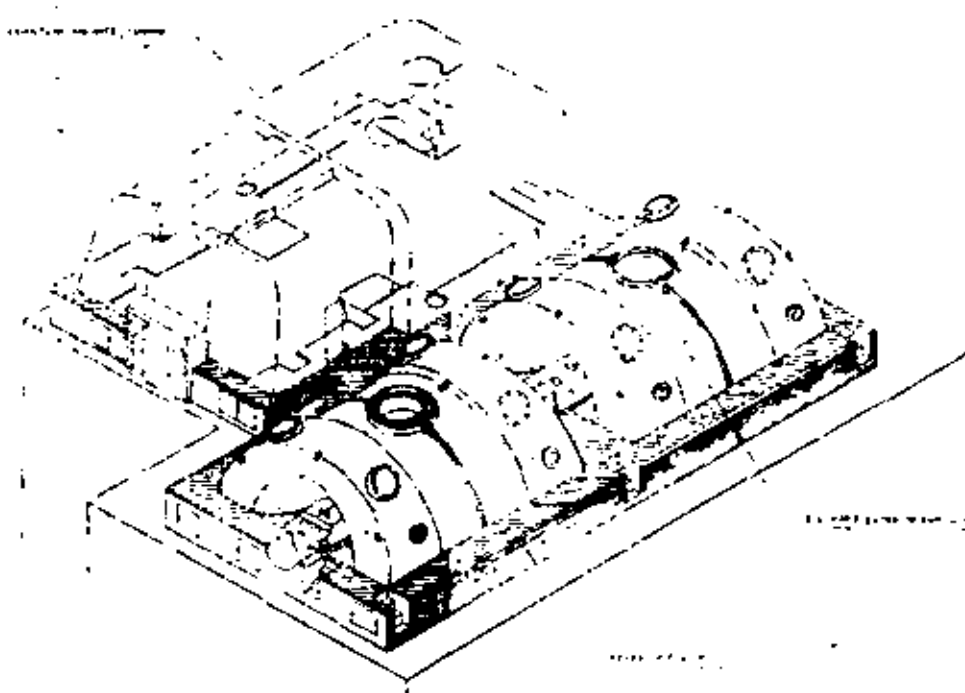
042



7  
IGA INDUSTRIAL S. A.  
VIA S. PIETRO 10 - 00187 ROMA (ITALY)  
TERRINA 874 64

043





9  
ICA INDUSTRIAL S.A.  
TURBINA 674 MM

045



## VI.- MONTAJE DE LA VASIJA DEL REACTOR

I N D I C E

- 1.- INTRODUCCION.
- 2.- PLANEACION DEL MONTAJE.
- 3.- EQUIPO.
- 4.- DESCRIPCION DEL MONTAJE.
- 5.- CONCLUSIONES.
- 6.- SECUENCIA DE MONTAJE

## 1.- INTRODUCCION.

UNA PLANTA NUCLEOÉLECTRICA ESTÁ FORMADA POR UN CONJUNTO DE EDIFICIOS ENTRE LOS CUALES EL MÁS IMPORTANTE DE TODOS ES EL EDIFICIO DEL REACTOR, DEBIDO A QUE EN SU SENO ALOJA EL MATERIAL RADIOACTIVO. ESTE MATERIAL ESTARÁ CONTENIDO EN UN RECIPIENTE METÁLICO COMÚNMENTE LLAMADO "VASIJA DEL REACTOR", QUE ES DONDE SE LLEVA A CABO LA REACCIÓN NUCLEAR.

PARA APOYAR ESTA VASIJA, EL EDIFICIO DEL REACTOR CUENTA CON UN PEDESTAL DE CONCRETO REFORZADO UN POCO MAYOR QUE LA VASIJA. ESTE PEDESTAL ESTÁ EN EL CENTRO DEL EDIFICIO ANTES MENCIONADO.

COLOCAR LA VASIJA DEL REACTOR SOBRE EL PEDESTAL ES UNA TAREA MUY COMPLICADA QUE REQUIERE DE UNA PLANEACIÓN MUY CUIDADOSA Y TENER TODOS LOS RECURSOS NECESARIOS CON LA DEBIDA ANTICIPACIÓN YA QUE EL PESO DE LA VASIJA ES DE 5-0 TON. APROXIMADAMENTE Y LA ALTURA DE COLOCACIÓN ES DE 25 MTS., DEJANDO DE SER UNA MANIOBRA COMÚN. FUÉ NECESARIO COORDINAR EL AVANCE DEL EDIFICIO CON ELLA DE TAL MANERA QUE SE PUDIERA DEFINIR UNA ALTURA QUE FACILITARA LA COLOCACIÓN DE LA VASIJA Y CON ESA ALTURA REQUERIDA, QUE ES DE 32 MTS., SE PROGRAMÓ EL MONTAJE DE LA VASIJA PARA QUE ESTA ACTIVIDAD SE HICIERA ANTES DE QUE, TANTO MUROS

COMO RECUBRIMIENTO METÁLICO (LINER PLATE) REBASARAN LA ALTURA INDICADA.

LA VASIJA FUÉ CONSTRUIDA EN E.U.A., Y TRANSPORTADA POR BARCO AL PUERTO DE VERACRUZ, DE DONDE SE CAMBIÓ A OTRA EMBARCACIÓN MENOR QUE LA LLEVÓ DIRECTAMENTE AL MUELLE DE LAGUNA VERDE, QUE ES EL SITIO DONDE ESTÁ LOCALIZADA LA PLANTA NUCLEOELÉCTRICA.

ESTE MUELLE FUÉ CONSTRUIDO ESPECIALMENTE PARA RECIBIR LA MAYORÍA DE LOS EQUIPOS PESADOS, DENTRO DE LOS QUE SE INCLUYE LA VASIJA. SOBRE ESTE MUELLE SE INSTALÓ UN MARCO-GRÚA CON CAPACIDAD SUFICIENTE PARA DESCARGAR CUALQUIER EQUIPO QUE LLEGARA POR ESTE MEDIO A LA OBRA.

ANTES DE LA LLEGADA DE LA VASIJA A LA OBRA, SE PREPARÓ UN LUGAR ESPECIAL PARA TENERLA ALMACENADA HASTA EL DÍA DE SU INSTALACIÓN DEFINITIVA, CON EL FIN DE PROTEGERLA DEL MEDIO AMBIENTE Y PARA EVITAR LA OXIDACIÓN DEL INTERIOR DE LA VASIJA FUÉ SELLADO Y LLENADO CON NITRÓGENO A PRESIÓN, DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO.

DEBIDO A SU FORMA CILÍNDRICA Y LA RELACIÓN LONGITUD/DIÁMETRO MUY GRANDE, SE CONVINO ALMACENARLA TAL COMO SE TRANSPORTO, QUE FUE EN POSICIÓN HORIZONTAL; LA CUBIERTA DEL ALMACÉN SE CONSTRUYÓ DESPUÉS

DE COLOCAR LA VASIJA EN LA POSICIÓN ESTABLECIDA. ANTES DE SUBIRLA AL CARRO TRANSPORTADOR SE NECESITÓ -- DESMANTELAR EL ALMACÉN Y COLOCAR ENTRE CARRO Y VASIJA UNA ESTRUCTURA ESPECIAL DE TRANSPORTACIÓN. UNA VEZ HECHO ÉSTO, SE SUBIO AL CARRO TRANSPORTADOR Y SE TRASLADÓ HASTA EL SITIO ESTABLECIDO DONDE LA TOMÓ EL MARCO DE IZAJE, Y ENTRE ESTE MARCO Y EL MARCO DE ELECCIÓN HIDRÁULICO LEVANTAR LA VASIJA PARA CAMBIAR LA ESTRUCTURA DE TRANSPORTACIÓN POR LA DE IZAJE QUE TIENE LA FORMA DE "L" É INICIAR EL IZAJE DE LA PIEZA EN FORMA DEFINITIVA.

DADO QUE ES UN EQUIPO MUY PESADO Y ESPECIAL, SE RECURRIÓ A EXPERTOS EN ÉSTE TIPO DE MANIOBRAS QUE TIENEN EQUIPO APROPIADO PARA EL MONTAJE.

EL MISMO MARCO-GRÚA QUE SIRVIÓ DE DESCARGA EN EL MUELLE SE DESMONTÓ Y SE TRASLADÓ AL EDIFICIO DEL REACTOR MONTÁNDOSE PARA CUBRIR LA PARTE CENTRAL DEL EDIFICIO DEL REACTOR QUE ES EL LUGAR DEFINITIVO DE LA VASIJA.

PARA LAS COLUMNAS DE APOYO SE HABILITARON SECCIONES Y DAR LA ALTURA REQUERIDA A LA TRABE-HORIZONTAL Y A ESTA TRABE SE LE AUMENTÓ LONGITUDINALMENTE -- UNA SECCIÓN COMPUESTA DE DOS TRABES PARALELAS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS Y AL MISMO NIVEL. PARA PERMITIR QUE LA VASIJA FUERA TOMADA DESDE LA PARTE EXTERIOR DEL EDIFICIO.

SOBRE LAS TRABES HORIZONTALES QUE FORMAN EL -- MARCO PISTA, SE MONTÓ UN MARCO-GRÚA AUTOPROPULSADO - QUE EN SU PARTE SUPERIOR ALOJA MOTOR Y MALACATE. ES TE MARCO-GRÚA REALIZA EL MOVIMIENTO LONGITUDINAL POR MEDIO DE UN CARRO DE CUATRO RUEDAS EN CADA COLUMNA, EL MOVIMIENTO TRANSVERSAL DEL SISTEMA LO HACE EL MALACATE.

UNA VES TERMINADO EL MONTAJE DEL MARCO-PISTA Y MARCO-GRÚA Y CONTRAVENTEANDO EL CONJUNTO, SE PROCE-- DIÓ A REALIZAR LA PRUEBA DE SEGURIDAD QUE POR ESPECI FICACIONES EN TODAS LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO LO EXIGE LA OBRA, LA PRUEBA CONSISTIÓ EN LEVANTAR UN PE SO MUERTO EQUIVALENTE AL DE LA VASIJA.

OTRAS ACTIVIDADES IMPORTANTES FUERON LA REVI-- SIÓN DEL ASIENTO DE LA VASIJA Y LA ZONA DE ANCLAJE, ANTERIORMENTE SE HABÍA PREPARADO LA PLANTILLA SACADA DEL ASIENTO DE LA VASIJA PARA ASEGURAR UN PERFECTO - ACOPLAMIENTO EN VASIJA Y ANCLAS. FINALMENTE SE IZO LA VASIJA Y SE COLOCÓ EN SU LUGAR DEFINITIVO INICIAN DO ASÍ EL APRIETE DE TUERCAS DE ACUERDO A LA SECUEN CIA Y ESPECIFICACIONES.

## 2.- PLANEACION DEL MONTAJE

### A).- POSICIÓN DEL MARCO-GRÚA.

PARA ESCOGER LA ZONA ADECUADA DEL MARCO GRÚA, QUE SERVIRÁ PARA TOMAR LA VASIJA DESDE FUERA DEL EDIFICIO DEL REACTOR Y PONERLA EN SU LUGAR DEFINITIVO SE ESTUDIARON LOS CUATRO LADOS DEL EDIFICIO; DESCARTÁNDOSE LOS LADOS SUR Y OESTE QUE ESTÁN CONTIGUOS A LOS EDIFICIOS -- DEL TURBOGENERADOR Y DESECHOS RESPECTIVAMENTE; LOS CUALES NO DEBEN SUSPENDER SU AVANCE PORQUE SON JUNTO CON EL REACTOR, LOS EDIFICIOS MÁS IMPORTANTES DE LA UNIDAD, EN ESTA FORMA SOLO QUEDARON A ELEGIR EL LADO ESTE SOBRE EL CUAL SE CONSTRUIRÁ EL EDIFICIO DE CONTROL Y EL LADO -- NORTE DONDE HABRÁ CONSTRUCCIONES MENORES, SIENDO DE ESTOS DOS ELEGIDO ÉSTE ÚLTIMO PORQUE LO QUE SE CONSTRUIRÁ EN ESTA ZONA, NO REPERCUTE -- TANTO EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO EL EDIFICIO DE CONTROL, EVITANDO ASÍ RETRAZOS EN EL PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA.

ÁL ELEGIR AL LADO NORTE COMO ZONA DE IZAJE, LA POSICIÓN DEL EJE LONGITUDINAL DE LA GRÚA QUEDÓ ORIENTADO DE NORTE A SUR, PERMITIENDO LOCALIZAR TODOS LOS PUNTOS DE APOYO NECESA-

RIOS PARA HACER LA INSTALACIÓN DEFINITIVA DEL MARCO DE IZAJE DE LA VASIJA.

B),- LOCALIZACIÓN DE APOYOS.

PARA INSTALAR EL MARCO DE IZAJE SE REQUIEREN DOS TIPOS DE APOYO, LOS QUE SOPORTAN LAS COLUMNAS Y LOS DE CONTRAVENTE. DE LOS PRIMEROS, CUATRO QUEDARON DENTRO DEL EDIFICIO Y DOS FUERA DE ÉL, DE LOS QUO QUEDARON DENTRO DEL EDIFICIO, DOS DE ELLOS LOCALIZADOS AL SUR SE DESPLANTARON DESDE EL NIVEL  $-0.65$  MTS., QUE ES EL PISO TERMINADO DE LA LOSA DE CIMENTACIÓN, EN DONDE SE PREPARO EL ANCLAJE DE ESTAS COLUMNAS, LOS DOS RESTANTES LOCALIZADOS AL NORTE, COINCIDIERON CON UNO DE LOS MUROS INTERIORES DESPLANTÁNDOSE SOBRE ELLOS EN LA ELEVACIÓN  $18.50$  MTS.

LOS APOYOS PARA COLUMNAS LOCALIZADOS FUERA DEL EDIFICIO, NECESITARON BASES CALCULADAS ESPECIALMENTE PARA SOPORTAR LA CARGA REQUERIDA DE LOS OTROS TIPOS DE APOYO PARA LOS CONTRAVENTEOS, LA MAYORÍA DE ELLOS SE HICIERON COINCIDIR CON PLACAS EMBEBIDAS, SOBRE LOS CUALES SE HIZO LA PREPARACIÓN DEL ANCLAJE, CUANDO NO FUE POSIBLE ÉSTO, SE PREPARARON MUERTOS DE CONCRETO ADAPTADOS PARA ANCLARLOS ADECUADAMENTE.

## c).- PISO DE IZAJE

EL PISO DE IZAJE DE LA VASIJA, EL CUAL QUEDO EN EL EXTERIOR DEL EDIFICIO AL LADO NORTE, SE PREPARÓ CON MATERIAL COMPACTADO AL NIVEL 10.00 -- MTS. QUE ES EL PISO GENERAL DE LA PLANTA, PARA -- ELLO SE DEBIÓ TERMINAR A ÉSA FECHA LA TUBERÍA SUBTERRÁNEA Y OTRAS BASES QUE SE LOCALIZAN EN ESTA ZONA. TAMBIÉN EL MURO DEL EDIFICIO DE DESECHOS DEBIÓ COLARSE A UN NIVEL SUPERIOR A LA ELEVACIÓN - 10.00 MTS. SIRVIENDO COMO MURO DE CONTENCIÓN PARA EL RELLENO DE ESTA ZONA, QUE SERVIRÁ DE PLATAFORMA PARA EL IZAJE DE LA VASIJA. DESPUÉS DEL COMPACTADO SE COLÓ UNA LOSA DE CONCRETO, PARA NIVELAR LA ZONA DONDE LLEGARÁ EL EQUIPO Y SERVIRÁ DE APOYO PARA LAS MANIOBRAS CON LA VASIJA, TODA LA ZONA COMPACTADA SIRVIÓ COMO ÁREA DE TRABAJO EN MANIOBRAS AUXILIARES Y PARTIO DE ALMACENAJE PARA HERRAMIENTAS Y MATERIALES, PROPIOS DE ESTA MANIOBRA.

## d).- ADAPTACIÓN DE MARCO DE IZAJE.

TOMANDO EN CUENTA EL MARCO-GRÚA QUE SE INSTALÓ EN EL MUELLE, FUE APROVECHADO HACIENDO UNA ADAPTACIÓN, QUE SIRVIÓ PARA REALIZAR EL IZAJE DE LA VASIJA EN EL REACTOR, FORMANDO DOS CUERPOS --- PRINCIPALES, UNO LLAMADO MARCO-PISTA Y OTRO MARCO



GRÚA, TENIENDO QUE ADAPTARSE DE LA SIGUIENTE MANERA: DE LAS CUATRO COLUMNAS DEL INTERIOR DEL EDIFICIO, LAS DOS QUE ESTÁN AL SUR, TIENEN UNA SECCIÓN TIPO WF QUE DESPLANTÓ DEL NIVEL  $-0.65$  MTS. - AL NIVEL  $10.00$  MTS., A PARTIR DEL AHÍ SE COLOCÓ UNA COLUMNA TIPO TUBULAR STANDAR COMO EL RESTO - DE LAS COLUMNAS, EN EL CAMBIO DE SECCIONES DE LA COLUMNA SE COLOCÓ UN ANCLAJE EXTRA PARA EVITAR DE FLEXIONES.

EN LA PARTE SUPERIOR SE ADAPTÓ EL APOYO ENTRE COLUMNA Y TRABE PRINCIPAL CONSISTENTE EN UN ACOPLAMIENTO ATORNILLADO. LAS COLUMNAS DEL LADO NORTE QUE SE ADAPTARON A UNA LONGITUD MÁS CORTA, NO TUVIERON TUBULAR STANDAR CON UNA JUNTA TORNILLADA, LA PARTE INFERIOR DE LA COLUMNA SE ANCLÓ AL MURO Y LA PARTE SUPERIOR SE PREPARÓ PARA RECIBIR TRABES DE AMBOS LADOS.

PARA SALIR HACIA EL EXTERIOR DEL EDIFICIO, SE AUMENTARON DOS COLUMNAS Y DOS TRABES DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS QUE EL MARCO ORIGINAL, CON LO QUE SE COMPLETÓ EL MARCO-PISTA HASTA EL EXTERIOR DEL EDIFICIO.

SOBRE EL MARCO-PISTA PREPARADO, SE INSTALÓ EL MARCO-GRÚA CON CLAROS ENTRE COLUMNAS MÁS REDU-

CIDOS, CON COLUMNAS MÁS ESBELTAS Y DE MENOR ALTURA, PERO CON CAPACIDAD SUFICIENTE PARA LEVANTAR LA VASIJA.

ESTE MARCO-GRÚA SE MONTÓ SOBRE 4 CARRITOS, UNO EN CADA COLUMNA, AUTOPROPULSADOS MEDIANTE MOTORES HIDRAÚLICOS CON UNA VELOCIDAD MÁXIMA DE 1 - PIE/MIN., SE ENSAMBLÓ COMPLETAMENTE Y SE INSTALÓ SOBRE EL MARCO-PISTA, Y POR LO QUE RESPECTA A MALACATE Y MOTOR, ESTOS SE COLOCARON SOBRE EL MARCO GRÚA A LA ELEVACIÓN 66.48 MTS., PARA ESTAS MANIOBRAS SE UTILIZÓ UNA GRÚA DE 600 TON. DE CAPACIDAD. A CONTINUACIÓN SE PROCEDIÓ A COLOCAR EL CONTRAVEN-TEO PARA PLOMEAR TODO EL CONJUNTO. POSTERIOR A ÉSTO SE PROBÓ QUE EL MARCO-GRÚA, SE DEPLAZARA SIN INTERFERENCIA SOBRE EL MARCO-PISTA, TAMBIÉN SE VERIFICÓ EL MOTOR Y MALACATE ASÍ COMO REVIZANDO LA COLOCACIÓN DEL CABLE EN TAMBORES Y POLEAS DÁNDOLE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO ESPECIFICADO.

E).- PRUEBAS.

PARA LA PRUEBA DE CARGA, CON ANTERIORIDAD SE COLARON 20 BLOQUES DE CONCRETO ARMANDO CON PESO APROXIMADO DE 25 TON., CADA UNO SIENDO ESTE CONJUNTO EL PESO MUERTO EQUIVALENTE AL DE LA VASIJA. ESTE PESO MUERTO SE COLOCÓ SOBRE LA PLATAFORMA DE CONCRETO, QUEDANDO ESTA PRECISAMENTE EN EL LUGAR -

DONDE SE LEVANTÓ LA VASIJA.

SE DISEÑO UNA ESTRUCTURA PARA EVITAR EL DESPLAZAMIENTO ENTRE BLOQUES, EN LA PARTE SUPERIOR, EL LEVANTAMIENTO SE HIZO CON ESTROBOS QUE RODEARON LA PARTE INFERIOR DE LOS BLOQUES. ESTA ESTRUCTURA JUNTO CON EL PESO MUERTO SE COLOCÓ SOBRE LA PLATAFORMA DE CONCRETO PREPARADA EN LA ZONA DE IZAJE, SOBRE POLINES DE MADERA SEPARADOS ENTRE SI PARA PODER PASAR LOS ESTROBOS CON QUE SE LEVANTARON LOS BLOQUES.

PARA TODAS ESTAS MANIOBRAS FUÉ NECESARIO CONTAR EN EL SITIO CON DOS GRÚAS, UNA DE 600 TON, Y OTRA DE 250 TONS., DE CAPACIDAD.

F).- CAMINO DE ACCESO.

EL CAMINO DE ACCESO DEL SITIO DE ALMACENAMIENTO AL SITIO DE IZAJE, SE PREPARÓ MEDIANTE UNA CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN GENERAL, DÁNDOLE A ÉSTE UNA PENDIENTE DEL 1% COMO MÁXIMO REQUERIDO POR ESPECIFICACIÓN PARA EL TRANSPORTE DE LA VASIJA.

G).- HERRAMIENTA, MATERIALES DE CONSUMO Y ACCESORIOS.

PARA TODO EL MOVIMIENTO DEL IZAJE DE LA VASIJA SE CONTÓ CON SUFICIENTES TIRFORS, POLIPASTOS,

EQUIPOS DE CORTE, TENSORES, BARRAS, GRILLETES, -  
POLINES DE MADERA, CABLE DE ACERO, CABLE DE POLI-  
PROPILENO Y ESTROBOS DE DIFERENTES DIÁMETROS Y -  
LONGITUDES LAS QUE PREVIAMENTE DEBIERON SER CALI-  
FICADOS PARA SU CARGA DE TRABAJO.

POR LO QUE RESPECTA A ESTOS ESTROBOS NOR-  
MALMENTE SE CALIFICAN EN EL SITIO DE LA SIGUIEN-  
TE MANERA: SE LEVANTAN LAS CARACTERÍSTICAS DEL  
ESTROBO, SE HACE UN LEVANTAMIENTO DEL PESO MUER-  
TO ADMISIBLE POR EL CABLE, Y SE REGISTRA CON UNA  
IDENTIFICACIÓN QUE SE PONE CON NÚMERO DE GOLPE -  
EN EL OJILLO DE UNA DE LAS GASAS DEL ESTROBO, --  
QUEDANDO LISTO PARA SU USO, LA HOJA DE CONTROL -  
SE ARCHIVA EN EL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALI-  
DAD.

DE ESTA FORMA QUEDÓ EL CAMINO ABIERTO PA-  
RA PROCEDER A REALIZAR UNA DE LAS FACES MÁS IM-  
PORTANTES EN EL DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN DE  
LA PLANTA NUCLEOELÉCTRICA DE LAGUNA VERDE, QUE -  
ES LA INSTALACIÓN DE LA VASIJA EN SU SITIO DEFI-  
NITIVO.

## 3.- EQUIPO.

- 1.- MARCO CON SISTEMA DE ELEVACIÓN POR MEDIO -  
DE GATOS HIDRAÚLICOS.
- 2.- GRÚA MANIOTOWOC 4100 W.
- 3.- GRÚA MANIOTOWOC 4600 W.
- 4.- GRÚA SOBRE RUEDAD (PATO).
- 5.- TRANSLODER CON ORUGAS Y PLATAFORMAS DE ---  
ASIENTO (SKID).
- 6.- MARCO DE IZAJE.
- 7.- HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR: ESTROBOS,  
MADERA, SOPORTES, BLOQUES DE CONCRETO, ---  
GRILLETES, TENSORES, POLIPASTOS, TIRFORS,  
EQUIPO DE CORTE, MÁQUINAS SOLDADORAS, ETC.

## DESCRIPCION Y FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO.

- 1.- MARCO CON SISTEMA DE AUTOELEVACIÓN POR MEDIO DE GATOS HIDRAÚLICOS, CROQUIS.

ESTE MARCO CONSTA DE UNA TRABE SOPORTADA POR DOS GATOS HIDRAÚLICOS CON CAPACIDAD APROXIMADA DE 200 TONS. C/U, LOS CUALES ESTÁN APOYADOS EN UNA "PLATAFORMA LEVADIZA (A)" EXISTENTE UNA EN CADA EXTREMO, ESTAS PLATAFORMAS ESTÁN A SU VES APOYADAS EN UN PAR DE COLUMNAS POR CADA LADO LAS CUALES LLEVAN UNOS BARRENOS A CIERTA DISTANCIA CON EL FIN DE FIJAR DICHAS PLATAFORMAS.

EXISTE UNA "PLATAFORMA AUXILIAR (B)" EN CADA EXTREMO DEL MARCO, ÉSTA FUNCIONA DE LA SIGUIENTE MANERA: CUANDO LOS GATOS APOYADOS EN LAS "PLATAFORMAS (A)" IZAN LA TRABE HASTA LA CAPACIDAD DE ÉSTOS, ENTONCES ÉSTA ES APOYADA SOBRE LAS "PLATAFORMAS (A)" Y REPETIR ESTA OPERACIÓN TANTAS VECES COMO SEA NECESARIO PARA ALCANZAR LA ALTURA REQUERIDA.

SOBRE LA TRABE EXISTEN DOS TROLLIES QUE SOPORTAN EL EQUIPO POR MEDIO DE CABLES DE ACERO HASTA DEPOSITARLO SOBRE EL VEHÍCULO QUE TRANSPORTARÁ LA CARGA AL LUGAR DONDE SERÁ NECESARIA.

2.- GRÚA MANITOWOC 4100 W.

ES UNA MOTO-GRÚA MONTADA SOBRE ORUGAS DE 250 TONS. DE CAPACIDAD, LA CUAL ES UTILIZADA EN MANIOBRAS DE MONTAJE DE EQUIPO Y DEMÁS OPERACIONES NECESARIAS.

3.- GRÚA MANITOWOC 4600 W.

ESTA GRÚA MONTADA SOBRE ORUGAS DE 600 TONS DE CAPACIDAD TIPO RINGER PISTA CIRCULAR SOBRE LA CUAL SE DESLIZAN LA CABINA Y LOS CONTRAPESOS COLOCADOS EN SU PARTE POSTERIOR.

ES NECESARIO CONTAR CON UNA LOSA DE CONCRETO EN EL LUGAR DONDE SERÁ INSTALADA PARA LOGAR UNA MEJOR NIVELACIÓN DE LA PISTA, Y A SU VEZ EVITAR POSIBLES ASENTAMIENTOS DEL TERRENO EN LOS PUNTOS EN QUE SON APOYADOS LOS GATOS HIDRÁULICOS QUE LEVANTAN LA GRÚA Y HACER LA COLOCACIÓN DE UNAS CAMAS DE POLINES DE MADERA SOBRE LAS CUALES DESCANSARÁ LA PISTA.

ESTA GRÚA ES UTILIZADA EN SU MAYOR PARTE PARA MONTAJE DE GRANDES PESOS EN ESTA PLANTA NUCLEOELÉCTRICA COMO SON: LA VASIJA, EL TURBOGENERADOR, SECCIONES DEL CONTENEDOR PRIMARIO (LINER PLATE) Y DEMÁS PARTES QUE REQUIERAN UN GRAN ESFUERZO PARA SU INSTALACIÓN.

4.- GRÚA SOBRE NEUMÁTICOS (GRÚA HIDRÁULICA).

ES UNA GRÚA GROBE CON CAPACIDAD MÁXIMA DE 20 TONS. Y ES UTILIZADA PARA MOVIMIENTOS DE QUIPO Y MATERIAL DE POCO TONELAJE COMO SON: PLATAFORMAS, SOPORTES, MADERAS Y OTRAS PARTES UTILIZADAS DENTRO DE LA OBRA.

5.- TRANSLODER CON ORUGAS.

ESTE CONSISTEN EN UNA PLATAFORMA MONTADA SOBRE -- ORUGAS DE 1,25 X 8 MTS. DE LONGITUD C/U. TENIENDO SU UNIDAD MATRIZ Y CONTROLES MONTADOS EN LA PARTE INFERIOR DELANTERA DEL CHASIS.

SU FUNCIÓN CONSISTE EN TRASLADAR EQUIPO DE GRAN PESO Y VOLUMEN, ASÍ COMO LOS MATERIALES NECESARIOS AL ÁREA DE TRABAJO.

6.- MARCO DE IZAJE.

SE COMPONE DE DOS SECCIONES, MARCO-PISTA Y MARCO-GRÚA, LOS CUALES SE DESCRIBEN A CONTINUACIÓN.

MARCO-PISTA. ESTÁ COMPUESTA DE 6 COLUMNAS 2 DE 29.92 - MTS., SOPORTADAS EN UNA BASE DE CONCRETO EN EL NIVEL -- MÁS 10.06, 2 DE 29.00 MTS., QUE SE APOYAN SOBRE UNA COLUMNA EN EL NIVEL MÁS 10.92 Y 2 DE 21.42 MTS., SOPORTADAS SOBRE UN MURO EN EL NIVEL 18.50, ESTAS COLUMNAS ES-



TÁN FORMADAS DE TUVO DE ACERO AL CARBÓN DE 56" Ø. So--  
PORTAN UNAS TRABPS SOBRE LAS CUALES VA MONTADO EL MARCO  
GRÚA.

MARCO-GRÚA. SE COMPONE DE 4 COLUMNAS DE TUBO DE 36" Ø  
Y 22.88 MTS., DE LONGITUD; EL CUAL TIENE EN SU PARTE -  
INFERIOR UN SISTEMA DE RODAMIENTOS POR MEDIO DEL CUAL -  
SE AUTODESLIZA SOBRE LAS TRABES DEL MARCO-PISTA, EN LA  
PARTE SUPERIOR COMPLETAN EL MARCO UNAS TRABES SOBRE LAS  
CUALES VA MONTADO UN MALACATE, EL CUAL HACE LA ACCIÓN -  
DE ISAJE DEL EQUIPO POR MONTAR. EL MATERIAL TANTO DE -  
COLUMNAS, TRABES Y TIRANTES ES DE ACERO AL CARBON ASTM-  
A36.

#### 7.- HERRAMIENTA Y EQUIPO AUXILIAR.

PARA LAS OPERACIONES DE TRASLADO, MONTAJE, PRUE--  
BAS, ETC., SE UTILIZA UNA SERIE DE ELEMENTOS AUXILIARES  
COMO SON: ESTROBOS, POLINES, BLOQUES DE CONCRETO, TEN-  
SORES, GRILLETES, VIGUETAS, TIFORS, POLIPASTOS, EQUIPOS  
DE CORTES, MÁQUINAS SOLDADORAS, ETC.

#### 4.- DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE.

##### A).- CARGA Y TRANSPORTE.

DESPUÉS DE QUITAR LA CUBIERTA DEL EDIFICIO DEL ALMACÉN PARA DEJAR LIBRE LA VASIJA DEL REACTOR SE PROCEDIÓ A LEVANTAR LA VASIJA MEDIANTE UN MARCO DE ELEVACIÓN HIDRÁULICA CON CAPACIDAD DE 420 TONS. Y UNA GRÚA SOBRE ORUGAS DE 250 TONS. DE CAPACIDAD; CON ANTERIORIDAD SE LOCALIZÓ EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA VASIJA PARA PODER DISTRIBUIR LA CARGA DE ACUERDO A LAS CAPACIDADES DE LAS GRÚAS, COLOCÁNDOSE EL MARCO DE ELEVACIÓN HIDRÁULICA A -- 1.12 MTS. DEL EJE TRANSVERSAL DE LA VASIJA A UN LADO, PARA SOPORTAR 427.2 TONS. Y LA GRÚA SOBRE ORUGAS A 7.54 DEL EJE TRANSVERSAL AL LADO OPUESTO, - PARA SOPORTAR 63.3 TONS., PARA ESTE IZAJE SE NECESITARON 6 ESTROBOS DE 2" Ø x 21.00 MTS. DE LONGITUD EN EL LADO DEL MARCO Y 6 GRILLETES DE 50 TONELADAS.

DE LADO DE LA GRÚA, UN ESTROBO DE 2 1/2" Ø x 36 MTS. DE LONGITUD (VER FIG. 1), EN ESA POSICIÓN, SE ELEVÓ A UNA ALTURA TAN QUE PERMITIÓ LA ENTRADA DEL CARGADOR ESPECIAL SOBRE ORUGAS, CON LA ESTRUCTURA DE APOYO PREPARADA PARA EL TRANSPORTE DE LA VASIJA, Y QUE CONSISTE EN UNA PLATAFORMA

DE VIGUETAS, SOBRE LA QUE VAN COLOCADOS LOS SOPORTES DE ACUERDO A LA CIRCUNFERENCIA DE LA VASIJA Y CON UN CINCHO SUPERIOR PARA FIJARLA (VER FIG. 2).

ESTO PERMITIÓ TRANSPORTAR LA VASIJA EN FORMA SEGURA DESDE SU LUGAR DE ALMACENAMIENTO AL PUNTO DE ISAJE.

#### B).- PREPARACIÓN DEL IZAJE.

UNA VEZ ESTANDO LA VASIJA EN LA ZONA DE IZAJE, SE COLOCÓ AL ALCANCE DE LA GRÚA DE 600 TON. - INSTALADA EN EL EDIFICIO DEL REACTOR, PARA QUE -- CON EL AUXILIO DE ÉSTA Y EL MARCO DE ELEVACIÓN HIDRÁULICA, SE CAMBIARA LA ESTRUCTURA DE TRANSPORTE POR LA DE IZAJE.

LA PRIMERA OPERACIÓN FUE COLOCAR EL CARGADOR SOBRE ORUGAS ESPECIAL DE TRANSPORTACIÓN, EN -- CAMAS DE POLINES DE 0.30 X 0.30 X 5.50 MTS. EN AMBOS EXTREMOS Y EN POSICIÓN ESTE-OESTE, CON LA --- ORIENTACIÓN DE LA PARTE SUPERIOR DE LA VASIJA AL ESTE, QUE ES DONDE VIENE LA PREPARACIÓN DEL IZAJE.

SE CONECTÓ LA GRÚA DEL REACTOR DEL LADO SUPERIOR, SOPORTANDO UNA CARGA DE 225.8 TONS. Y EL MARCO ELEVADOR HIDRÁULICO EN EL LADO OPUESTO, CON UNA CARGA DE 284.3 TONS. A UNA DISTANCIA DE ---

8.23 MTS., DEL CENTRO DE GRAVEDAD (VER FIG. 3).

EN SEGUIDA SE PROCEDIÓ A LEVANTAR LA VASIJA PARA EFECTUAR EL CAMBIO DE LA ESTRUCTURA DE -- TRANSPORTE POR LA ESTRUCTURA DE IZAJE. COMO LA ESTRUCTURA DE IZAJE DEBE QUEDAR EN LA PARTE POSTERIOR DE LA VASIJA, LA POSICIÓN ANTERIOR, TENDRÁ QUE ESTAR LISTA PARA QUE AL LEVANTAR LA VASIJA, SOLO SE TENGA A RECORRER EL CARGADOR ESPECIAL SOBRE ORUGAS, DE TAL MANERA, QUE ÉSTA QUEDE EN EL CENTRO DE LA LOSA PREPARADA PARA TODO LO RELACIONADO CON EL MONTAJE DE LA VASIJA Y LA INTERSECCIÓN ENTRE LA CURVA Y LA PARTE RECTA DE LA ESTRUCTURA, QUEDE A UNA DISTANCIA DE TAL MANERA QUE AL LEVANTAR LA VASINA LA PARTE CURVA DE LA "L" RUEDE SIN SALIR DEL CARGADOR, QUEDANDO APROXIMADAMENTE AL CENTRO DEL CARGADOR.

A PARTIR DE ESTE MOMENTO QUEDA LISTA LA MANIOBRA PARA EL IZAJE DE LA VASIJA (VER FIG. 4).

c).- IZAJE DE LA VASIJA.

UNA VES HECHOS LOS PREPARATIVOS, SE DEBEN INICIAR LOS TRABAJOS NECESARIOS, PARA PONER LA VASIJA EN POSICIÓN VERTICAL, QUE CONSISTE EN COLOCAR UNA CUÑA DE MADERA DE TRIPLAY DE 1" X 16" EN EL PUNTO FINAL DEL GIRO DE LA VASIJA Y SOBRE LA --

PLATAFORMA DEL CARGADOR SOBRE ORUGAS, ADEMÁS DE COLOCAR TIRANTES EN AMBOS EXTREMOS PARA EVITAR QUE CUANDO LA VASIJA TOMA LA POSICIÓN VERTICAL SE BALANCEE (VER FIG. 5).

CON ESTOS PREPARATIVOS SE PROCEDIÓ A PONER EN POSICIÓN VERTICAL LA VASIJA Y POSTERIORMENTE IZARLA A UNA ALTURA DE MTS. SUFICIENTE PARA LIBRAR EL SEXTO ANILLO DEL RECUBRIMIENTO METÁLICO, QUE FUÉ EL OBSTÁCULO MÁS ALTO QUE SE PRESENTÓ.

EL MOVIMIENTO HORIZONTAL EFECTUADO POR EL MARCO-GRÚA, YA CON LA VASIJA SUSPENDIDA Y A LA ALTURA REQUERIDA FUÉ MUY LENTO DÁNDOLE MAYOR SEGURIDAD A LA MANIOBRA. LLEGANDO AL PUNTO DONDE SE EFECTUARÁ EL DESCENSO DE LA VASIJA, QUE ESTÁ LOCALIZADO SOBRE LOS EJES DEL PEDESTAL, LA VASIJA SE DESCENDIÓ HASTA UN PUNTO CERCANO A LAS ANCLAS GUÍAS, PARA FINAR EL CENTRADO DE LA VASIJA Y PODER INTRODUCIRLAS SOBRE ÉSTAS, ACCIÓN QUE PERMITIÓ DESLIZAR A LA VASIJA CON SEGURIDAD SOBRE TODO EL CONJUNTO DE LAS ANCLAS, HASTA LLEGAR A SU ASIENTO. INMEDIATAMENTE DESPUÉS SE PROCEDIÓ A COLOCAR LAS TUERCAS QUE FIJAN A LA VASIJA CON EL PEDESTAL.

LA GRÚA SE DESCONECTÓ DE LA VASIJA HASTA -  
QUE NO SE VERIFICÓ LA NIVELACIÓN Y PLOMEADO DE --  
ELLA.

AL TERMINAR LA OPERACIÓN ANTERIOR Y COLO--  
CAR LAS TUERCAS, EL MARCO DE IZAJE PUDO SOLTAR LA  
CARGA; CON ESTO SE CONSIDERÓ TERMINADO EL MONTA-  
JE DE LA VASIJA. --- -- ---

## 5.- CONCLUSIONES.

TODA LA OPERACIÓN DE ESTE MONTAJE DEBIÓ HACERSE EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE, POR INTERFERIR LA MANIOBRA, PRÁCTICAMENTE TODA EL ÁREA DEL EDIFICIO DEL REACTOR, EVITANDO ASÍ RETRAZOS A LOS PROGRAMAS ESTABLECIDOS EN LAS DIFERENTES ÁREAS, COMO SON: COLADOS, RECUBRIMIENTO METÁLICO, MONTAJE DE ESTRUCTURA, MONTAJE DE EQUIPO, ETC. PARA LOGRAR ÉSTO EL DISEÑO DEL EQUIPO FUÉ SENCILLO, SUS CONEXIONES FUERON ESTUDIADAS PARA ARMARLO Y DESARMARLO EN POCO TIEMPO, TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LA ALTURA Y EL TAMAÑO.

UNA VENTAJA EN EL MONTAJE DE LA VASIJA QUE SE APROVECHÓ, FUE CONTAR CON UNA GRÚA DE 600 TON., DE CAPACIDAD, YA QUE CON ELLA SE HICIERON LAS MANIOBRAS MÁS IMPORTANTES EN LA INSTALACIÓN Y DESMONTAJE DEL MARCO DE IZAJE Y PRESTÓ UN SERVICIO VALIOSO EN ACTIVIDADES SECUNDARIAS.

OTRA ACTIVIDAD QUE INFLUYÓ EN LA RAPIDEZ DEL MONTAJE, FUÉ UNA BUENA COORDINACIÓN EN SUMINISTRO Y DISPONIBILIDAD CERCA AL SITIO DE INSTALACIÓN, DE TODOS LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA EL MONTAJE DE LA VASIJA.

TAMBIÉN EN TODOS LOS ELEMENTOS PESADOS Y VOLU-  
MINOSOS, FUÉ PREVIAMENTE LOCALIZADO SU CENTRO DE IZA  
JE PARA EL MANEJO, EVITANDO ASÍ RETRAZOS EN MANIO--  
BRAS.

DENTRO DE ESTA MANIOBRA, HUBO EQUIPOS ESPECIA-  
LES QUE AYUDARON EN FORMA NOTABLE, A QUE EL IZAJE DE  
PENDIERA DE POCO EQUIPO Y AL MISMO TIEMPO EL TRABAJO  
SE HICIERA EN FORMA EXPEDITA. CONCRETAMENTE NOS RE-  
FERIMOS AL MARCO ELEVADOR HIDRUAÚLICO Y OTROS EQUI--  
POS POCO COMUNES, QUE FUERON UN APOYO IMPORTANTE EN  
LOS TRABAJOS SOBRE EL MONTAJE DE LA VASIJA.

EL HECHO DE USAR EQUIPO BIEN ELEGIDO, DIÓ COMO  
RESULTADO QUE LAS MANIOBRAS QUE SE EFECTUARON, A PE-  
SAR DE MANEJAR VOLÚMENES Y PESOS FUERA DE LOS LÍMI--  
TES USUALES, SALIERAN MUY SIMPLIFICADAS, DE TAL MANE  
RA QUE DIÓ LA IMPRESIÓN DE MANEJAR OBJETOS CONSIDERA  
DOS COMO NORMALES.

EVIDENTEMENTE EL MANEJAR UNA VASIJA DE LAS CA-  
RACTERÍSTICAS DEL MONTAJE REALIZADO, SIGNIFICÓ TENER  
QUE EXTREMAR TODAS LAS PRECAUSIONES, PARA EVITAR AL-  
GUNA FALLA, QUE PUDIERA RESULTAR DE CONSECUENCIAS --  
MUY SERIAS, COMO DAÑAR LAS INSTALACIONES, SIN EXCLUIR  
ALGÚN ACCIDENTE HUMANO.



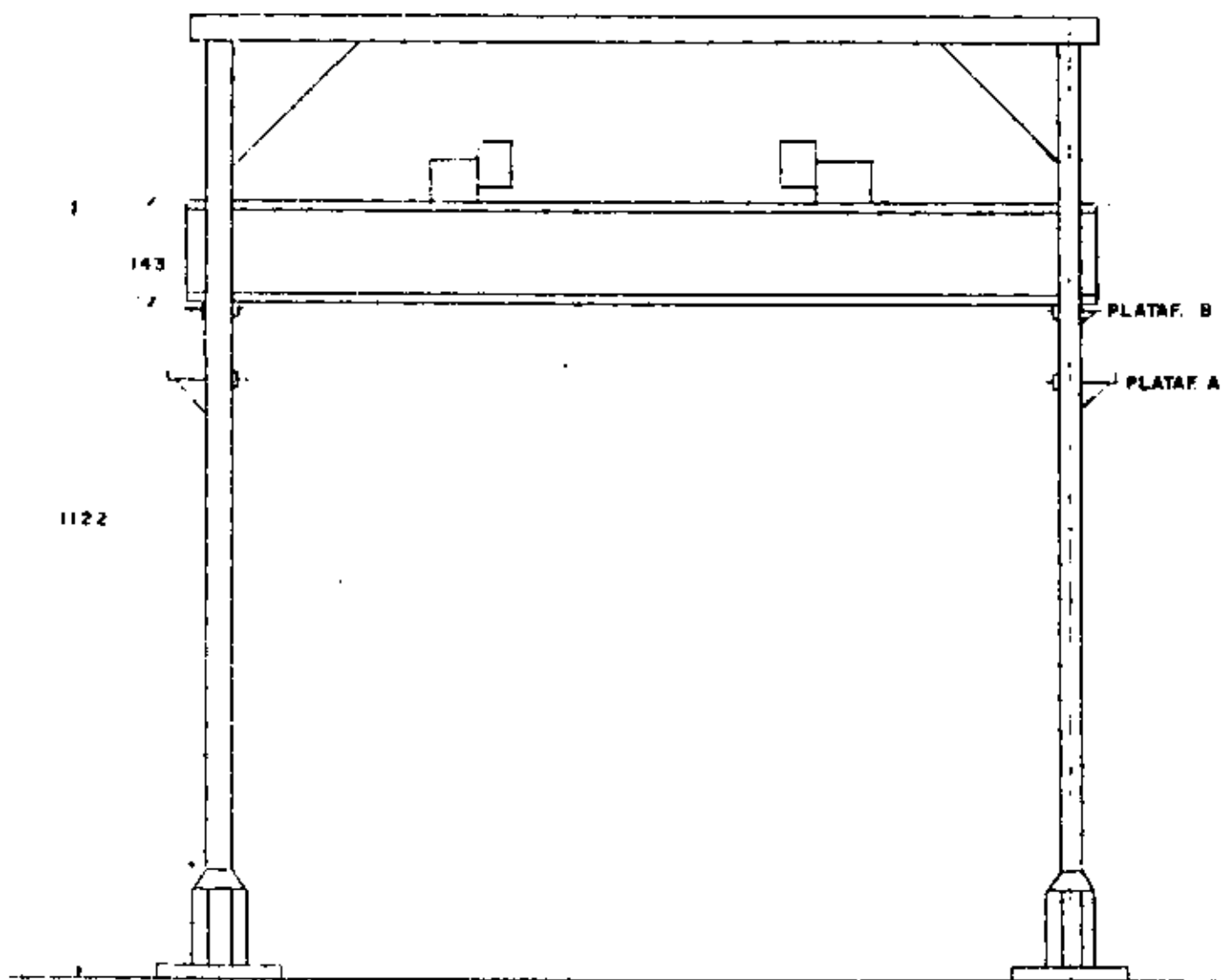
ESTO SIGNIFICA QUE PARA LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS DE ANTEMANO, FUERON REVISADOS CUIDADOSAMENTE PARA EVITAR LO ANTERIOR.

INDUDABLEMENTE QUE PARA ESTE TIPO DE TRABAJOS, SE CONTÓ CON UN ELEMENTO HUMANO DE BASTA EXPERIENCIA CON LO QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS FUERON SATISFACITORIOS, A TAL GRADO QUE EL ÍNDICE DE ACCIDENTES FUÉ CASI NULO.

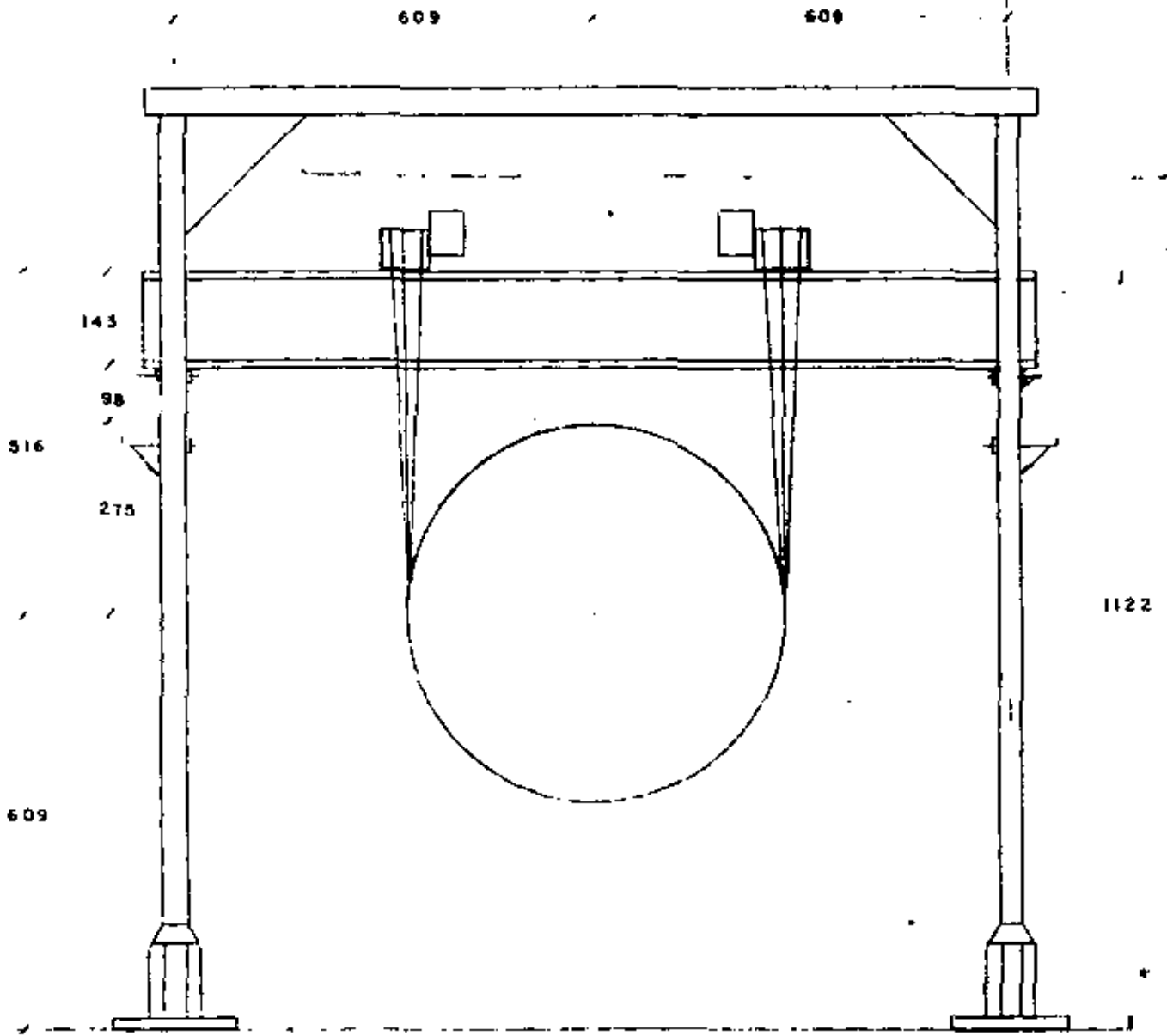
EL ÉXITO DE ESTA MANIOBRA, NOS DEBE INDICAR QUE LOS PASOS ANTERIORES, SON EL CAMINO A SEGUIR PARA -- LLEVAR A FELIZ TÉRMINO CUALQUIER ACTIVIDAD DENTRO DE LOS MONTAJES DE EQUIPOS.

## 6.- SECUENCIA DE MONTAJE

809 - - - - - 809

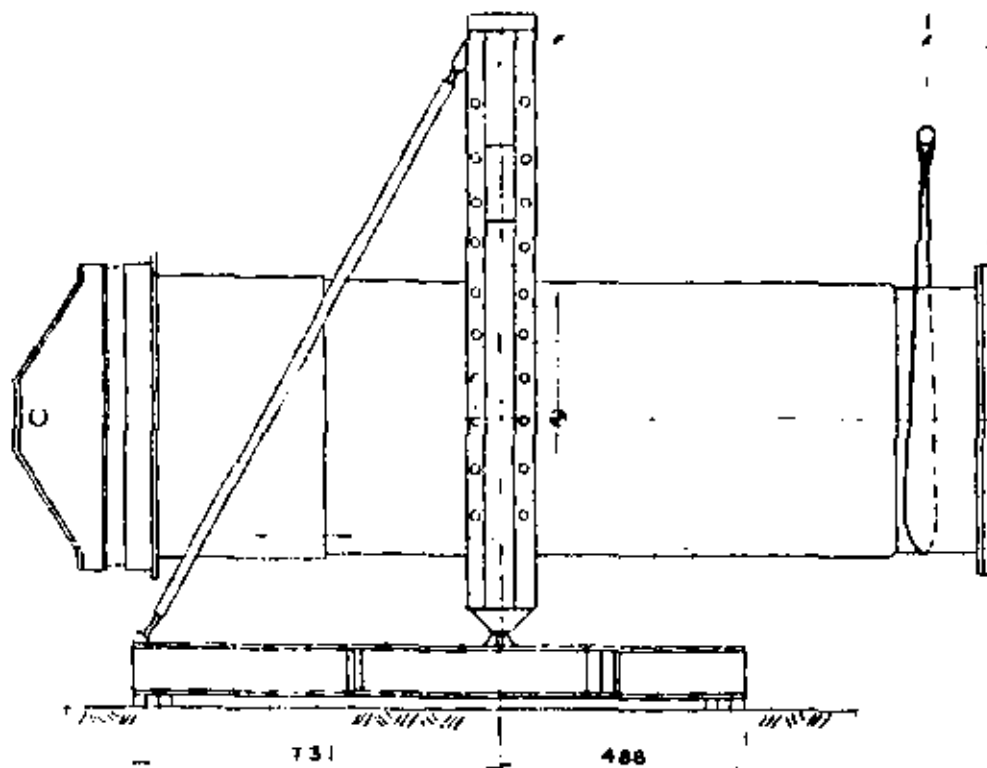


MARCO CON ELEVACION HIDRAULICA



VISTA FRONTAL

Fig. 1



## VISTA LATERAL

Fig. 1

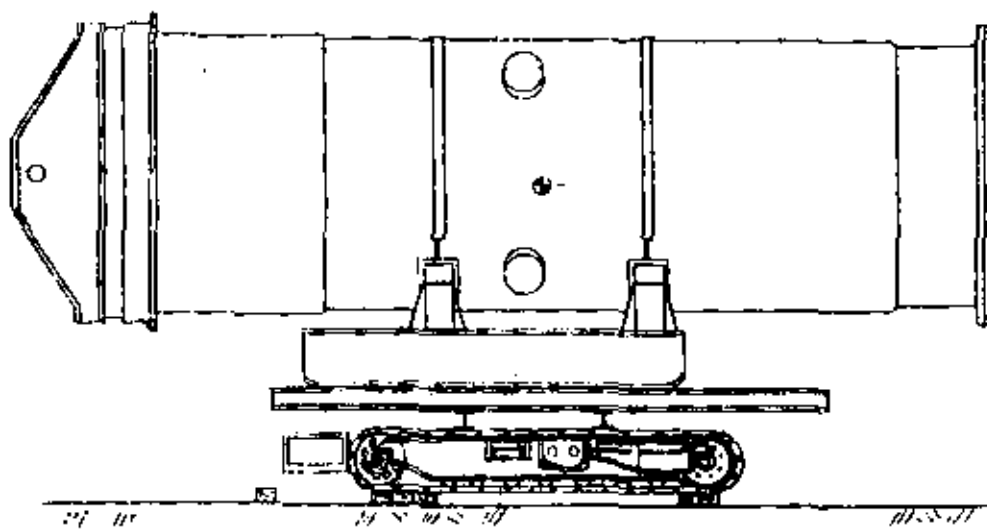


Fig. 2

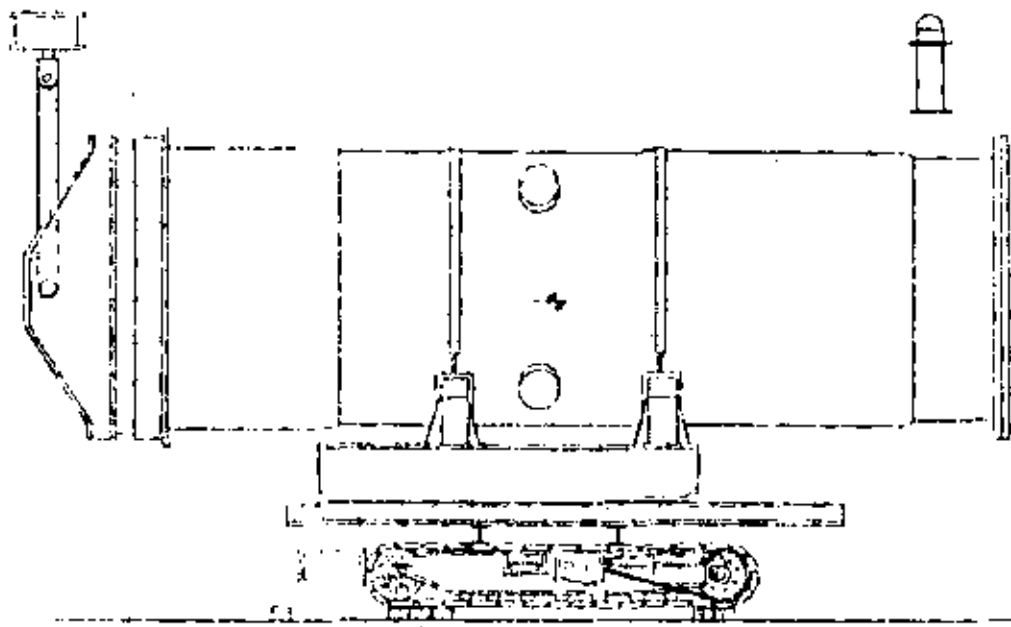


Fig. 3

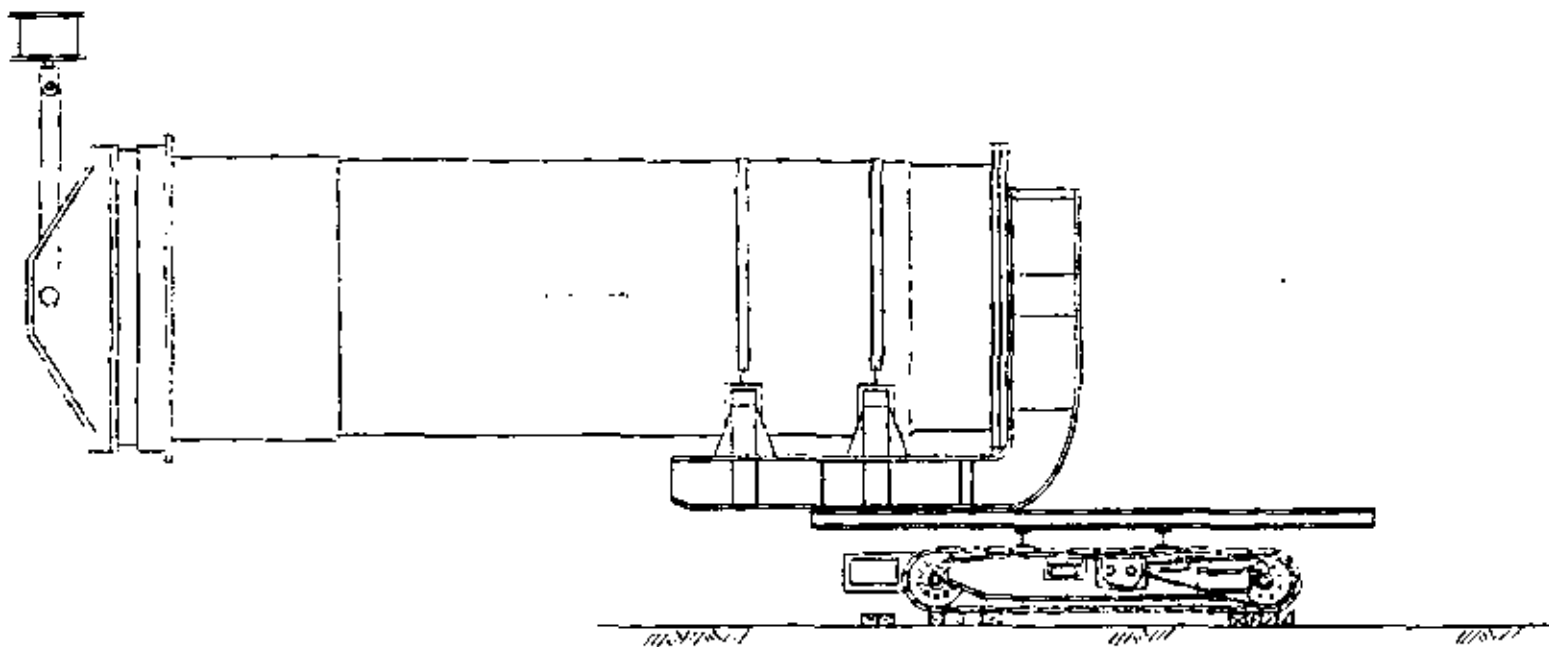


Fig. 4

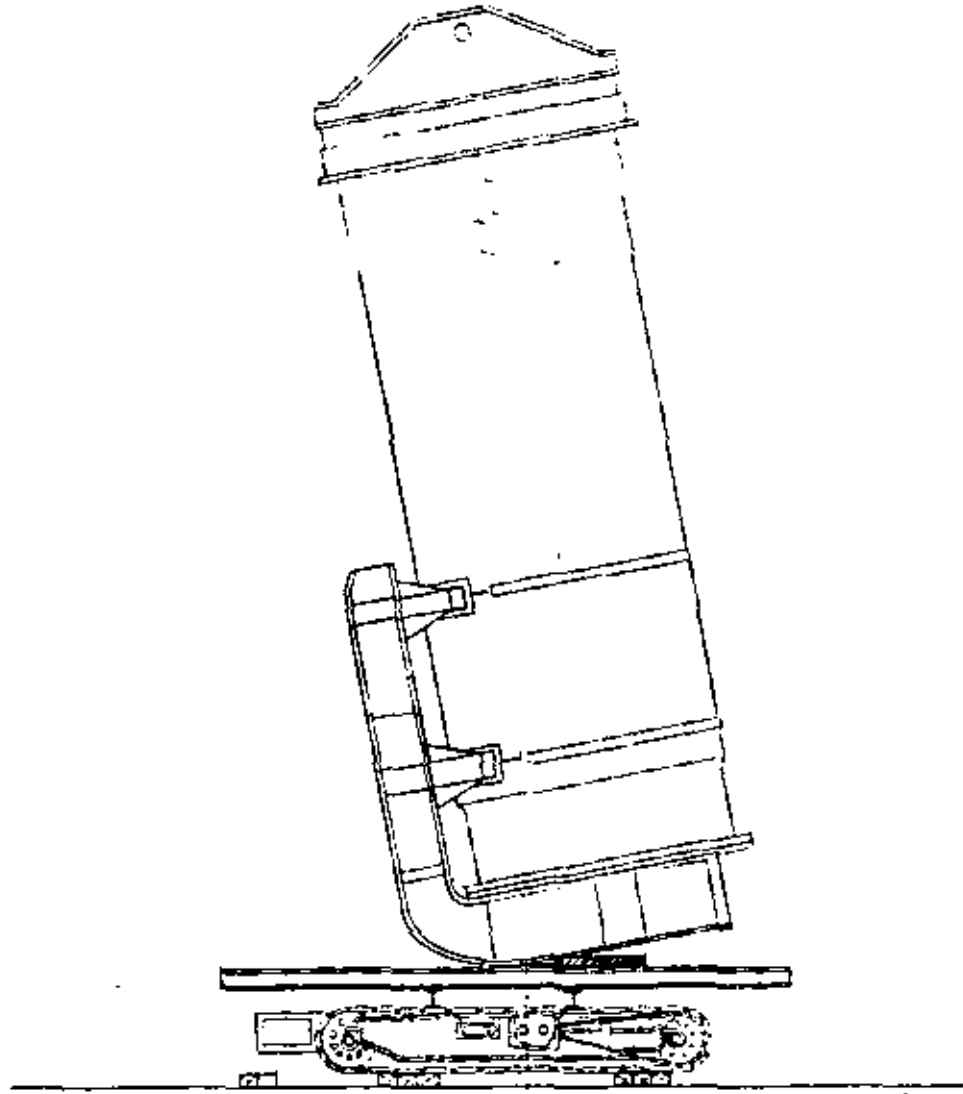
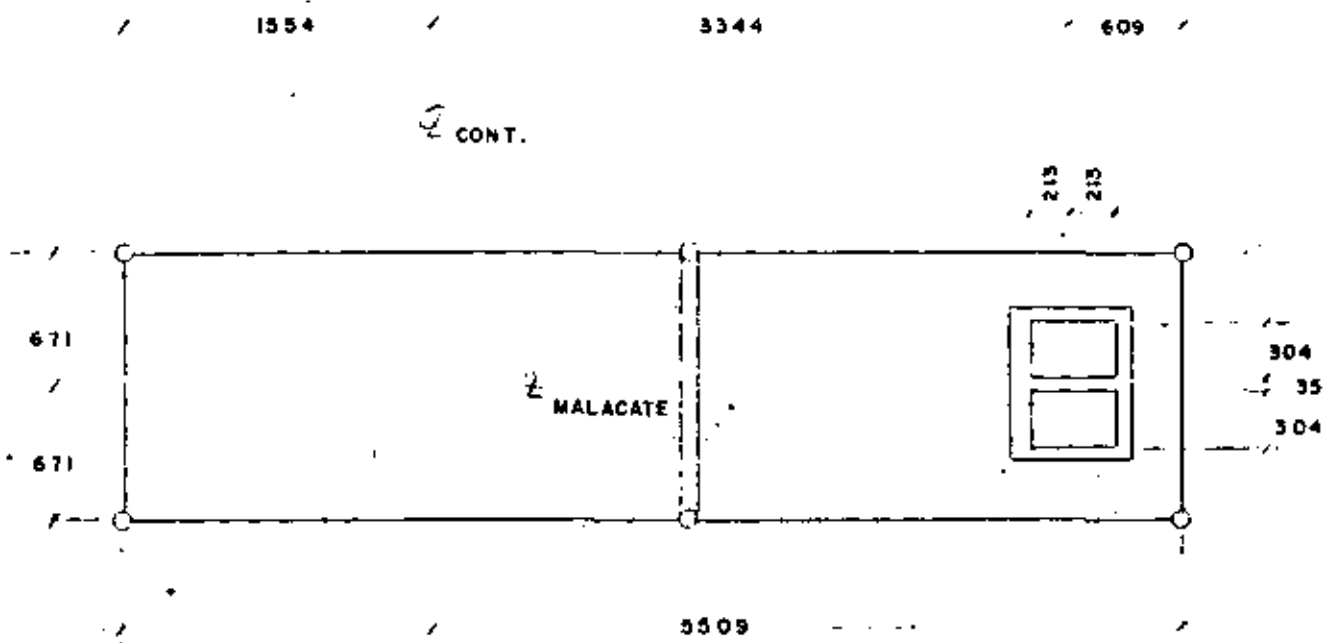
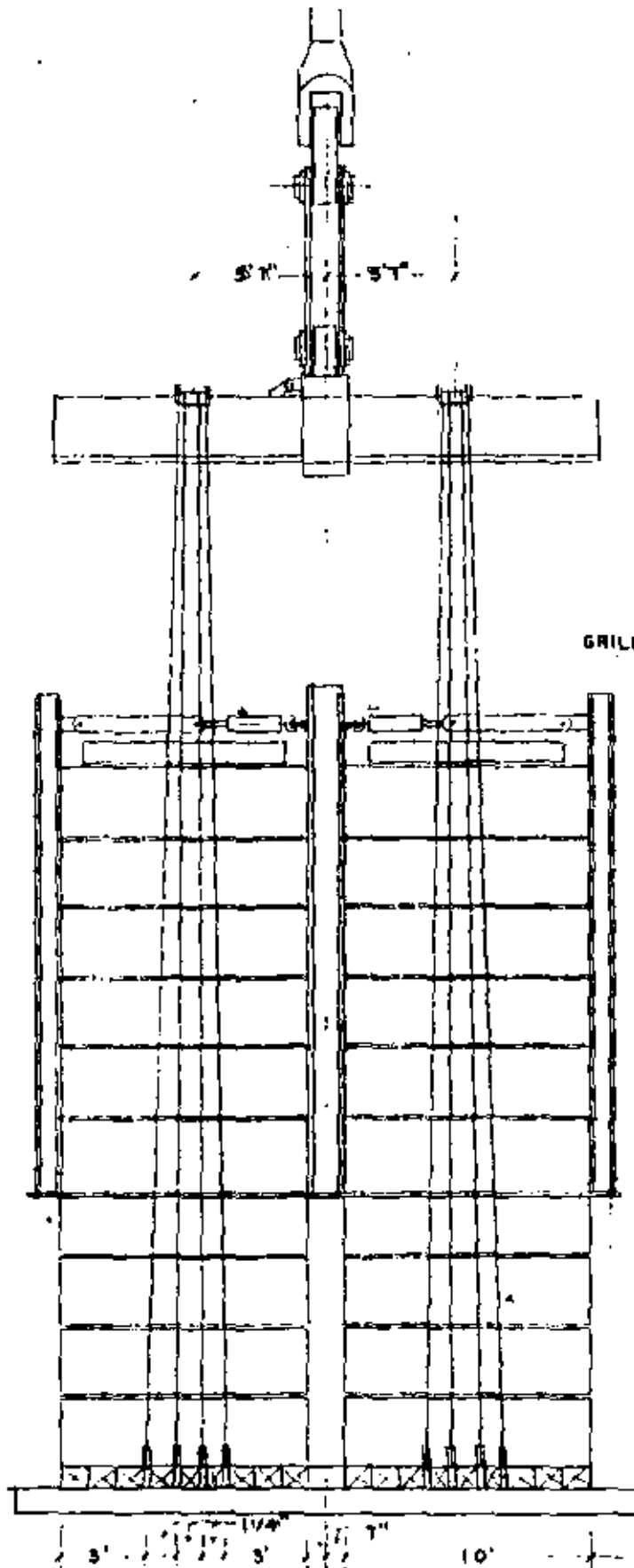


Fig. 5





PLANTA DE LOCALIZACION BLOQUES DE PRUEBA

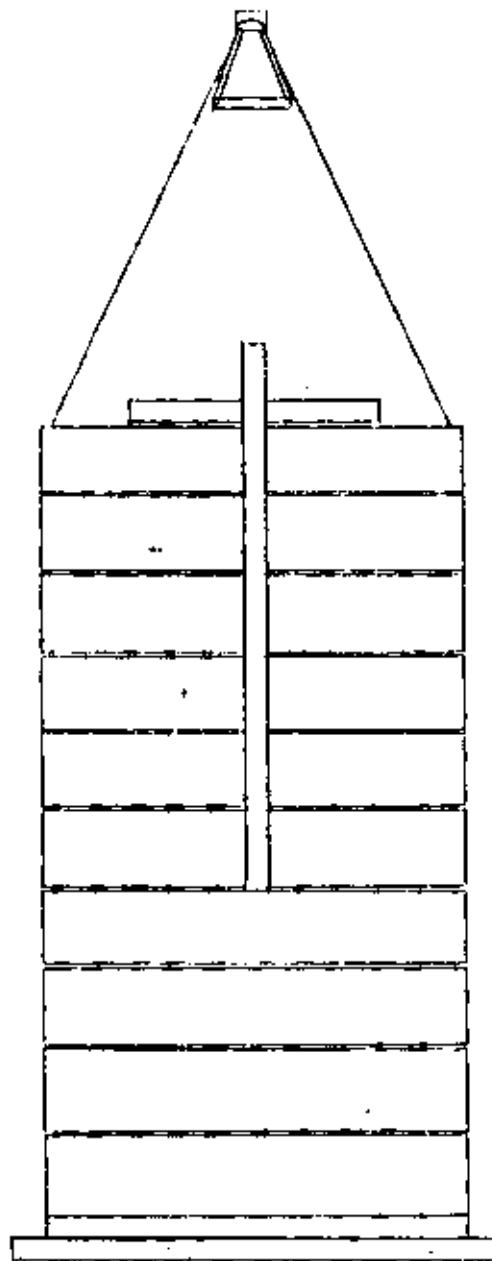


TENSORES 1 3/4 x 8"

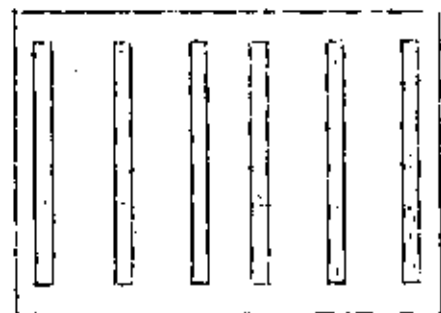
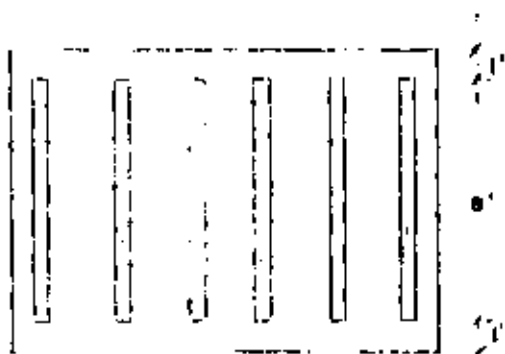
GRILLETES P/17 Tons.

BLOQUES DE PRUEBA

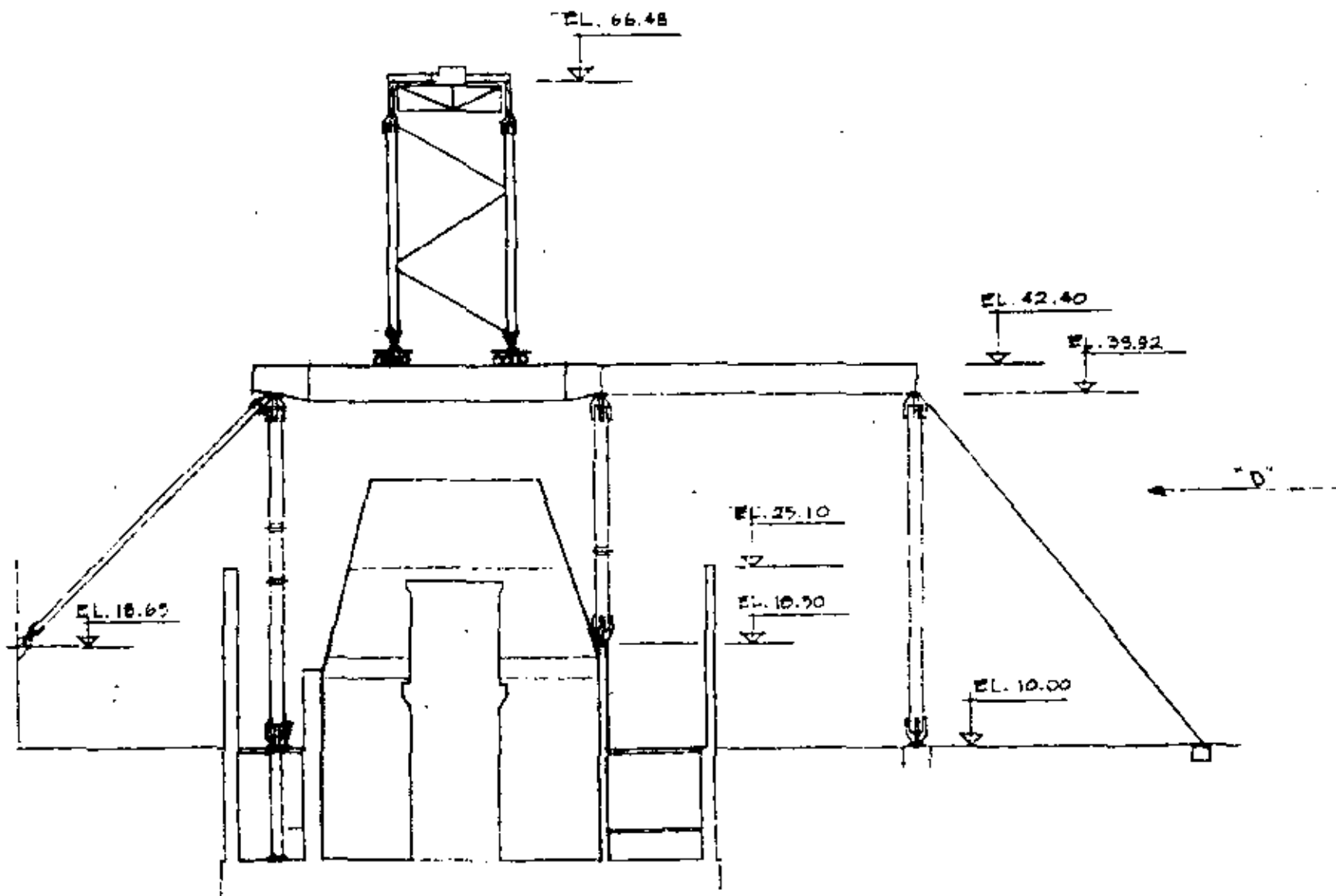
VISTA FRONTAL



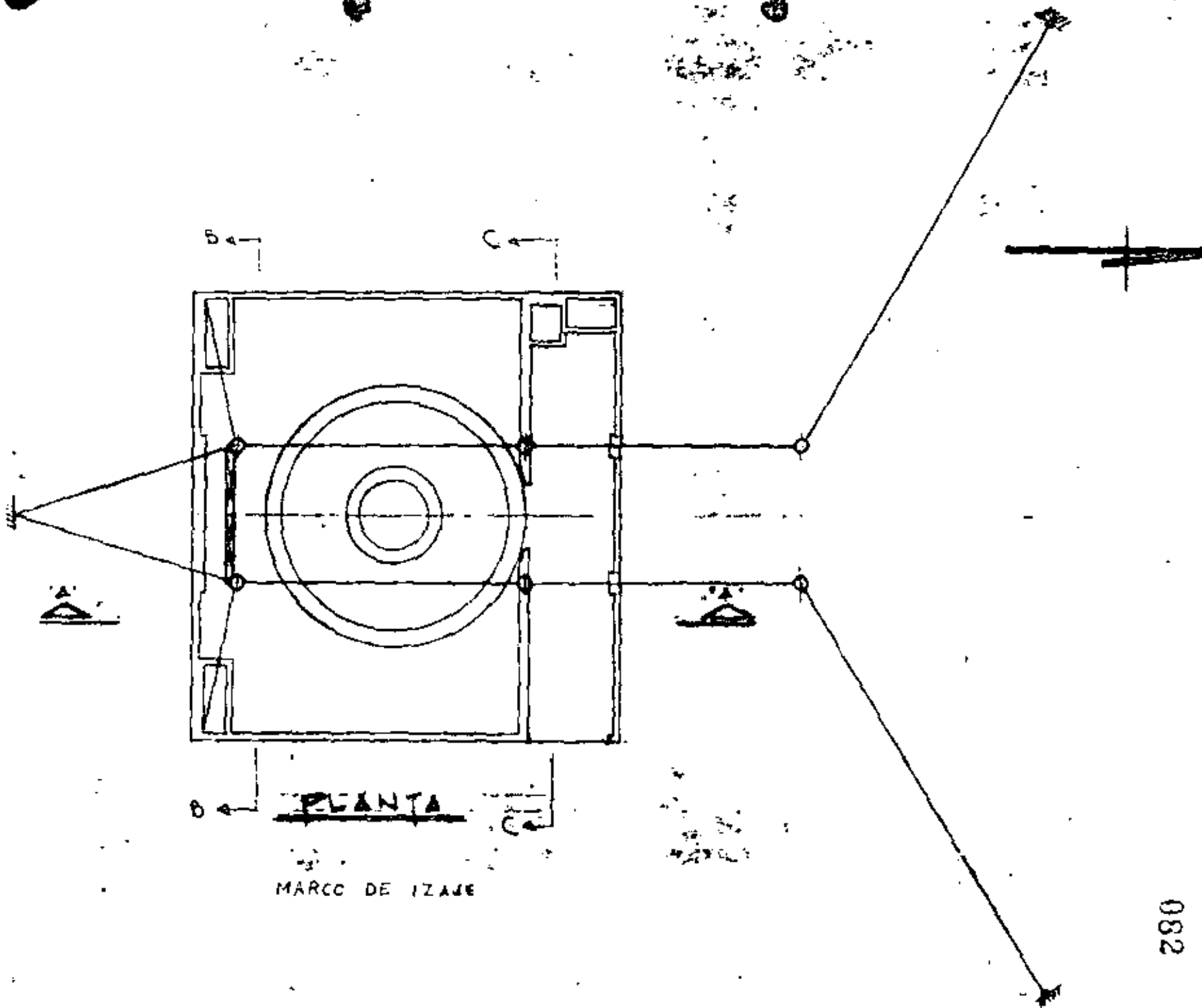
VISTA LATERAL



SECCION A-A

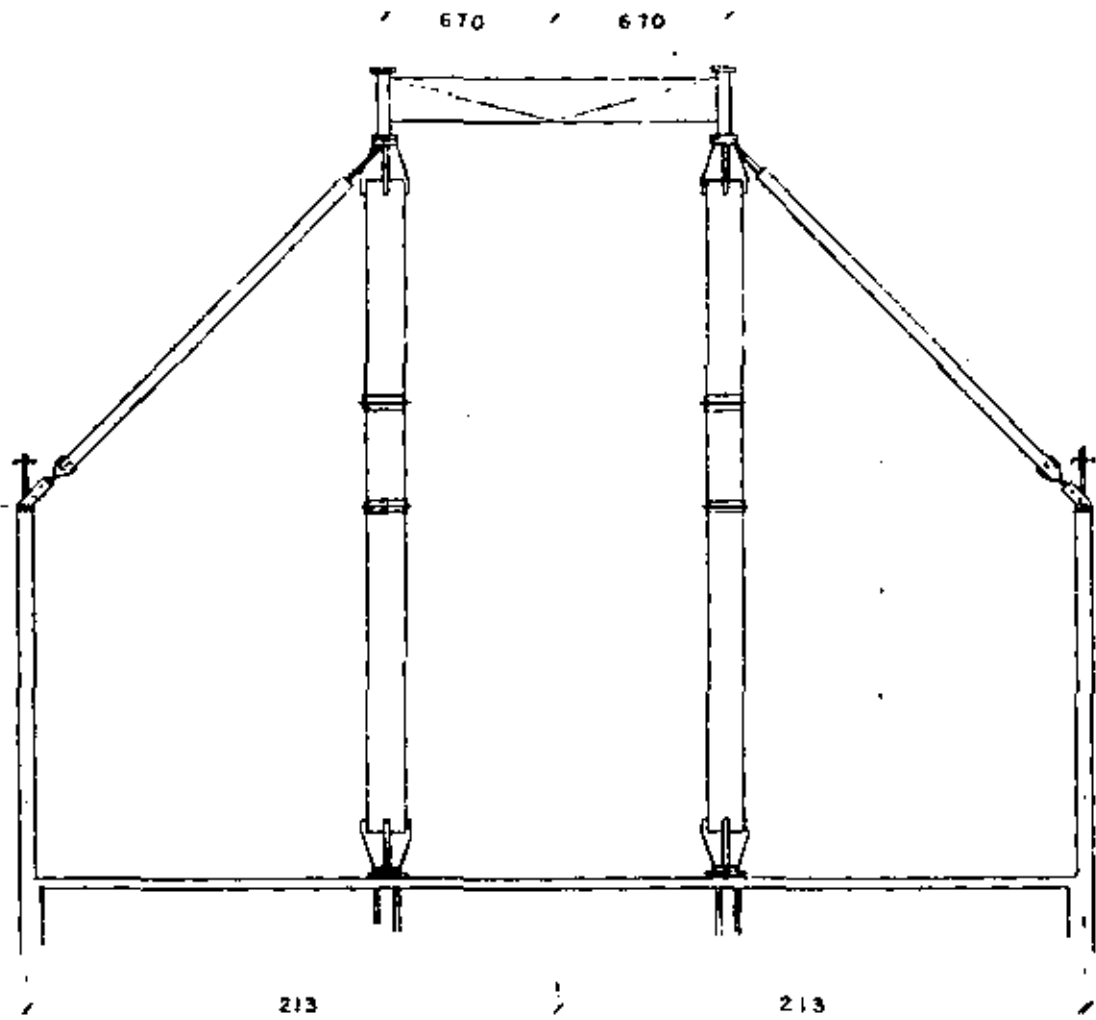


SECCION A-A

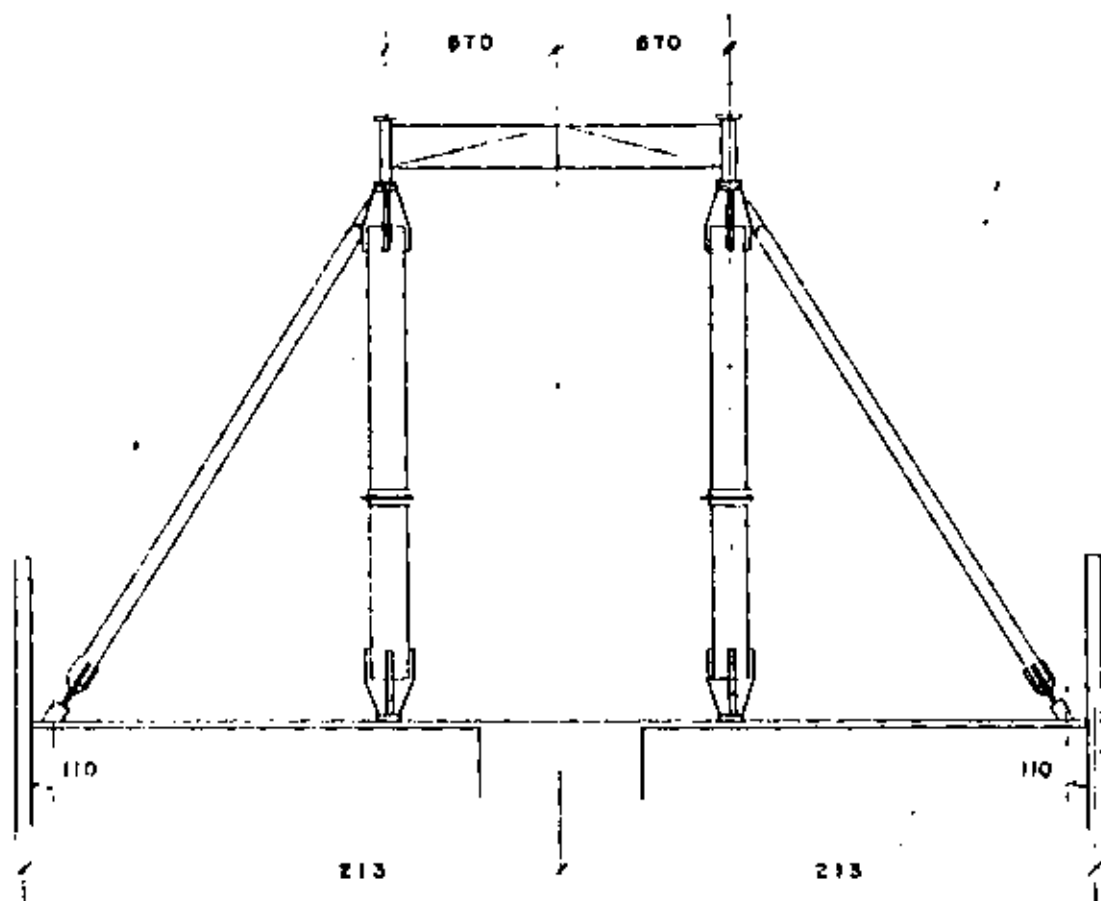


**PLANTA**

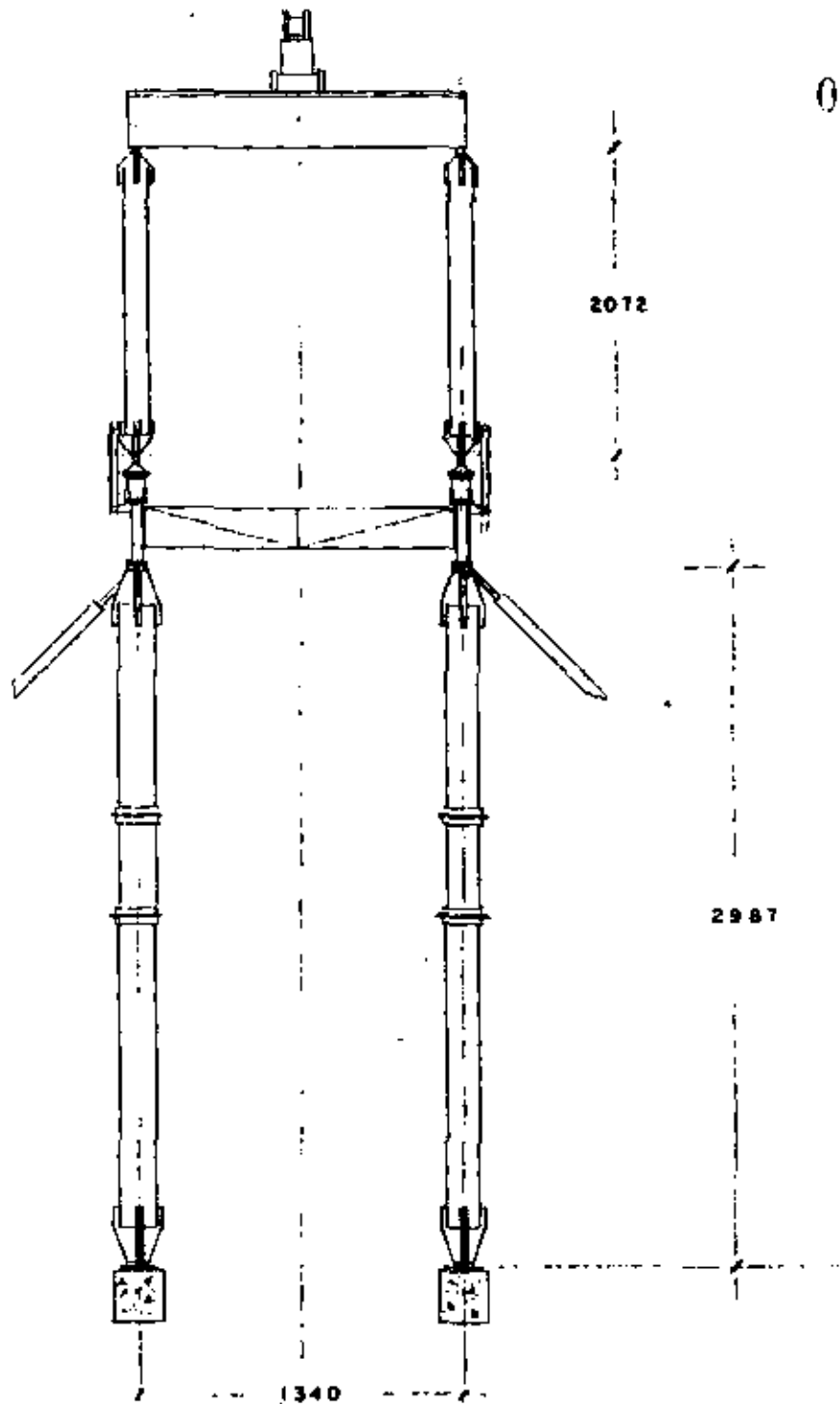
MARCO DE IZAJE



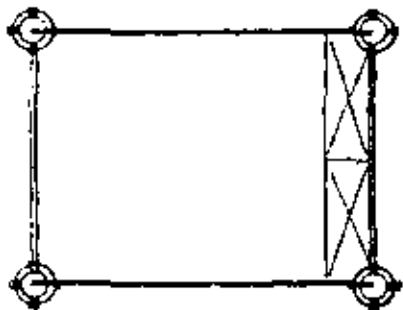
SECCION B-B



SECCION C-C



VISTA "D"



PLANTA MARCO GRUA





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

CONCRETO PREFORZADO

ING. RUBEN OBREGON CH.  
JULIO DE 1979.



## RESIDENTES DE CONSTRUCCION

### CONCRETO PRESFORZADO

Podríamos decir que los elementos precolados y presforzados se clasifican según su función, en arquitectónicos y en estructurales. Nos referiremos en esta ocasión a los elementos estructurales de concreto presforzado. Aunque desde luego en condiciones especiales puede ser conveniente prefabricar a pie de obra, en términos generales siempre será muy ventajoso prefabricar en una planta, ya que la industrialización de la producción puede permitir que ésta se desarrolle a un ritmo mayor, lográndose un aumento en la productividad, en un lugar adecuado con los medios y las instalaciones tanto para fabricar el producto, como para manipularlo desde que se elabora hasta que se embarca. Así mismo, casi todas las plantas cuentan con un laboratorio de control de calidad, que les permita producir con menores desviaciones de las normas y especificaciones establecidas.

Quizá un aspecto que valga la pena mencionar es que la supervisión de los elementos precolados presforzados es prácticamente imposible que recaiga en una sola persona. Se diría más bien que la supervisión corre a cargo de las diferentes áreas en las que los procesos de elaboración detallada del proyecto y de las órdenes de producción, de la programación de fabricación, de la fabricación, de la manipulación en planta, del estibe, del transporte, del montaje y de la conexión temporal y la definitiva, son supervisados por una persona responsable de que los trabajos concernientes a su área, se realicen conforme a lo especificado y dentro de las tolerancias previamente establecidas.

SUPERVISION

PRECOLADOS Y PRESFORZADOS

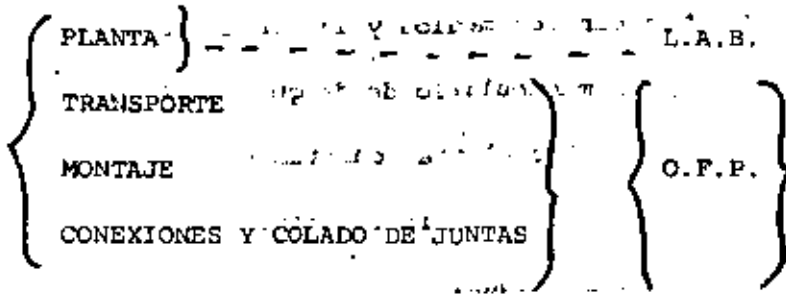
- ARQUITECTONICOS
- ESTRUCTURALES

La supervisión de los precolados arquitectónicos debe ser tratada en capítulo aparte.

PRECOLADOS Y PRESFORZADOS ESTRUCTURALES

- PRODUCCION
- TRANSPORTE
- MONTAJE
- CONEXIONES Y COLADOS DE JUNTAS

INTEGRACION DEL COSTO



L.A.B. Costo libre a bordo en la planta

O.F.P. Costo de operación fuera de la planta.

¿PORQUE EMPLEAR ELEMENTOS PRECOLADOS EN LAS CONSTRUCCIONES?

El empleo cada vez mayor de los elementos precolados en las construcciones hace pensar en que éstos ofrecen algunas ventajas cuando se usan acertadamente. Algunas de las ventajas de su uso son entre otras:

reducción total en el tiempo de ejecución de la obra, ya que, si los contratos se efectúan oportunamente, mientras se realizan en el sitio de la obra de las excavaciones y la estructura de cimentación, se pueden llevar a cabo los trabajos de prefabricación en planta, de manera que cuando la obra se encuentre en

condiciones de recibir los elementos estructurales, se puede continuar con el avance de la obra de manera ininterrumpida montando todos los elementos prefabricados en un lapso por lo general sumamente reducido en comparación con el de la realización de los mismos trabajos si se hicieran en sitio. Como en los elementos estructurales presforzados se emplean concretos de alta resistencia, es posible lograr perfiles más esbeltos, o bien salvar claros mayores, reduciendo el número total de apoyos. En muchas ocasiones se obtiene el atractivo de una reducción en el costo total de la obra, además de los ahorros que se logran de manera indirecta al reducir los costos de supervisión y administración por durar la obra un tiempo menor.

#### PRODUCCION.-

Antes de comenzar a hablar de la supervisión de la producción que empieza desde la recepción de los planos para producción, conviene mencionar algunos aspectos que deben tomarse en cuenta en la etapa de proyecto, a fin de lograr mayor efectividad en la realización de los trabajos. Es bien sabido que en las estructuras realizadas con elementos prefabricados, los principales problemas suelen -- presentarse en las conexiones entre los diferentes componentes; v.gr. conexiones de columnas con cimentación, de traveses portantes, etc. Ahora bien, es conveniente que el proyectista encargado de realizar dichos trabajos sea una persona con experiencia en este campo, ya que muchas de las soluciones adoptadas, ya han sido experimentadas desde hace mucho tiempo en numerosas estructuras. Y aunque no es posible pensar que existen soluciones para todos los casos, es factible aprovechar diseños de conexiones que han sido divulgados por diferentes - instituciones. Esto conduce a la estandarización de soluciones, que obviamente facilita grandemente la ejecución de la producción.

Los planos de fabricación deben contener además de los detalles de armado y de presfuerzo, indicaciones sobre la ubicación y tipo de accesorios, insertos, etc., que deberán integrarse en los elementos estructurales, provisiones de las preparaciones para el izado y la manipulación de las piezas, número de éstas a fabricar, resistencia del concreto a emplear, resistencia al corte, y en general toda la información necesaria que evite tener que preguntar al área de proyectos cualquier información importante que se haya omitido.

Por otra parte en la producción industrializada de los elementos prefabricados, presforzados deben emplearse especificaciones generales para su fabricación, que cubren todos los aspectos: calidad de los materiales que intervienen, tipos y requisitos de los moldes a emplear, tipos de mezclas requeridas, recomendaciones para el vaciado del concreto, procedimiento de curado y especificaciones para su aplicación, instrucciones para el corte de torones, etc.

Quizá dentro de este tema en que estamos mencionando los aspectos relativos al proyecto y a las especificaciones de fabricación, convenga mencionar que para la producción de piezas presforzadas estandarizadas, diversas instituciones como el Instituto del Concreto Presforzado (PCI), la Federación Internacional del Presfuerzo (FIP), el Instituto de Eduardo Torroja, etc., han propuesto tolerancias para la discrepancias de las medidas de proyecto con respecto a las medidas reales de las piezas prefabricadas, que aunque puedan diferir ligeramente las recomendaciones dadas por ellas, ya fijan un criterio que puede servir de base para adaptarlas a la localidad, tomando en cuenta desde luego factores particulares que puedan influir en el resultado final, como puede ser la precisión y el ajuste de los moldes, la naturaleza misma de éstos v.gr. si son metálicos o de madera, etc.

Recientemente, se han publicado dos normas sobre la producción industrializada de elementos presforzados prefabricados, por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, al través de la Dirección General de Normas. Dichas normas son la C-112 y la C-248 y fueron elaboradas por promoción directa de la ANIPPAC.

#### PLANEACION DE LA PRODUCCION

La persona encargada de la planeación de la producción es por lo general una persona capaz, familiarizada con problemas naturales de producción, de mantenimiento, de abastecimiento de materias primas, debe acostumbrarse a enfrentarse con problemas humanos y al manejo de gente y sobre todo debe poseer un gran sentido de organización.

En una planta industrializada todos los trabajos deben ser planeados cuidadosamente y es necesario considerar numerosos aspectos.

Todos los trabajos por ejecutar deben estar consignados en tablas o cuadros, de manera que se pueda ver rápidamente la disponibilidad de moldes y áreas de producción.

Para cada pedido contratado se necesitan registrar un número considerable de datos, que a su vez originan tramitaciones subsiguientes.

Algunos conceptos que son necesarios registrar con cada nueva Orden de Producción originada por cada pedido firmado, son los siguientes:

Tipos de elementos

Sitio de fabricación

Fecha en que se requirieren

Programa de fabricación teniendo en cuenta la ocupación de los moldes para otros pedidos.

Piezas que se deben producir primero, por requerimientos de la obra.

Volumen de concreto para programar pedidos de materiales:

cemento, grava, arena, etc.

Necesidades de acero de refuerzo y de presfuerzo para programar su abastecimiento oportuno.

Tipo y cantidad de accesorios normales.

Tipo y cantidad de accesorios especiales.

Trabajos necesarios para ajustar el molde en anchos y en peraltes.

Especificaciones de fabricación.

Peso de los elementos.

Máquina que los manipulen tomando en cuenta peso y longitud.

Acabado de las piezas (aparente, rugoso, martelinado, etc.)

Nomenclatura de las piezas.

Estibe en patios de almacenamiento.

Si son piezas presforzadas postensadas qué tipos de anclajes se especifican.

Aprovisionamiento oportuno de anclajes y de ductos.

Unidades que se requieren para el transporte (Plataformas, diablos o dollys, camas bajas, etc.).

etc.

#### PROCESO DE FABRICACION

Las plantas industrializadas deben poseer para poder realizar los trabajos que han contratado, equipos y maquinaria que les permita lograr una gran productividad. Se puede estimar el volumen máximo de producción, en función de su capacidad instalada. El volumen de concreto que sea capaz de producir la planta de concreto debe poder ser transportado al mismo ritmo que es producido, en las horas de mayor demanda. El volumen de concreto entregado en cada molde debe po-



der ser colocado y vibrado en un lapso corto, pero garantizando su uniformidad y buena calidad; el empleo de métodos acelerados de curado (curado a vapor, calentamiento eléctrico de moldes, autoclaves, etc.), permite acortamiento en los ciclos de producción (Proceso de colado diario) y la manipulación del producto para retirarlo del molde debe realizarse en el menor tiempo posible, para dar lugar a la preparación del molde, que comprende la limpieza, colocación y tensado de los torones de presfuerzo en el caso de productos presforzados pretensados y colocación de los armados de acero de refuerzo, así como la colocación de placas, accesorios, insertos, etc.

La supervisión de la fabricación de los elementos prefabricados presforzados debe abarcar los siguientes aspectos:

Control de las materias primas que se empleen en la fabricación del concreto.

Control de la fabricación del concreto, verificando proporcionamientos, revenimientos, trabajabilidad y obteniendo cilindros de muestreo conforme a las especificaciones respectivas.

Control del vaciado del concreto, verificando que el vibrado se realice conforme a las recomendaciones establecidas.

Previamente al inicio del colado, deberán verificarse cuidadosamente las dimensiones de las piezas, así como la posición exacta de accesorios, placas, gasas o accesorios de izado, perforaciones, ductos, cajas, etc.

Control del tensado del acero de presfuerzo, tanto en el caso del pretensado como en el del postensado, verificando se realice de acuerdo con las instrucciones de los reglamentos.

Control del proceso de curado, ya sea por sistema de riego, de curado a vapor, tratamiento termoeléctrico, etc.

Control del proceso de corte del acero de presfuerzo, verificando que que el concreto ha alcanzado la resistencia especificada al corte.

Control de la manipulación del producto para que se tome adecuadamente con las máquinas y suspensiones de izado apropiadas, al desmoldear y transportarlo al patio de estibe.

Control del estibe del producto, verificando que se apoye en los puntos indicados en los planos de fabricación, sobre apoyos que garanticen la estabilidad de la pieza.

Inspección de los elementos prefabricados, para verificación de medidas conforme a las de proyecto, evaluación de desperfectos para ordenar resanes o su rechazo y en algunos casos en que hay que hacer trabajos de colados posteriores, verificar que se hayan realizado satisfactoriamente y dentro de las tolerancias.

Control de la carga de los elementos prefabricados a las unidades de transporte, verificando que se apoyen sobre los puntos indicados en los planos, pero repartiendo la carga sobre las plataformas o dollys, para evitar que se deformen por aplicarles cargas en puntos débiles o inadecuados.

### TRANSPORTE

Los elementos prefabricados deben transportarse en unidades adecuadas, tomando en cuenta las dimensiones y el peso de las mismas. Así por ejemplo, los muros se llevan por lo general en camas bajas con caballetes, para poder pasar por puentes y viaductos; además, se facilita la maniobra de descarga y montaje en el sitio de la obra, ya que las piezas se toman prácticamente en posición vertical.

Losas y elementos precolados hasta de 16 m de longitud son factibles de transportarse en plataformas fijas o extensibles, pudiendo moverse productos hasta de 30 ton de peso máximos.

Las trapes y algunos elementos de gran longitud se transportan por lo general en diablos o dollys que pueden o no tener volante direccional, en este último caso con grandes ventajas en la maniobrabilidad del conjunto.

Por lo general, las piezas mismas sirven como estructura o chasis.

En todos los casos, el supervisor debe verificar las condiciones de sujeción de la pieza, soportes que garanticen su estabilidad y deberá cumplirse además con

las disposiciones legales que obligan a llevar letreros con indicaciones de -- transporte de piezas de largo excesivo, así como escoltar a las unidades de transporte con carros pilotos con señales luminosas preventivas.- Cualquier vehículo que no garantice la seguridad del transporte del elemento o elementos prefabricados deberá ser eliminado y substituído por otro.

#### MONTAJE

Previamente a la iniciación del montaje de los elementos precolados en la obra, deberán haberse celebrado las juntas necesarias entre el contratista de la obra y el prefabricador (como mínimo) con el objeto de que el prefabricador señale los obstáculos que puedan impedir el acceso de las plataformas y equipos de montaje al sitio en que se requieren; la capacidad que deben tener las zonas de circulación para el paso de los equipos pesados de transporte y montaje; la necesidad de tener las zonas de acceso sin cables ni andamios y otros obstáculos que impidan la maniobrabilidad de los equipos y requerir todo lo que pueda facilitar el trabajo de las cuadrillas de montaje, como escaleras, plataformas de trabajo, fuerza eléctrica, etc.

Siempre que sea posible es conveniente verificar las medidas en la obra de la separación entre columnas cuando se coloquen sobre éstas traveses prefabricadas, para saber de antemano si existe alguna variación con respecto a la dimensión de proyecto, y si dicha variación queda dentro de la tolerancia especificada. De igual manera, deberán verificarse la posición de anclas, placas de anclaje, pasadores, etc. Es importante que las superficies de apoyo que reciban a los elementos precolados estén niveladas y bien terminadas, para lograr un apoyo uniforme y evitar concentraciones de esfuerzos si se asienta el precolado sobre una arista.

Por su parte, el equipo encargado del montaje debe llevar todo lo necesario para la realización de los trabajos, v.gr. la herramienta adecuada, lazos y estrobos de largos y capacidades variables, escaleras en buenas condiciones, máquinas para cortar concreto, plantas de soldar y los equipos especiales para trabajos como cortes, perforaciones, sujeciones mediante accesorios, etc.

Deberá estar indicado en el contrato y en los planos quién será el que deba proporcionar todos los herrajes, placas de neopreno y accesorios para colocar o para prever la colocación posterior de otras piezas y en caso que los prefabricados deban tener esta clase de herrajes incorporados, verificar que están en número y en posición correctamente.

Antes de iniciar el montaje de los precolados, el personal de las gruas y los jefes de cuadrillas deberán estar perfectamente enterados de la longitud y peso de los precolados que van a manipular, la altura a la que van a colocarlos y a la distancia máxima de colocación.

Esto les permitirá escoger la mejor forma de realizar el trabajo, y seleccionar las suspensiones, cables, estrobos, tirfors, etc., y prever si es necesario colocar vientos para la conexión temporal de las piezas. Es necesario verificar las condiciones en que se encuentran todos los elementos que intervienen en las operaciones de montaje, empezando desde la propia grua, (cables, ganchos, suspensiones, etc) y de todo aquello que pueda estar sujeto a esfuerzos durante o después de efectuar las maniobras.

El personal debe estar dotado de guantes, casco y lo que se considere que pueda proteger al trabajador de accidentes previsibles, como son rozaduras, descalabrad<sub>as</sub>, etc.

En la mayor parte de los casos es necesario hacer algún colado para la conexión definitiva de los elementos prefabricados, para lo cual el prefabricador deberá

tener los medios adecuados para la elaboración del concreto requerido.- Las recomendaciones para la elaboración, transporte y vaciado son las mismas que las dadas para cualquier concreto vaciado en sitio.

Cuando haya que tensar algunos cables de presfuerzo en sitio, deberá contarse con todo lo necesario para poder llevar a cabo el trabajo, como equipo de tensado completo (gato, cuñas, garruchas, horca o tripié de suspensión, bomba, etc.).- Es obvio que dependerá del anclaje o sistema empleado, el equipo que se tendrá que utilizar para la operación de tensado.

Antes de colocar el gato para iniciar la operación de tensado, es conveniente revisar que no haya taponos de concreto que impidan el asentamiento correcto del gato sobre el anclaje o zona aledaña. Así mismo, es recomendable lavar los ductos para desalojar cualquier cuerpo extraño que pueda impedir la realización de la operación de tensado correctamente.

Si el cable tiene anclajes móviles por ambos extremos, conviene verificar que no está pegado en el interior del ducto, golpeándolo con una maza por un extremo y verificando que puede desplazarse sin problema.

Durante la operación de tensado deberá llevarse un registro o una gráfica de los alargamientos medidos en cada etapa del tensado a fin de - comprobar que al final de la operación se ha alcanzado sensiblemente el alargamiento total calculado, en el que se han previsto las pérdidas por fricción y curvatura del cable.

Cuando se haya terminado la operación de tensado y una vez retirado el equipo del último cable (en caso que sean varios), se debe proceder a sellar las zonas de los anclajes para poder efectuar la inyección de lechada por medio de bombas diseñadas para este objeto, que permitan levantar presión de 6 Kg/cm<sup>2</sup>.- Mediante esta inyección de lechada se logra un doble objetivo:

- a).- Proteger el acero de presfuerzo contra la corrosión, ya que por ser el acero de elevado contenido de carbono, es muy ávido de corrosión.
- b).- Restituir el área de la sección transversal que se veía disminuída en la superficie total de los ductos, para el efecto de superficie resistente de la sección transversal.

El supervisor deberá ser una persona familiarizada con todo el sistema constructivo y es de desearse que sea un tipo sagaz, con habilidad para anticiparse a los hechos, a fin de lograr medidas preventivas en vez de correctivas, deberá tener bien claro qué es lo que debe exigirse al contratista, qué debe exigirse al prefabricador y tratar de lograr la mejor armonía en las relaciones de trabajo

jo, para lograr que éste se desenvuelva de la manera más eficiente y en el menor tiempo posible.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de Ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

SELECCION DE EQUIPO DE COMPACTACION

ING. ROBERTO PASQUEL LUJAN

AGOSTO, 1979





## SELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION.

La finalidad de esta plática es comentar algunas ideas sobre los métodos que hemos empleado en la selección del tipo de máquina compactadora de terracerías, que creemos más conveniente, para conjugar factores de inversión, producción, movilidad, eficiencia, disponibilidad de refacciones y servicios.

Debemos tener en mente que, en la construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es, el menor número posible de unidades para un trabajo determinado.

La vida útil de los pavimentos depende, primordialmente, de un drenaje bien proyectado, y de la estabilidad de las terracerías, ya que en ésta interviene, de manera importante, el grado de compactación a que fueron sometidos.

Compactación es la densificación artificial de los suelos mediante la aplicación de presiones que expulsan el aire y el agua de la masa del suelo. En términos de nuestra plática, debemos agregar que la compactación debe lograrse al menor costo posible. Para llegar a esto, necesitamos conocer ampliamente las especificaciones, los materiales de que se trate, los métodos que pensamos emplear, el equipo disponible, etc.

Las especificaciones de compactación las fija el proyectista de la obra, solicitando el grado de compactación, expresado como un porcentaje del peso volumétrico seco máximo, obtenido en el laboratorio de muestras representativas de los materiales que se van a emplear.

El grado de compactación es afectado por:

- 1.- El contenido de humedad en el material.
- 2.- La naturaleza del material, esto es, sus propiedades físicas, granulometría, etc.
- 3.- El tipo e intensidad de la fuerza compactiva.

La humedad en el material es un factor que siempre debe ser bien controlado.

Para esto contamos con la determinación, en el laboratorio, del contenido óptimo de humedad. El contenido óptimo de humedad es la cantidad de agua contenida en la muestra, con la que se obtuvo el peso volumétrico máximo, expresada como porcentaje del peso seco máximo de la muestra. Haciendo pruebas en el campo, en los bancos y cortes de donde proceden los materiales para las terracerías, podemos conocer la cantidad de agua que debemos agregarle o quitarle al material. Es conveniente, para compensar la que se pierde por evaporación, agregar agua un poco en exceso de la humedad óptima. La compactación la daremos sin dificultad, con el equipo adecuado, si el contenido de agua en los materiales es el conveniente, para que lleve a cabo su función de lubricante para el acomodo de las partículas de los suelos. Cuando la cantidad de agua por agregar es considerable, y siempre que las condiciones de espacio, pendiente adecuada, ubicación del agua, etc., lo permitan, es conveniente agregar agua necesaria para la compactación, directamente en el banco de materiales. Esto se hace después de arar o aflojar la superficie del banco a una profundidad tal que permita el tránsito de las pipas. Los bancos que, por su dureza o por razones de rendimiento en la carga, se deben aflojar, se prestan para agregar el agua. También, en caso de requerirse, se puede quitar humedad a los materiales en el banco con la simple acción aflojadora de los desgarradores. Es más usual agregar el agua directamente en el lugar donde se lleva a cabo la compactación. El personal encargado de vigilar estas operaciones debe ser muy experimentado y conocedor de los materiales, sobre todo para aquellos que exijan, para su adecuada compactación, de mucha precisión en el grado de humedad. El equipo que hemos encontrado más apropiado para agregar agua a las terracerías, ha sido el de pipas de 8 m<sup>3</sup> que riegan el agua en abanico cubriendo una buena superficie por pasada.

El tamaño y peso de estas unidades permiten bastante maniobrabilidad en la construcción de terracerías, sobre todo en caminos relativamente angostos, porque pueden también entrar y salir de la zona de tiro rápidamente después de cumplir con su cometido, sin estorbar a los compactadores ni a las unidades de acarreo y depósito de materiales.

Decíamos que también la naturaleza de los suelos afecta la compactación que debemos obtener, no solamente por su peso, sino también por su comportamiento ante los esfuerzos compactivos con humedades menores a la óptima. Por ejemplo: algunas arcillas pesadas pueden ser compactadas adecuadamente con algunas variaciones en más o en menos en el contenido de humedad; en cambio, suelos de tipo granular más o menos bien graduados son muy sensibles a cualquier diferencia en su contenido de agua con relación a la óptima. En general, los suelos en su estado natural son raramente homogéneos y solamente pueden ser estudiados y trabajados mediante comparaciones con otros de tipo similar de los que se tiene alguna experiencia. Los tipos de suelos con

Los que comunmente nos encontramos los constructores de caminos son: gravas, que son piedras graduadas hasta la malla de 1/4", y arenas con partículas de hasta 0.002", (este es un material de tipo granular sin atracción entre sus partículas por lo que seco no tiene ninguna resistencia). Las arenas y gravas pueden ser vibradas hasta obtener buenas densidades, porque los granos se acomodan hasta que logran su acomodo, minimizando los vacíos.

Los limos son arena muy fina, pero sin parecer granulares al tacto que en estado puro, cuando son agitados en agua, se depositan en el fondo del recipiente dejando el agua clara en la parte superior. Aunque sus tamaños son menores de 0.002" se les considera de tipo granular. No se obtienen buenas compactaciones con el limo puro; casi no tiene resistencia estando seco, pues no hay cohesión entre sus granos. Los materiales granulares permiten el paso del agua; esto es, son permeables. Los materiales hasta ahora mencionados, se han usado en terraplenes, claro que en alguna medida mezclados entre sí, con bastante buen éxito, con altas capacidades de resistencia y larga vida, requiriendo para esto que los taludes se cubran inmediatamente con alguna especie vegetal que los confine y la superficie del terraplén se impermeabilice.

La arcilla es el suelo más fino; consiste de partículas microscópicas coloidales que le dan su propiedad plástica. En agua, los coloides se mantienen en suspensión; tienen atracción entre sí que los convierte en un material cohesivo. Seca, la arcilla tiene alta resistencia; no se erosiona fácilmente, se trabaja bien y se compacta fácilmente cuando las condiciones de humedad son favorables. Las terracerías de material arcilloso deben también protegerse inmediatamente del intemperismo, porque son susceptibles de hinchamiento y enjambamiento cuando absorben o pierden humedad.

La materia orgánica es otro materiales que halla el constructor en cantidad abundante. Lo menciono porque debe evitarse que forme parte de las terracerías, por sus efectos dañinos, pues al continuar su descomposición en el cuerpo del terraplén, producen vacíos y reducen la plasticidad y la resistencia.

Estos son los tipos de suelos que, mezclados entre sí en menor o mayor grado, encontramos disponibles para construir un camino. A diferencia de terracerías para aeropuertos o presas en que, por lo general, se fijan uno o pocos bancos de materiales, casi siempre semejantes para toda la obra; en caminos, según avanza la obra, los bancos de materiales usualmente van cambiando de naturaleza en los suelos que los componen y es en este caso donde, creo yo, se debe escoger cuidadosamente el tipo de compactadores que permitan la máxima aplicación en su capacidad de compactar diversos suelos económicamente. La configuración del terreno influye notablemente en la selección del tipo de compactador; en caminos de terracerías compensadas en que el área de los terraplenes es reducida, sobre todo en su desplante, conviene pensar en equipo de compactación autopropulsado con transmisiones que permitan avances y retrocesos muy rápidos y con dirección hidráulica.

## COMPACTADOR DE PRESION PLANCHA RIGIDA

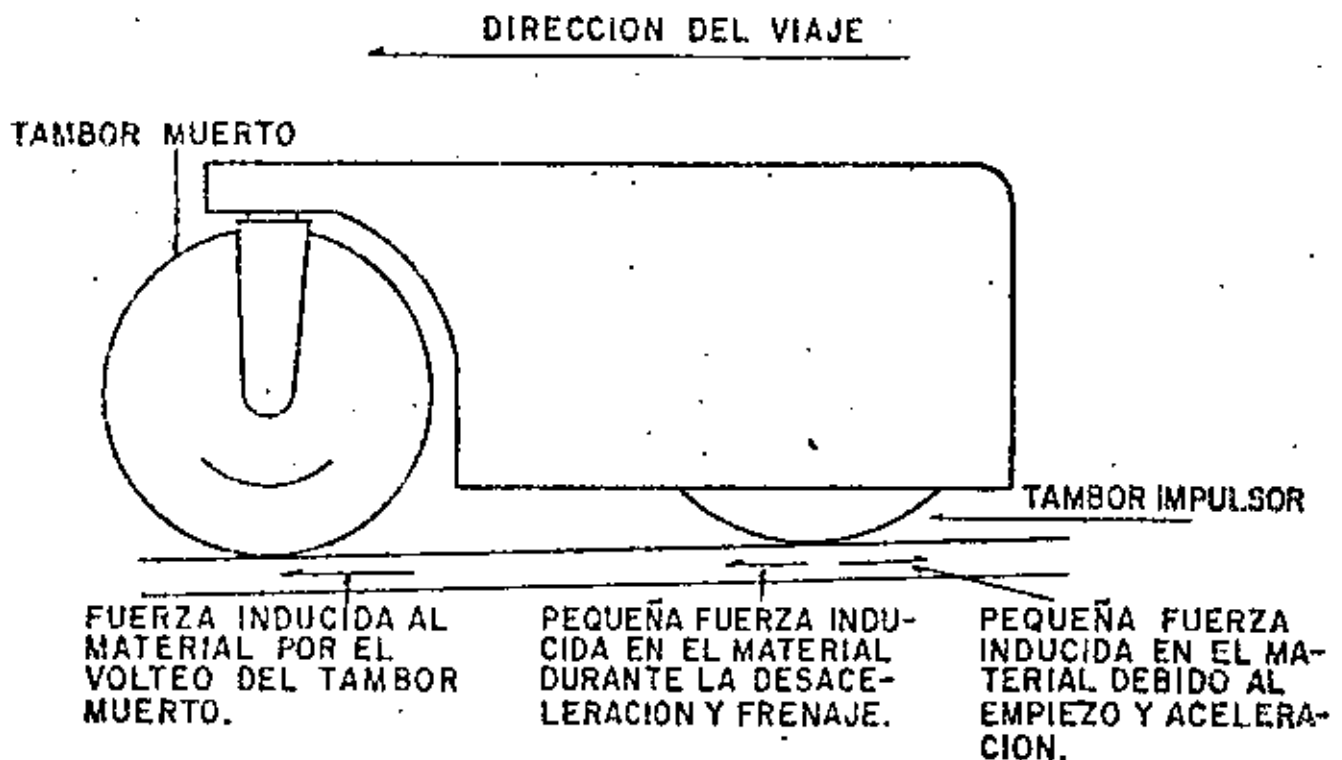


Fig. 1

La compactación se logra en el campo mediante máquinas que aplican cuatro tipos de fuerzas en los suelos: presión, impacto, vibración y manipulación. La presión es producto de una fuerza vertical aplicada por el compactador. Sujeto el material a la fuerza, es comprimido y, por lo tanto, aumenta su densidad. Mientras actúa esta fuerza, el material tiende a desplazarse. Algunos compactadores son más eficientes que otros al prevenir estos desplazamientos. Entre menor sea el desplazamiento del material, mayor será la eficiencia compactiva de la fuerza aplicada. También se nota que al aplicarse la fuerza verticalmente, según avanza el compactador, se forman grietas transversales que van desapareciendo, según se densifica el material, hasta el pun

to en que se igualan las fuerzas compactivas y la capacidad del material para soportarla. (Ver figuras 1, 2 y 3).

La compactación por impacto y vibración se logra a través de una serie de golpes. Habría que considerarlos como dos tipos de fuerzas compactivas -- que están íntimamente ligadas. Generalmente se estima que las fuerzas que se aplican por impacto, están en frecuencias de 50 a 600 golpes por minuto. Los compactadores vibratorios usualmente operan a frecuencias que pueden ir de -- 900 a 2400 vibraciones por minuto. Las fuerzas empleadas son, también, de im pacto, aunque a velocidades mucho más altas.

Las vibraciones son producidas por pesos fuera de centro (excéntricas) -- en una flecha en rotación. La velocidad de giro de la flecha determina la -- frecuencia (número de impactos o vibraciones por minuto). El peso de los ex-- céntricos, su distancia de la flecha y el peso del tambor determina la ampli-- tud (el desplazamiento máximo en una dirección desde la posición de reposo.

Para cada tipo de material se debe estudiar, mediante pruebas en el cam-- po, cual es la mejor relación-velocidad de translación/frecuencia/amplitud pa-- ra que la compactación se logre económicamente y con la calidad exigida. -- (Ver figuras 4, 5, 6, 7 y 8).

Las fuerzas de manipulación o amasado son muy importantes en el arreglo -- o acomodo de las partículas de los suelos para lograr altas densidades. Esta acción de amasado se logra, principalmente, en rodillos tipo pata de cabra o -- de almohadillas que aplican las fuerzas alternadamente a baja o alta presión.

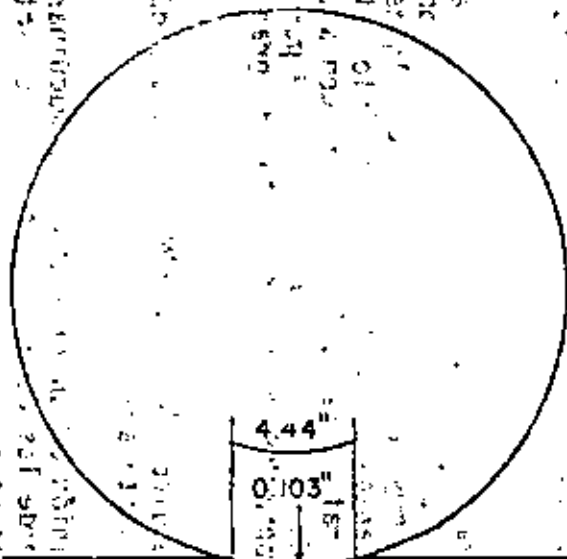
Actualmente, el mercado de equipo para compactación de terracerías ofre-- ce planchas de llantas metálicas, aplanadoras de neumáticos de diversos tama-- ños, tambores pata de cabra, tractores con llantas metálicas segmentadas o de almohadillas, vibradores, etc.

Aunque se pueden emplear en terracerías, vamos a dejar fuera de esta plã -- tica a las planchas de llanta rígida y a las aplanadoras de neumáticos, debi-- do a que en general su rendimiento es muy bajo para trabajos de alguna impor-- tancia. Las planchas metálicas de llantas en tandem o en triciclo, afectan -- un espesor muy pequeño y, en algunos materiales plásticos, tienden a encarpe-- tar la superficie. Las aplanadoras de neumáticos, principalmente por la baja -- velocidad a que deben operarse, no son aplicables en trabajos de gran produc-- ción, como ya dijimos.

Esto nos deja, para escoger el equipo adecuado, un campo más reducido, -- como es el de los compactadores de impacto-amasado y los de vibración.

En la figura 9 se muestra la opinión de un fabricante de maquinaria pesa -- da acerca de los campos de aplicación de los diversos tipos de compactadores -- en el mercado. Mi opinión al respecto es que en general están bien delimita-- dos salvo en el caso de los vibradores y las rejillas a los que creo capaces --

TAMBOR DE 48" Ø x 54" DE ANCHO CARGADO CON 12 000 lbs.



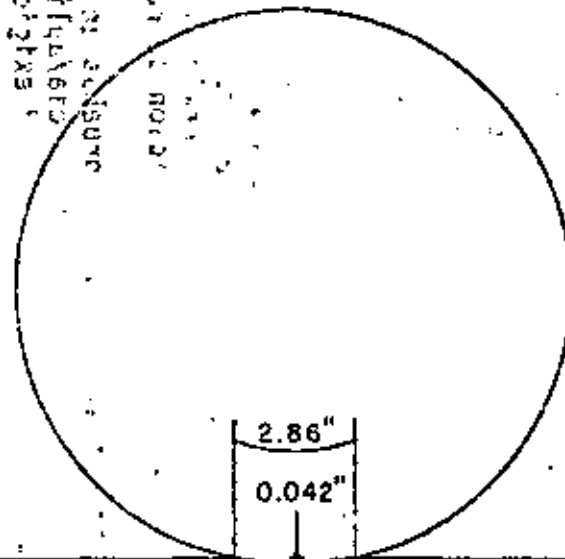
CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA MEZCLA = 50 PSI.

AREA DEL TAMBOR EN CONTACTO CON EL MATERIAL  
 $12,000 \text{ lbs.} \div 50 \text{ PSI} = 240 \text{ pulg}^2$

CIRCUNFERENCIA DEL TAMBOR EN CONTACTO  
 $240 \text{ pulg}^2 \div 54 \text{ pulg.} = 4.44 \text{ pulg.}$

EL TAMBOR DEBE INTRODUCIRSE EN EL MATERIAL 0.103 pulg. PARA OBTENER 4.44 pulg. EN CONTACTO

TAMBOR DE 48" Ø x 54" DE ANCHO CARGADO CON 12 000 lbs.

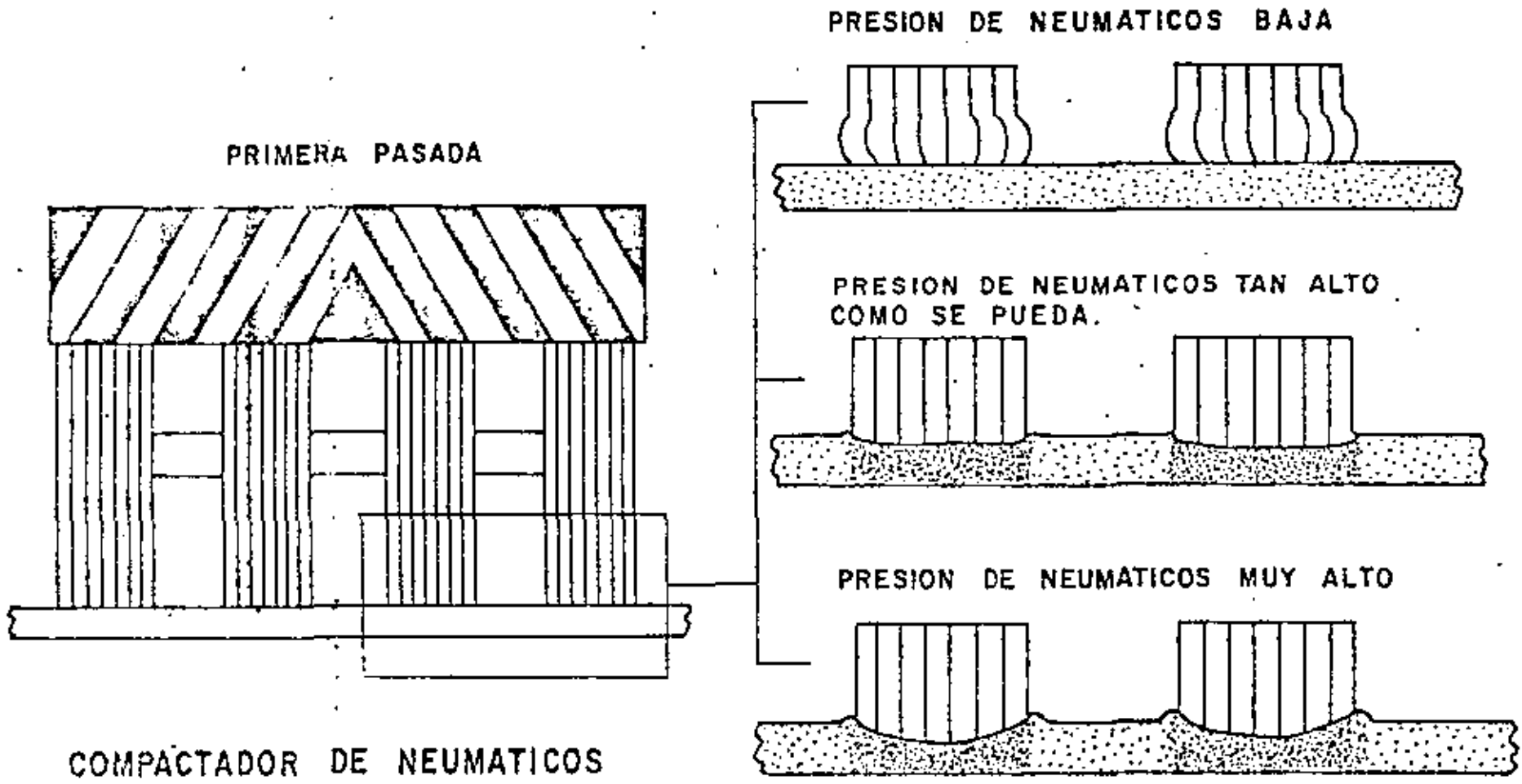


AREA DEL TAMBOR EN CONTACTO CON EL MATERIAL  
 $12,000 \text{ lbs.} \div 50 \text{ PSI} = 240 \text{ pulg}^2$

CIRCUNFERENCIA DEL TAMBOR EN CONTACTO  
 $240 \text{ pulg}^2 \div 84 \text{ pulg.} = 2.86 \text{ pulg.}$

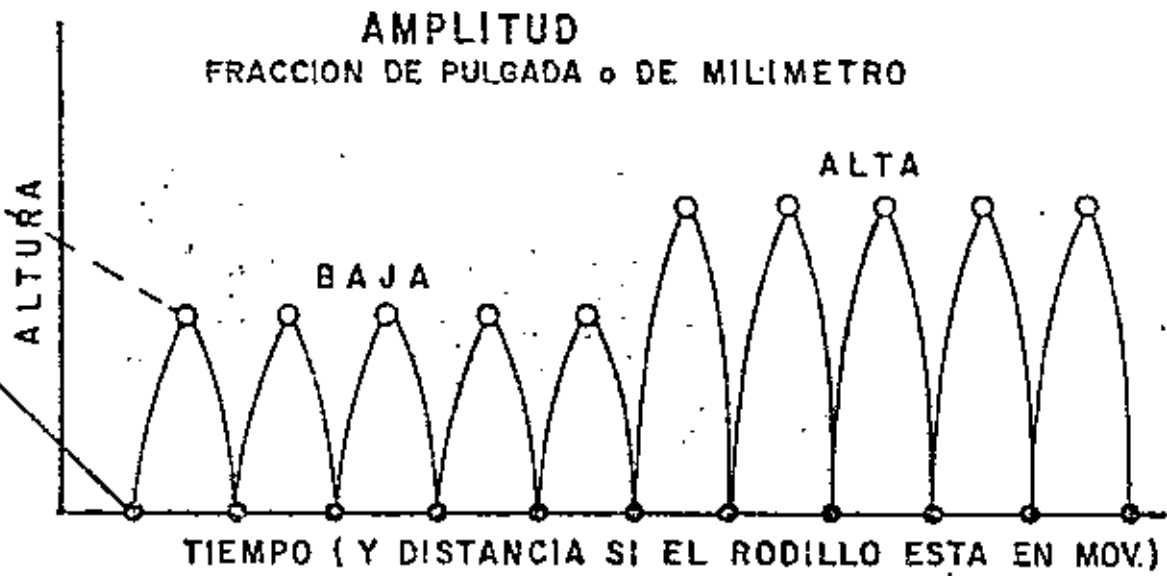
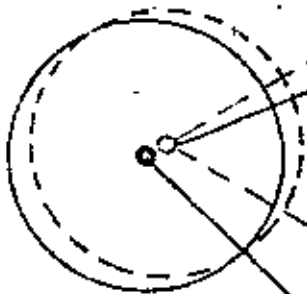
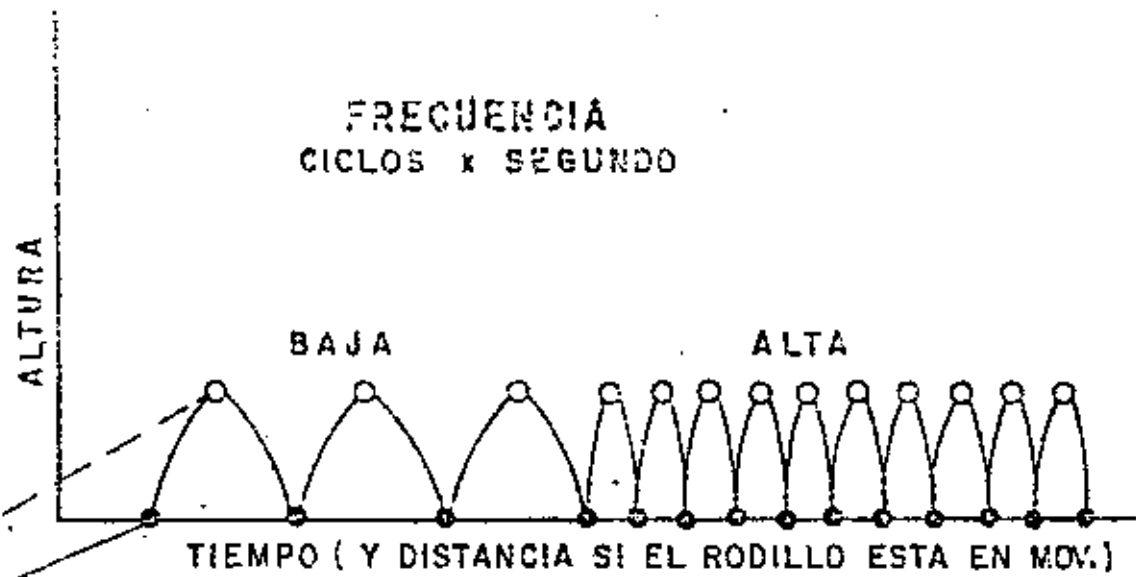
EL TAMBOR DEBE INTRODUCIRSE EN EL MATERIAL 0.042 pulg. PARA OBTENER 2.86 pulg. EN CONTACTO

Fig. 2.



7-

Fig. 3

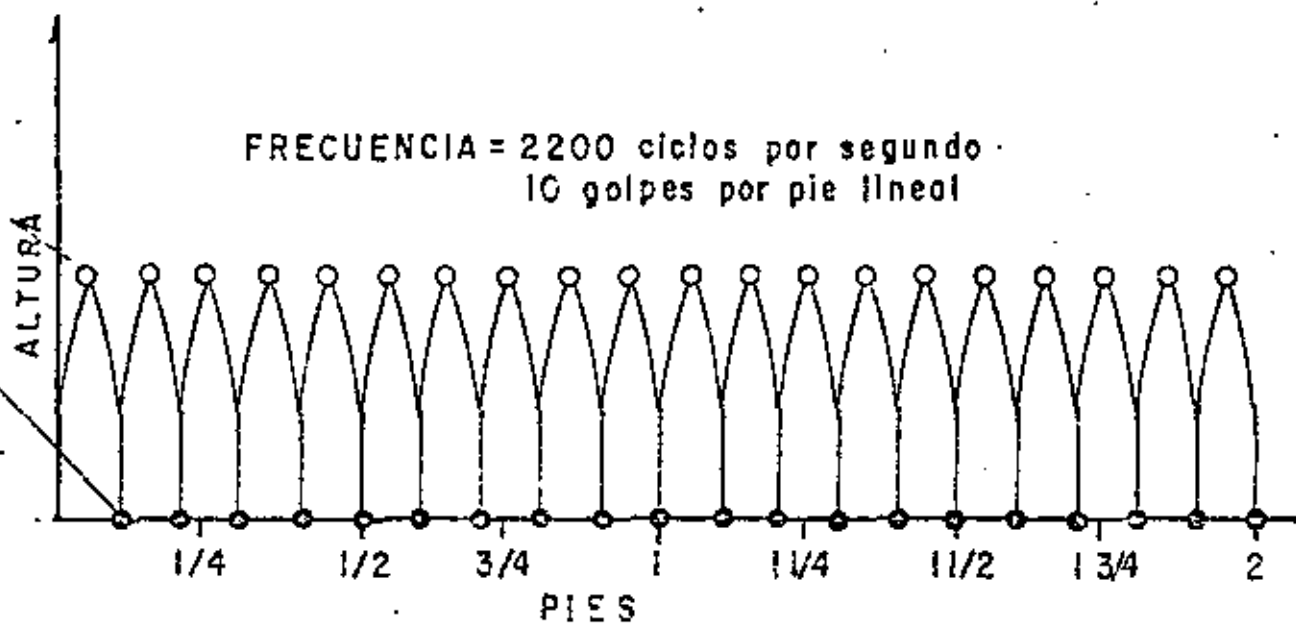
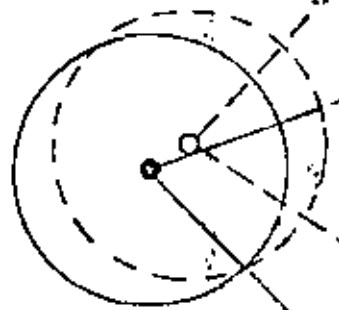
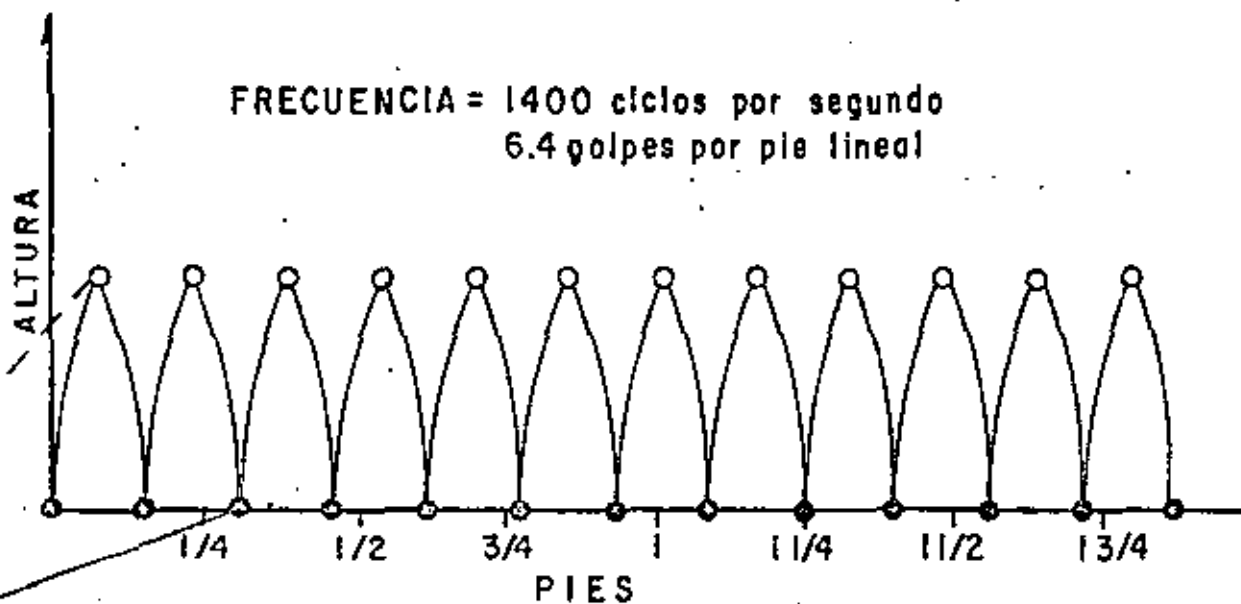


NOTA: EL MOVIMIENTO VERTICAL DEL TAMBOR ES EXAGERADA.

Fig. 4.



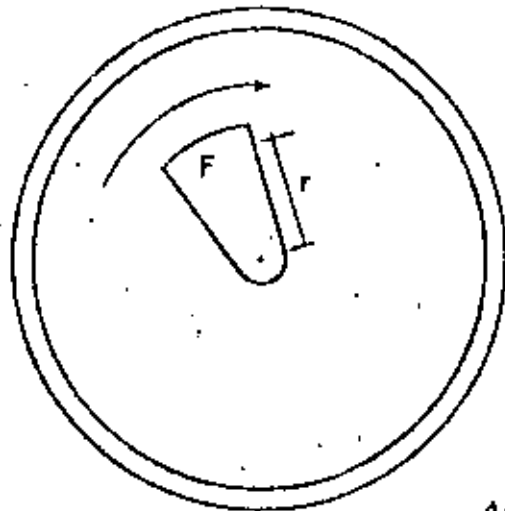
DIRECCION DEL MOVIMIENTO  
VELOCIDAD 2.5 ml/hr.



Figs. 1, 2, 3, 4 y 5.  
FUERON OBTENIDAS DE  
SUPERINTENDENT'S MANUAL  
ON COMPACTION-N.A.P.A.

Fig. 5.

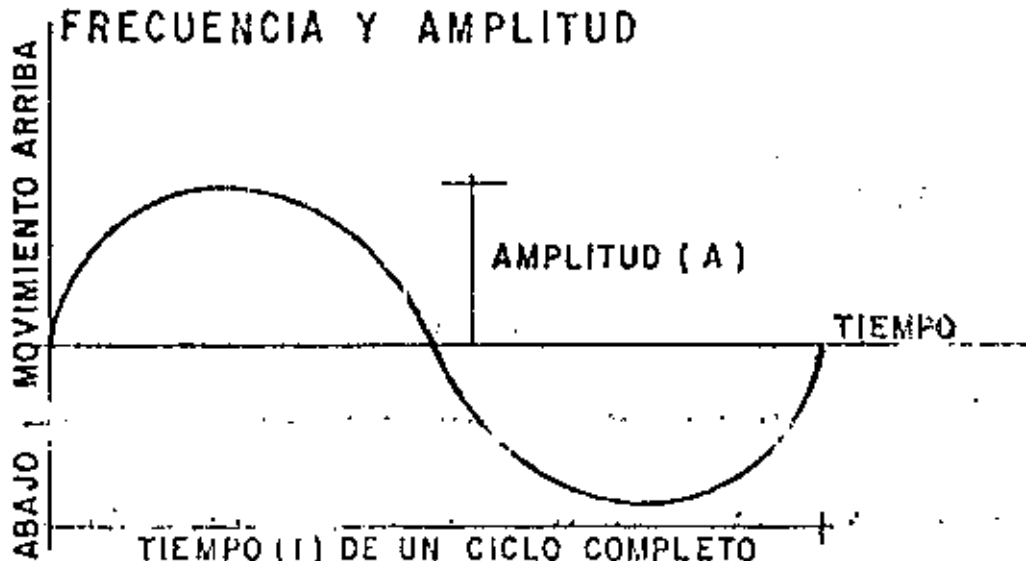
### FUERZA CENTRIFUGA



FUERZA CENTRIFUGA,  $N(lb) = \frac{4\pi^2 f^2 Fr}{g}$

DONDE:

- F = PESO DEL EXCENTRICO, N(lb.)
- r = EXCENTRICIDAD, m(ft)
- Fr = MOMENTO EXCENTRICO, Nm(lb-ft)
- f = FRECUENCIA, Hz (ciclos/s)
- g = ACELERACION DEBIDO A LA GRAVEDAD  
9.81 m/s<sup>2</sup> (32.17 ft/s<sup>2</sup>)



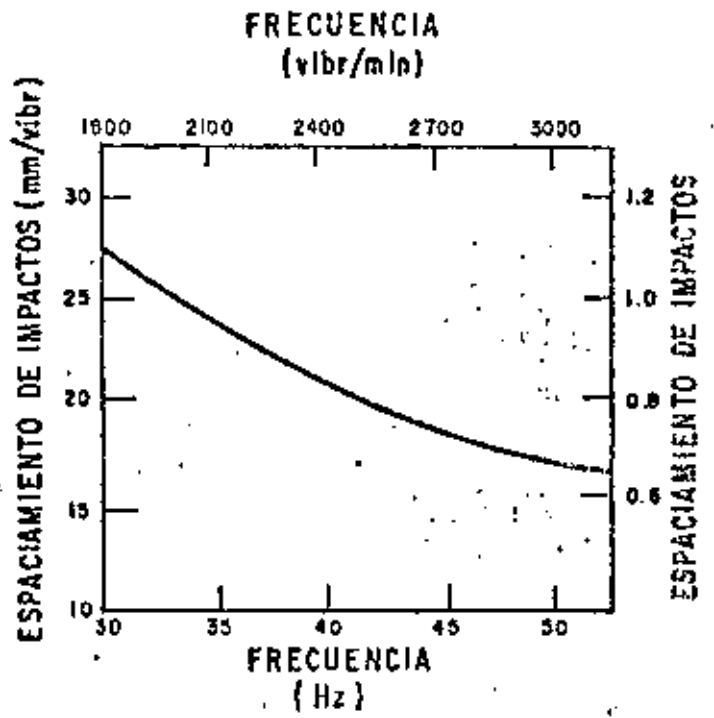
FRECUENCIA = UN CICLO ES UNA SOLA ROTACION COMPLETA DEL PESO EXCENTRICO.  
(f)

FRECUENCIA =  $\frac{1}{t}$  FRECUENCIA ES EL NUMERO DE HERTS (ciclos/s)

AMPLITUD = LA DESVIACION MAXIMA DESDE SU POSICION EN REPOSO, ES LA MITA DEL MOVIMIENTO TOTAL.  
(A)

Fig. 6

EL ESPACIAMIENTO DE LOS IMPACTOS DECRECE CON EL INCREMENTO DE LA FRECUENCIA.  
(velocidad constante del rodillo)



EL ESPACIAMIENTO DE LOS IMPACTOS SE INCREMENTA CON EL INCREMENTO DE LA VELOCIDAD DEL RODILLO.  
(frecuencia de vibración cte)

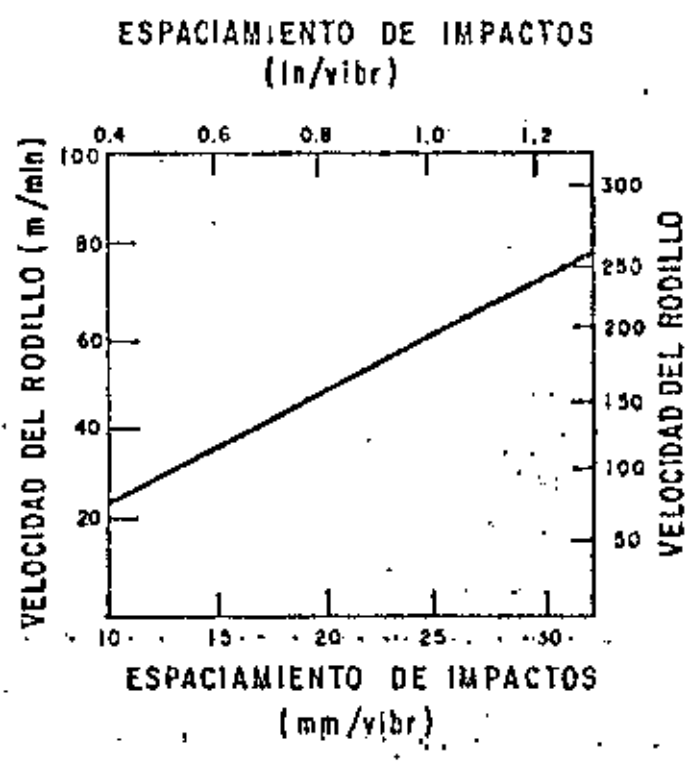
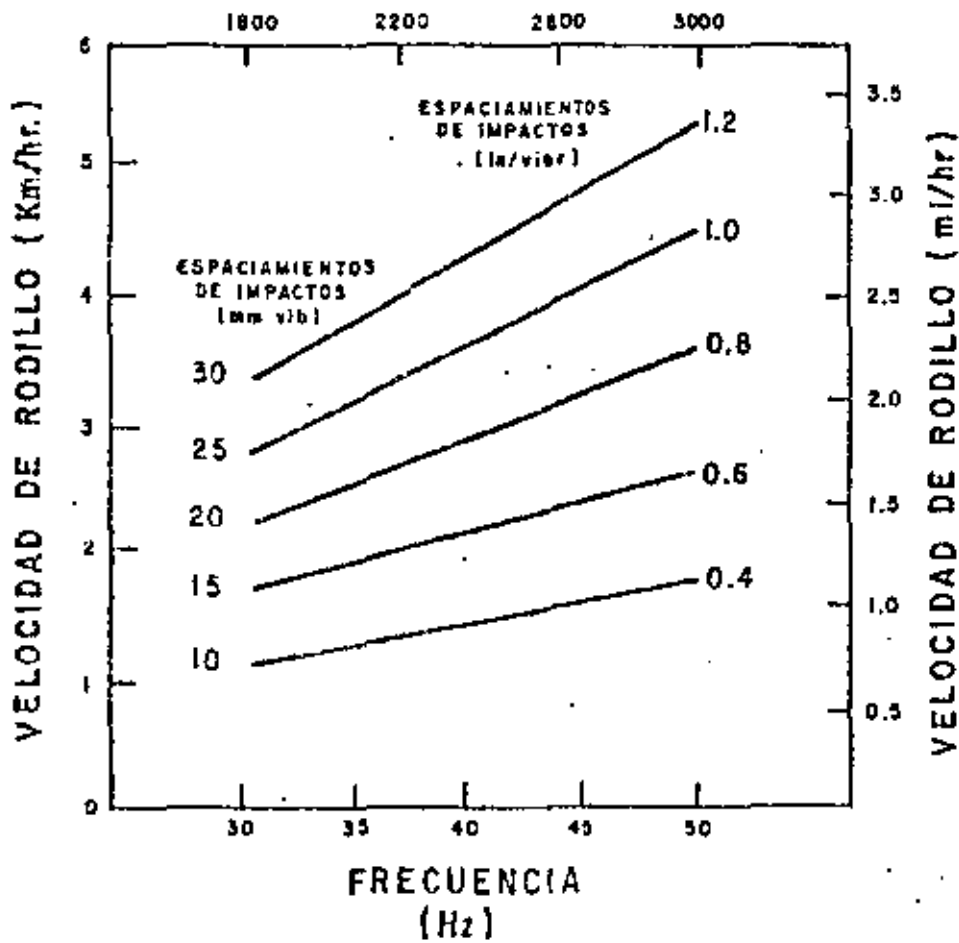


Fig. 7.

FRECUENCIA  
(vibr/min)



VELOCIDADES DE RODILLO PARA VARIAS  
FRECUENCIAS Y ESPACIAMIENTOS DE  
IMPACTOS

Fig.8

Figs. 6, 7 y 8 fueron ob-  
tenidas de:  
Asphalt Pavin Manual-The  
Asphalt Institute, Edition 3

de compactar materiales que están muy cerca de la zona arcillosa. En estos -  
casos se debe pensar cuidadosamente en los factores producción/número de com-  
pactadores.

Los compactadores de impacto-amasado dependen para efectuar un buen tra-  
bajo de su velocidad de translación. Entre más aprisa trabajen aplicarán sus  
patas o almohadillas, sean del dibujo que sean, mayor número de veces por mi-  
nuto.

Estas máquinas son generalmente autopropulsadas logrando velocidades de 30 km/hr a 35 km/hr. Hemos logrado altas producciones en la compactación de materiales del tipo de arenas cementadas con el uso de compactador de reji-llas con peso de 16 Ton, jalado por tractor sobre neumáticos de 250 a 300 HP a velocidades de 25 km/hr a 30 km/hr. Así, también, con el compactador de pisones jalado con equipo similar en materiales más plásticos. Este tipo de equipo tiene la limitación de que necesita, para desarrollar esas velocidades, una zona de tiro del equipo de acarreo muy extendida y de suficiente amplitud para darse vuelta sin perder demasiado su velocidad. Las llantas de los tractores pierden tracción y por lo tanto capacidad para desarrollar la velocidad convenientesi, compactando materiales plásticos, se excede la cantidad de agua, por lo que los riegos deben aplicarse, como ya dije, por personas experimentadas.

Cuando la zona de tiro está muy confinada, digamos en el tipo de caminos angostos de terracerías compensadas, hemos encontrado muy conveniente por su alta producción, los compactadores de pisones autopropulsados, pues la alta velocidad que desarrollan junto con la habilidad para retroceder también a alta velocidad, gracias a su transmisión, le permiten trabajar sin estorbar al equipo de transporte de materiales y a las pipas del agua. La cuchilla de que están dotados también ayuda a eliminar en algunos casos equipo adicional de extendido.

También son muy útiles en los casos en que debemos disgregar los materiales previamente a su compactación. Cualquier tipo de equipo que desmenuce los materiales, esto es, que los disgregue completamente al compactarlos asegura una buena compactación pues la presencia de grumos en los materiales influye en el grado de compactación buscado. (Ver figura 10).

La compactación de suelos mediante vibración se ha popularizado debido a que los fabricantes están ofreciendo equipo autopropulsado muy maniobrable -- que además aplica una fuerza considerable. La frecuencia de vibrado de estas máquinas suele andar entre 1500 y 2400 r.p.m. La densidad del material se logra de abajo hacia arriba pudiéndose compactar capas gruesas, según el material. En suelos de tipo granular son muy eficientes los compactadores vibratorios de rodillos lisos; para materiales plásticos se emplea un rodillo pata de cabra o de pisones, también vibratorio. Este tipo de compactador está dotado de tracción en el tambor que lo hace muy maniobrable en lugares de difícil acceso. Un fabricante Dynapac, ofrece tambores intercambiables dotando a la máquina básica de un rango muy amplio de aplicaciones.

Para tomar una decisión sobre adquisición de equipo es ineludible considerar estas máquinas, pesando cuidadosamente las ventajas que ofrecen y su aprovechamiento en un trabajo determinado.

Las consideraciones que solemos hacer para decidir que máquina compactadora conviene adquirir, se inician por la determinación de producciones espe-

ZONAS DE APLICACION DEL COMPACTADOR

FUERZA DE COMPACTACION

100% ARCILLA

100% ARENA

ROCA

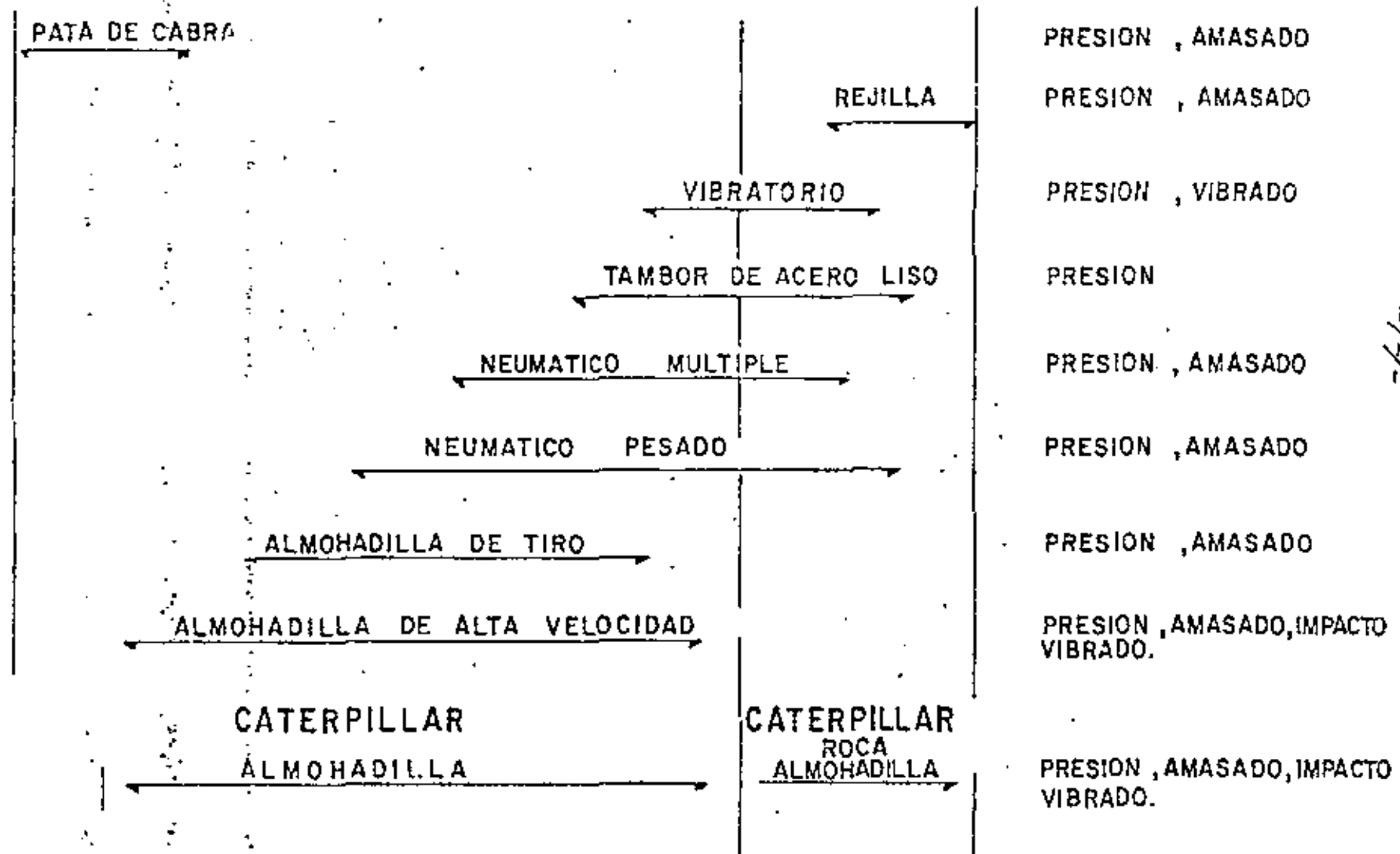


Fig. 9

radas para un trabajo determinado. Del plazo de ejecución depende el número de unidades de carga y acarreo de los materiales que debemos emplear; el número de ellas nos dará la producción diaria y horario, o sea, el volumen de terracerías que estamos obligados a compactar.

## COMPACTADOR DE IMPACTO

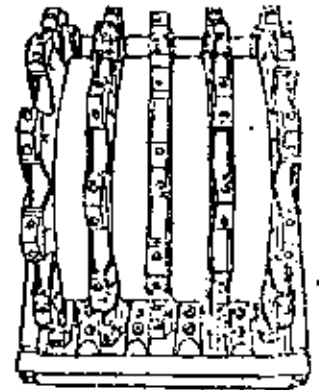
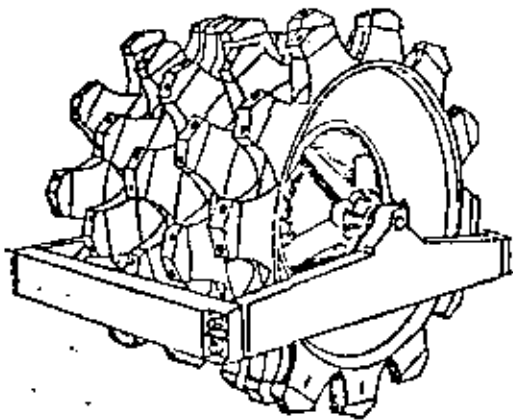


Fig. 10

Fig 10

Catálogo Caterpillar  
del Compactador 815

Desde luego, contamos con la información de los materiales de qué se trata. Con estos datos iniciales determinamos que número de máquinas son capaces de desarrollar el trabajo y qué ayuda de equipo adicional es necesario; para esto es fundamental la experiencia y la observación detallada y prolongada del equipo en cuestión en donde éste se haya empleado. Con los precios de adquisición y otros datos de fabricante y del lugar donde se usarán, se calculan los costos horarios de cada tipo de máquina. El costo comparativo será el que nos indique la relación costo horario rendimiento esperado.

Algunos compactadores tienen, como herramienta auxiliar, una cuchilla topadora para extender, acercar o retirar los materiales en el lugar en que se compactarán; por lo tanto, al efectuar la comparación de costo entre éste y otro que no disponga de cuchilla topadora, debemos agregarle el costo horario de otra máquina, (tractor o motoconformadora), que cumpla con la misma función.

Una de tantas formas de calcular el costo horario de una máquina es la que se muestra a continuación.

Precio de adquisición de la máquina y sus accesorios \_\_\_\_\_

Menos:

Costo total del repuesto de las llantas \_\_\_\_\_

Valor de rescate \_\_\_\_\_

Valor neto de depreciación \_\_\_\_\_

VALOR DE TENENCIA

1.- Depreciación:  $\frac{\text{Valor neto de depreciación}}{\text{Período de depreciación en horas}}$  = \_\_\_\_\_

2.- Intereses y seguro

Tasa anual: Intereses \_\_\_\_\_ %

Seguro \_\_\_\_\_ %

Uso anual supuesto \_\_\_\_\_ hr

$\frac{\text{Factor x precio de adquisición}}{\text{horas/año}}$  = \_\_\_\_\_

Costo de tenencia 1 + 2 = \_\_\_\_\_

COSTO DE OPERACION

3.- Combustible:



Consumo horario \_\_\_\_\_ lt x costo unitario \$ \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

4.- Lubricantes, grasas y filtros:

Motor: consumo horario \_\_\_\_\_ lt x costo unitario \$ \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_

Transmisión: " " " " " = \_\_\_\_\_

Mandos: " " " " " = \_\_\_\_\_

Hidráulico: " " " " " = \_\_\_\_\_

Grasa: " " " " " = \_\_\_\_\_

Filtros: " " " " " = \_\_\_\_\_

Lubricantes, filtros y grasas (subtotal) = \_\_\_\_\_

5.- Llantas:

$\frac{\text{Costo del repuesto de llantas}}{\text{horas de vida de las llantas}}$  = \_\_\_\_\_

6.- Reparaciones:

$\frac{\text{Factor de reparación x precio de adquisición menos llantas}}{\text{Período de depreciación}}$  = \_\_\_\_\_

7.- Conceptos especiales = \_\_\_\_\_

8.- Salarios de operación (horario) = \_\_\_\_\_

9.- Fletes y varios (horario) = \_\_\_\_\_

Costo de operación (3 a 9) = \_\_\_\_\_

COSTO DE LA HORA MAQUINA = \_\_\_\_\_

De la comparación de los costos probables que arrojan estos cálculos, al menor de ellos debe sujetársele a otras consideraciones. Una de ellas es su

transportabilidad, rápida y económica pues no debemos olvidar que se cambiará continuamente de lugar de trabajo. Otra, muy importante y en algunos casos decisiva, es la capacidad del fabricante a través de su representante de proporcionar servicio y refacciones. La disponibilidad de la máquina es vital para la ejecución de los trabajos económicamente y dentro de los plazos estipulados y para esto es fundamental contar con los repuestos de las piezas que se desgasten. Se alina aún más el cuadro general tomando en cuenta factores como inversión y financiamiento.

La decisión final es el resultado de las consideraciones que se han mencionado, aunque hay otra muy importante que es el número de máquinas que se deben adquirir, esto es, una sola capaz de ejecutar el trabajo programado o bien dos o más que juntas produzcan lo mismo. Tomando en cuenta la cuantía de los trabajos que usualmente se ofrecen en la construcción de caminos, vale la pena pensar en la flexibilidad que proporciona el contar con máquinas más chicas que separadas nos pueden permitir la posibilidad de llevar a cabo en el futuro trabajos diferentes más pequeños, económicamente.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de Ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

TRANSPORTACION, COLOCACION Y COMPACTACION  
DE MEZCLAS ASFALTICAS

ING. ROBERTO PASQUEL LUJAN  
AGOSTO, 1979



## "TRANSPORTACION, COLOCACION Y COMPACTACION DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE".

Durante esta plática analizaremos la transportación, colocación y compactación de la mezcla asfáltica producida en planta, sin perder de vista que estas etapas son parte de un todo que abarca desde la obtención de los componentes de la mezcla hasta la entrega final del trabajo, y que el funcionamiento económico de cualquiera de ellas depende de una administración general eficiente.

El ciclo de la transportación se inicia en la planta asfáltica, con la carga de la mezcla y con una duración que depende de:

1. La capacidad de la planta.
2. El grado de humedad de los materiales pétreos.
3. El tiempo de mezclado.
4. La capacidad de la unidad de transporte.

Puede haber otros factores que influyan en el tiempo de carga de los camiones, como fallas en el suministro de algún material a la planta, pero no los consideraremos en esta discusión. Por lo general, para un trabajo determinado, el tiempo de carga es constante; la única forma de disminuir ese tiempo, en tales condiciones, es mediante el uso de silos para almacenar la mezcla.

El empleo de sistemas para el almacenamiento de la mezcla asfáltica mejora la eficiencia de la transportación, puesto que, disminuyendo el tiempo de carga reduce el número de camiones necesarios para una producción determinada. También mejora la producción diaria de la planta al no estar sujeta, para su operación continua, a la disponibilidad de camiones.

El tiempo de descarga de la mezcla en la extendidora es constante, de aproximadamente dos minutos; puede abatirse este tiempo, aunque muy poco, mediante el uso de un dispositivo dentro del cual descarga el camión y, al avanzar éste, forma un camellón frente a la extendidora.

En lo que más influye el acamellonador es en abrir el tiempo de espera para descarga de los camiones, cuando se juntan dos o más, frente a la extendidora. Más adelante veremos la influencia de este dispositivo en la calidad de la carpeta terminada.

Completa el ciclo de transportación de la mezcla, el acarreo de la planta a la extendidora; esto es, el viaje del camión cargado y su retorno vacío. Este elemento del ciclo siempre es variable y depende de muchos factores, entre ellos:

1. La velocidad máxima permitida.
2. La densidad de tránsito.
3. Obstáculos, semáforos, desviaciones, etc.
4. El grado de las pendientes y el estado del camino.

Tenemos ya los tiempos que intervienen en el cálculo del ciclo y que determinan el número de camiones que vamos a emplear. La experiencia nos obliga a considerar otro factor: los tiempos de espera o demoras, pues tienen una muy significativa influencia en la eficiencia global del trabajo.

Las demoras pueden ser: internas, o sea aquellas que ocurren, dentro del sistema global de la producción, ocasionando que alguna unidad tenga que esperar a otra para completar su ciclo, y externas: aquellas que son provocadas por causas ajenas al sistema de producción.

Son las demoras, internas y externas, las responsables de que el ciclo de transportación sea tan variable, además, si no es por la experiencia de muchos trabajos, no hay forma de suponer su duración. El objetivo, por lo tanto, debe ser la minimización de las demoras internas mediante, como dijimos antes, de la administración eficiente del sistema.

Consideremos ahora la capacidad que deben tener los camiones. Se ha demostrado, mediante observaciones en diferentes trabajos (Systems Analysis of Storage, Hauling and Discharge of Hot Asphalt Paving Mixtures, NAPA-Texas A & M University), que:

1. La mayor economía se logra usando, para la transportación de la mezcla, las unidades de mayor capacidad que sea posible, desde plantas también de gran capacidad (600 Ton/hr). Aún en plantas de 200 - - Ton/hr se observaron los mayores rendimientos en los camiones grandes. Los camiones comparados fueron de 7.5 Ton, 15 Ton y 22.5 Ton. (toneladas de 2000 lb). Las distancias de los acarreos fueron de 1.0, 7.5 y 22.5 millas.

2. La relación: peso de la unidad/H.P., es determinante; al camión más eficiente, le corresponde el menor valor.
3. Se logra la mayor eficiencia y por lo tanto la máxima economía, manteniendo en equilibrio las producciones de la planta y de la extendidora con el número adecuado de camiones.

Para nuestro medio, estamos obligados a considerar algunas limitaciones en cuanto a la capacidad de los camiones. Los muy grandes necesitan también áreas grandes para efectuar las maniobras que requiere el trabajo, tales como: vueltas, retrocesos, acomodos, etc.; el ancho promedio de los caminos nacionales no permite el aprovechamiento eficiente de este tipo de unidades.

Con lo que hemos visto hasta ahora, podemos determinar tanto el número de unidades de acarreo, como decidir sobre la capacidad más conveniente de los camiones que necesitamos.

Lo anterior debemos aplicarlo aún cuando se alquilen camiones para efectuar el trabajo porque, como ya vimos, la eficiencia del sistema es muy sensible a estos factores.

Con camiones propios o alquilados, conviene que el personal que los opera obedezca algunas reglas o recomendaciones.

1. Ante todo, deben obedecer las indicaciones del personal que administra, tanto la planta como la extendidora; es en ésta, o sea en la descarga de la mezcla, donde el chofer contribuye a que se obtenga una buena calidad.
2. Para evitar fallas y demoras, deben conservar sus camiones en perfectas condiciones mecánicas, tanto por el costo de la carga como por la temperatura que debe tener la mezcla al extenderse.
3. Se acostumbra, después de limpiar la caja, embarrarle un poco de diesel para que la mezcla no se pegue y fluya mejor; después de hacerlo se levanta la caja para que escurra el excedente.

Al analizar la operación de extendido veremos otras recomendaciones, para el personal, con más detalle.

El extendido de la mezcla asfáltica se lleva a cabo con una máquina extendidora-pavimentadora. Consiste ésta de dos partes principales: una es la parte tractiva y la otra es una plancha flotante. La unidad tractiva proporciona la fuerza motriz a través de bandas de orugas o de neumáticos que ruedan sobre la base; ésta unidad incluye: la tolva receptora, los tornillos distribuidores de la mezcla al motor, transmisiones, dos centros de control y el sitio para el operador. La plancha maestra es jalada por la unidad tractiva.

va y consiste de: la placa maestra, vibradores o barra compactadora, controles para variar el espesor de tendido, controles para variar la pendiente transversal y los calentadores de la placa. A cada lado de la plancha maestra tiene un largo brazo que la conectan con la unidad tractiva con un centro pivote cada uno en el punto de unión. Este mecanismo le permite, a la plancha maestra, flotar sobre la mezcla mientras se tiende. La plancha, al recibir la mezcla que reparten los tornillos, la extiende y le aplica una compactación inicial mediante una barra o de vibradores. Al avanzar la unidad de tracción, jala la plancha hacia la mezcla haciendo que la superficie inferior viaje en una dirección paralela al avance de la máquina. La plancha mantendrá este nivel hasta que se cambie el ajuste de los controles correspondientes. La plancha niveladora maestra continuamente mantiene en equilibrio las fuerzas que actúan sobre ella, por lo que es importante mantener un ajuste adecuado en los mecanismos que le envían la mezcla:

1. Los transportadores de la tolva a los tornillos deben trabajar uniformemente.
2. Las compuertas que regulan el flujo de mezcla deben ajustarse convenientemente.
3. Se debe conservar un nivel de mezcla uniforme frente a la plancha para que los tornillos lleven la cantidad justa de mezcla. La regla práctica para esto es que el tornillo esté cubierto de mezcla hasta las dos terceras partes de su altura.
4. No deben moverse excesivamente los controles del espesor.

La operación de extendido propiamente se inició con la colocación en su lugar de la extendidora sobre tacones de madera, de altura igual al espesor suelto que se va a extender; se coloca la plancha maestra y se ajustan los controles para que se mantenga ese nivel. Al avanzar la máquina se revisa el espesor mediante un escantillón. Esta revisión se hace continuamente para modificar la posición de la plancha, si acaso el espesor es mayor o menor que el deseado. Sin embargo, se debe considerar que al girar el control para corregir el espesor, el resultado se logra al haber avanzado la plancha de 20 a 30 metros. Estos controles solamente los debe mover o mandar el sobrestante o cabo del extendido, pues la uniformidad de la superficie terminada es efectuada, como ya se dijo, por el abuso del ajuste continuo de los controles.

Desde hace algunos años se emplean sistemas eléctricos o electrónicos para conservar o mantener la plancha maestra en un nivel de rasante determinado. Su empleo ofrece muchas ventajas en cuanto a la uniformidad de la superficie de rodamiento. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que este sistema, al mantener un nivel fijo, obliga a emplear mayor cantidad de mezcla, dependiendo de la uniformidad de la superficie de la base sobre la que se está extendiendo. Esto se debe a que, por lo general, se solicita un espesor mínimo y al -



respetarse éste, la extendedora llena las depresiones que existan en la base. - Para la cuantificación de la cantidad de mezcla que se empleó en un trabajo, - lo mejor es llevar la cuenta del número de pesadas en el caso de plantas de pesadas, o pesar los camiones en el caso de plantas continuas, para que, conociendo el peso total de la mezcla empleado sea fácil su conversión a unidades de volumen para su pago.

Usando un sistema u otro para el extendido, conviene seguir algunas recomendaciones generales:

- 1.- Observar continuamente, para su corrección inmediata, si existen segregaciones en los materiales.
- 2.- Observar también el aspecto de la mezcla para detectar posibles cambios en la cantidad de asfalto en ella. El color de la mezcla debe ser uniforme.
- 3.- Se debe llevar un registro de las temperaturas a que llega la mezcla, de cada uno de los camiones, revisando que esté dentro de los límites especificados.

La calidad de un trabajo, en que se empleó carpeta de mezcla asfáltica -- elaborada en planta, lo califica el usuario; generalmente, lo hace por la frecuencia con que se siente o escucha golpes de las llantas de su coche con cada borde transversal. Estos bordes (que pueden estar dentro de tolerancia), se pueden y deben evitar. Para hacerlo, se deben eliminar interrupciones en la llegada de los camiones, pues la espera de la extendedora enfría la mezcla que queda bajo su plancha maestra, obstruyendo la uniformidad del extendido. Además, como ya vimos, tampoco se deben poner camiones en exceso; por lo que, lo mejor es trabajar la extendedora a una velocidad ligeramente mayor que la capacidad de la planta convertida en metros/minuto. Por ejemplo, una planta de 90 toneladas/hora de capacidad establecería la velocidad de la extendedora; suponiendo 5 cm de espesor, 3.60 m de anchura de extendido y el peso de la mezcla de 2.3 Ton/m<sup>3</sup>.

El peso de un metro de carpeta es:

$$3.60 \text{ m} \times 0.05 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 2.3 \text{ Ton/m}^3 = 0.414 \text{ Ton/m.}$$

La planta produce 1.4 Ton/minuto.

La velocidad de extendido debe ser un poco mayor de:

$$\frac{1.5 \text{ Ton/min}}{0.414 \text{ Ton/min}} = 3.6 \text{ m/min}$$

Esta velocidad le permite trabajar continuamente a la extendedora, evitándose los bordillos.

La mejor forma de controlar la continuidad del extendido, es mediante el empleo de un acamellonador y de un levantador de mezcla. El acamellonador es un mecanismo que, mediante ganchos, se pega al camión de volteo. Es una caja de lámina de acero con una puerta ajustable en la que vierte su carga el camión. Al avanzar éste, la puerta (previamente ajustada para que deje pasar la cantidad de mezcla que exactamente vamos a usar), va formando un camellón frente a la extendedora. Frente a ésta se instala un levantador de espas o cangilones que coge la mezcla del camellón y la deposita en la tolva de la extendedora. Las demás operaciones se llevan a cabo de igual forma.

Cuando se emplea el sistema de descarga directa de los camiones en la tolva de la extendedora, adquiere mucha importancia la disciplina de los choferes y la experiencia del checador o acomodador, a quién siempre deben obedecer aquellos. Se evitan defectos en el extendido observando estas recomendaciones:

- 1.- El camión debe detenerse antes de tocar a la extendedora.
- 2.- Es ésta la que, al avanzar, hace contacto con las llantas del camión, (ambas rodadas a la vez).
- 3.- A una señal del acomodador, el chofer levanta la caja justamente a la altura que se señale.
- 4.- La transmisión del camión debe estar en neutral y el pie del chofer, oprimiendo muy ligeramente el freno para evitar que se separen las llantas de los rodillos empujadores; la extendedora siempre empujará al camión.
- 5.- Solamente en casos de subidas en que la extendedora necesite ayuda, el camión usará tracción propia, cuidadosamente.
- 6.- Terminada la descarga, a una señal del acomodador, debe retirarse inmediatamente el camión.

El personal experimentado y la disciplina de todos los que intervienen en el manejo del sistema, son factores principales en la entrega de una carpeta de óptima calidad.

La única alternativa, para seleccionar el equipo de extendido, es entre el tipo de tracción mediante orugas o mediante neumáticos, pues como ya vimos, en cuanto a su capacidad, está determinada por el tamaño de la planta. Ambos sistemas ofrecen ventajas; la decisión, yo creo, están en la rapidez de movi-

lidad que se necesite, no para un trabajo en sí, sino para la actividad a que se vaya a dedicar el equipo en un plazo largo. En cuanto al fabricante, todos ofrecen un producto de buena calidad; en este caso es determinante la capacidad de sus representantes para resolver problemas de suministro de refacciones y servicio de mantenimiento.

La compactación de mezclas asfálticas se logra fácilmente cuando se lleve a cabo a la temperatura adecuada, ésta debe iniciarse tan pronto como sea posible después de extendida la mezcla. El espesor de la carpeta influye en el grado de dificultad que encontremos para compactarla; entre más delgado sea el espesor, más pronto pierde temperatura y por lo tanto el rodillado debe efectuarse inmediatamente después del extendido. En cambio, si el espesor es de 7 cm o más, la pérdida de temperatura es más tardada, proporcionando mayor tiempo para compactar. También en el número de máquinas que se requieren para compactar la mezcla, interviene el espesor de la carpeta pues, entre más delgado sea éste, mayor es el avance longitudinal de la extendidora. Como la velocidad de los compactadores es limitada, necesariamente hacen falta en mayor número.

El equipo que tradicionalmente se emplea para la compactación de la mezcla es:

- 1.- La plancha metálica de tres llantas lastrables, con peso de 10 a 14 toneladas.
- 2.- El compactador autopropulsado de nueve u once llantas neumáticas de peso variable. Algunos fabricantes ofrecen de hasta 30 toneladas.
- 3.- Planchas de dos y de tres ejes en tandem, su peso varía de 6 a 20 toneladas según el tamaño que se escoja.

Para cualquier trabajo, es conveniente que cuando menos se usen dos máquinas compactadoras.

La operación de compactación se puede dividir en tres fases:

- 1.- El planchado inicial. Se puede usar para esta fase la plancha de dos ejes en tandem, pero da mejores resultados la de tres llantas, manejado con las ruedas motrices hacia adelante, o sea, en el sentido del avance de la extendidora. El mayor peso en las llantas motrices y su gran diámetro incrustan la mezcla hacia abajo sin desplazarla. Durante esta fase se debe lograr casi totalmente la compactación. Se aplica el patrón de planchado más conveniente, según el ancho del equipo disponible procurando siempre cubrir la superficie extendida lo más uniformemente posible.

- 2.- El planchado intermedio. Esta segunda fase se efectúa lo más cerca-  
namente que sea posible a la primera, mientras la mezcla asfáltica -  
mantiene algo de su plasticidad y temperatura. Aquí se emplean las  
aplanadoras autopropulsadas de neumáticos, pues proporcionan la com-  
pactación muy uniformemente; tienen la tendencia a "cerrar" la super-  
ficie y, por lo tanto, contribuyen a la impermeabilidad de la carpe-  
ta y acomodan las partículas de los agregados por lo que aumentan la  
estabilidad. En realidad, esta fase no incrementa notablemente la -  
densidad lograda por la plancha metálica, pero aporta seguridad con-  
tra deformaciones bajo condiciones severas de tránsito.
- 3.- El planchado final. Su única finalidad consiste en borrar las hue-  
llas del equipo que trabajó en las fases uno y dos. En ésta se em-  
plean planchas de ejes en tandem.

Hace algunos años se empezó a aplicar, para compactar mezclas asfálticas,  
el equipo autopropulsado vibratorio, sobre todo el que está dotado de algún -  
mecanismo que disminuye la amplitud de la vibración para reducir la fuerza --  
aplicada sin variar la frecuencia. Esto proporciona la posibilidad de efec-  
tuar las tres fases de compactación en una sola. Cada mezcla es, en algo, --  
única y diferente a las demás, por lo que es necesario determinar en cada ca-  
so la forma o patrón de compactación, mediante vibradores. Estos pueden ser  
de un tambor liso metálico propulsado por llantas neumáticas o de dos tambores  
o rodillos con tracción en ambos.

Nosotros hemos empleado compactadores vibratorios Dynapac CA25A para com-  
pactar mezclas asfálticas, obteniendo resultados que consideramos satisfacto-  
rios, porque hemos logrado, en casi todos los casos, sustituir dos o más má-  
quinas con un solo vibrador. La secuencia de compactación que generalmente em-  
pleamos es la siguiente:

- 1.- Una pasada, a todo lo ancho, sin vibración. Esta se efectúa inmedia-  
tamente después del extendido en carpetas delgadas de hasta 5 cm. -  
En carpetas más gruesas hay que esperar un poco, sin que se pueda es-  
tablecer una receta, tal vez 60 metros atrás de la extendidora.
- 2.- Inmediatamente después, se inicia la vibración de 2400 r.p.m. en ba-  
ja amplitud. Aquí es muy importante determinar la velocidad lineal  
del compactador. Debe ser tal que no provoque grietas ni bordes, o  
sea, ni tan despacio que estemos aplicando demasiados golpes muy cer-  
canos unos a otros, ni tan de prisa que espaciemos demasiado la apli-  
cación de la fuerza provocando grietas. También ésta es una determi-  
nación práctica, producto de varias pruebas que hacemos al iniciar -  
un trabajo. Por lo general, es suficiente con dos pasadas a todo lo  
ancho y otra en alta amplitud para obtener el grado de compactación  
deseado.

- 3.- Si acaso es necesario, se retrasa el compactador para borrar alguna huella y dar el acabado final. En algunos trabajos nos hemos visto precisados a emplear, para esta fase final, un compactador de neumáticos, autopropulsados de 9 llantas.

La compactación por vibración puede ser efectiva aun estando la mezcla a una temperatura tan baja que sería inoperante el equipo de tipo estático, lo que permite emplear durante más tiempo el equipo y, por lo tanto, usar menos máquinas.

En cuanto a la elección del equipo, es muy conveniente, antes de tomar -- una decisión, observar detenidamente los compactadores vibratorios porque, tomando en cuenta la administración eficiente del conjunto, la máxima economía se logra, generalmente, empleando el menor número posible de máquinas; naturalmente, teniendo a la vista el resultado final que es la construcción de carpetas de alta calidad.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

SUB-BASES Y BASES

ING. ALFREDO GUERRA GUAJARDO  
AGOSTO, 1979





## SUBBASES Y BASES.

Definimos como subbase y base a las capas sucesivas de material seleccionado que se construyen sobre la subrasante, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas de manera que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

Nuestro objetivo será señalar el procedimiento de construcción más apropiado en nuestro país, para la elaboración, transportación, tendido, afina- -- miento y compactación de subbases y bases.

Desde el punto de vista de procedimientos de construcción, es indistinto referirse a la subbase o a la base, pues los procedimientos para construir -- una y otra son los mismos.

En México, las subbases y bases se construyen, en general, con un mate -- rial seleccionado mezclado con: cemento natural y agua, cemento y agua, cal y agua, emulsión asfáltica, o asfalto fluxuado. Las más usuales son las cons -- truidas con un material seleccionado mezclado con cementante natural y agua, -- y aquéllas en las que el material seleccionado se mezcla con emulsión asfálti -- ca.

Algunas veces, los pavimentos se diseñan con una capa de concreto asfál -- tico elaborada en planta estacionaria, a la que se llama base por construirse a todo lo ancho de la corona y por no usarse como superficie de rodamiento. -- No nos referirémos a este caso especial porque su estudio corresponde al capí -- tulo de carpetas asfálticas elaboradas en planta estacionaria.

### I.- OBTENCION Y TRATAMIENTO DE LOS INGREDIENTE PETREOS.

En nuestro país, los materiales pétreos para subbase y base se obtienen: en forma natural, por disgregado, por cribado, o por trituración y cribado. -- Los procesos para la obtención y el tratamiento de los ingredientes pétreos -- no serán objeto de este estudio; sin embargo, sólo deseo insistir que para el caso de trituración el equipo que en la mayoría de los casos es el más conve -- niente, debe constar de conos y no de rodillos como anteriormente se venía -- usando en forma casi generalizada en el país.

### II.- ELABORACION DE SUBBASE Y BASE.

La planta mezcladora de subbase y base constituye la herramienta más -- apropiada para realizar el mezclado de los materiales. A pesar de lo anterior, en México este mezclado todavía se hace, en la mayoría de los casos, utilizan -- do motoconformadora.

Todos los tipos de subbase y base, exceptuando el que se construye con un material seleccionado mezclado con asfalto fluxuado, es muy conveniente -- procesarlos en plantas mezcladoras de subbase y base.

Estas plantas mezcladoras son del tipo volumétrico y constan de lo siguiente: alimentador(es), desgrumador de cementante, unidad mezcladora de una o dos flechas, bomba de agua de gasto variable y/o bomba de emulsión asfáltica también de gasto variable.

En realidad el procedimiento consiste en:

- 1.- Proporcionar por medio de alimentadores, cada uno de los materiales y, por medio de bombas, el agua o la emulsión asfáltica.
- 2.- Reunir en una tolva, una vez dosificados, los materiales y el agua o, si tal es el caso, la emulsión asfáltica.
- 3.- Mezclar y homogeneizar los ingredientes utilizando flechas provistas de paletas.

La decisión más importante, después de haber determinado la capacidad de la planta mezcladora por adquirir, es la selección del tipo de alimentador(es). Exceptuando la alimentación de cemento y cal, que siempre debe hacerse con -- tornillos sinfín, en una planta mezcladora se puede considerar la utilización de cualquiera de los tres tipos de alimentador que se mencionan a continuación:

- 1.- Alimentador de banda de velocidad variable (el más exacto de los -- tres), utilizado para alimentar materiales finos o muy finos en volumen de regular cuantía. El flujo de material se regula por medio de ajuste de la compuerta de entrada y/o por medio de la velocidad de la banda.
- 2.- Alimentador de mandil (el de más alto costo de los tres), utilizable donde se requiera soportar cargas por impacto y donde sea necesario alimentar materiales gruesos y abrasivos en volumen de gran cuantía. El flujo de material se regula por medio de ajuste de la compuerta de entrada.
- 3.- Alimentador de plato reciprocante (el de más bajo costo de los tres), utilizable para alimentar materiales húmedos de todos tamaños en volúmenes que pueden ser de gran cuantía. El flujo se regula por medio de ajuste de la compuerta de entrada y/o por medio de la mayor o menor longitud del brazo del excéntrico y/o por medio de la velocidad.

Podría ser que para un mismo caso hubiera la posibilidad de escoger más de un tipo de alimentador.

La construcción de subbase y base con planta mezcladora, tiene las siguientes ventajas sobre el procedimiento de mezclado por medio de motoconformadora:

- 1.- Proporcionamiento volumétrico exacto.
- 2.- Homogeneidad de la mezcla.
- 3.- Ahorro, cuidando de no incurrir en acarreo muerto cuantiosos. -- Aquí debe entenderse por acarreo muerto aquél cuyo pago cubre el -- contratista y no el contratante. De acuerdo con las Especificaciones Generales de Construcción, la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas paga el acarreo de los materiales como si éstos se acarrearán directamente de los bancos a la carretera o a la aeropista. En general y por razón lógica, la planta mezcladora de subbase y base debe instalarse en el banco en donde se va a necesitar mayor cantidad de material. Podría ser el caso que, además del material del banco donde se instale la planta mezcladora, se requiera otros materiales, cementante por ejemplo, y que el banco estuviera localizado en tal forma que en su acarreo a la planta mezcladora, se incurriera en un acarreo muerto de una magnitud tal que hiciera incosteable producir la subbase o la base en planta mezcladora. En este caso, desde luego, la mezcla debe hacerse directamente en la carretera o en la aeropista utilizando motoconformadora.
- 4.- Menor interrupción al tránsito. Tratándose de carreteras, se entiende que al no necesitarse motoconformadoras para mezclar en el camino, el tránsito de vehículos usuarios será más fluido.
- 5.- Mejor utilización del equipo de compactación. Cuando se usa planta mezcladora, se pueden ir tendiendo pequeños tramos de 200 m conforme se va completando el volumen y empezar así, la compactación desde casi el principio del tendido.
- 6.- Menos perjuicios por causa de lluvia. Esto es obvio si se considera que casi todo el volumen que se acarrea a la obra puede ser tendido y compactado prácticamente de inmediato.
- 7.- Mejor control general de la obra. Es entendible que es más fácil controlar plantas que máquinas (motoconformadoras), que se encuentran repartidas para atender las demandas que una obra requiere en sus diferentes etapas.

Naturalmente que para que se pueda disfrutar de las ventajas 5, 6 y 7 y por lo tanto de ahorro global, es necesario que la producción se organice en forma rutinaria y masiva.

A continuación se hace un estudio comparativo de los elementos de costo que varían, utilizando, por un lado, motoconformadora para mezclar y, por otro, planta mezcladora.

A) Motoconformadora.

1.- Revoltura

motoconformadora 12;	\$ 526.52/hr
producción 54 m <sup>3</sup> /hr.	
$\frac{\$ 526.52/\text{hr.}}{54 \text{ m}^3/\text{hr.}} =$	\$ 9.75/m <sup>3</sup>

2.- Agua.

Extracción y acarreo del agua \$ 30.00/m<sup>3</sup>  
\$ 30.00/m<sup>3</sup> agua x 200 lt agua/m<sup>3</sup> = \$ 6.00/m<sup>3</sup>

1.-	\$ 9.75/m <sup>3</sup>
2.-	6.00
	<hr/>
	\$ 15.75/m <sup>3</sup> (1)

B) Planta mezcladora de subbase y base.

1.- Elaboración de la mezcla en planta

tractor 07, 7U, 7	\$ 856.12/hr
planta mezcladora de subbase y base	1,131.09
alimentador de banda de 24"	61.49
disgregador de grumos	32.19
planta de luz de 75 KW	103.75
pipa de agua de 8 000 lt.	199.94
	<hr/>
	\$ 2,384.58/hr.

producción 200 m<sup>3</sup> sueltos/hr.

$\frac{\$ 2,384.58/\text{hr.} \times 1.35}{200 \text{ m}^3/\text{hr.}} = \$ 16.09/\text{m}^3$

- 2.- Extracción del agua que se incorporará en la planta mezcladora  
\$ 4.00/m<sup>3</sup> agua.

$$\text{\$ } 4.00/\text{m}^3 \text{ agua} \times 150 \text{ lt}/\text{m}^3 = \text{\$ } 0.60/\text{m}^3.$$

- 3.- Agua para compactación que se acarrea al camino.

Extracción y acarreo del agua \$ 30.00/m<sup>3</sup> agua.

$$\text{\$ } 30.00/\text{m}^3 \text{ agua} \times 50 \text{ lt}/\text{m}^3 = \text{\$ } 1.50/\text{m}^3$$

$$1.- \text{\$ } 16.09/\text{m}^3$$

$$2.- \quad \quad 0.60$$

$$3.- \quad \quad 1.50$$

$$\text{\$ } 18.19/\text{m}^3 \quad (2)$$

Este aparente encarecimiento del:

$$\frac{(2) \text{\$ } 18.19/\text{m}^3 - (1) \text{\$ } 15.75/\text{m}^3}{(1) \text{\$ } 15.75/\text{m}^3} = 15\%$$

que se obtiene usando el procedimiento de mezclado en planta contra el de mezclado con motoconformadora, es absorbido con margen, por los ahorros que se obtienen como consecuencia de las ventajas 5, 6 y 7 antes señaladas.

### III.- TRANSPORTACION.

Una vez elaborada la mezcla en planta, los camiones de volteo son cargados por gravedad mediante la apertura de las compuertas de la tolva de descarga.

Pensando en acarreos no mayores de 20 km es usual que, para un trabajo de pavimentación en el que la subbase y la base se produzcan en planta mezcladora de 540 Ton/hr de capacidad y la carpeta asfáltica en planta de 3000 lb/pesada de capacidad, se requieran hasta 300 camiones de volteo de 6 m<sup>3</sup> de capacidad. Sería absurdo adquirir camiones de volteo para satisfacer las demandas que se requieren en trabajos organizados a base de plantas, la inversión sería altísima y el control de los camiones prácticamente imposible. Si por alguna circunstancia no se contara con el número necesario de camiones, el trabajo se encarecería extraordinariamente. Para agilizar el pago de los ca-

miones, evitar errores y tener mejor control, es recomendable calcular los flejes por medio de computadora y utilizar, en lo posible, básculas de piso.

#### IV.- TENDIDO Y AFINADO.

El tendido y afinado de la subbase y base puede hacerse usando cualquiera de los siguientes procedimientos:

- 1.- Por el método tradicional utilizando motoconformadora estándar. Este es el procedimiento más barato y más inexacto, y cuando se aplica, el perfil, las secciones, los espesores y el acabado de la subbase y/o la base no cumplen con las tolerancias estipuladas en las Especificaciones Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

La rigidez de las tolerancias en el tendido es creciente para los siguientes tipos de subbase y base.

- a.- Subbases y bases en carreteras.
- b.- Bases construidas por el sistema de estabilización en carreteras.
- c.- Subbases y bases en autopistas.

Las tolerancias para subbases y bases en carreteras que no se cumplen -- cuando el tendido se hace con motoconformadora son las siguientes:

	<u>Subbase</u>	<u>Base</u>
Pendiente transversal	$\pm 1/2\%$	$\pm 1'2\%$
Profundidad de las depresiones, observadas colocando una regla de 3 m de longitud, paralela y normalmente al eje máximo.	2 cm	1 1/2 cm

En espesores para carreteras, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias calculadas restando al espesor real obtenido en cada punto de prueba el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba, siempre deberá ser igual o menor que 0.14 del espesor real promedio de la subbase, igual o menor que 0.12 del espesor real promedio de la base e igual o menor que 0.09 del espesor real promedio conjunto de subbase más base; además, el valor absoluto de la diferencia entre los espesores real y de proyecto, correspondiente al 84% como mínimo, de las determinaciones realizadas para la subbase, al 90% como mínimo, de las determinaciones realizadas para la base y al 95% como mínimo, en el caso del conjunto de subbase más base, siempre deberá ser igual o menor que el 20% de los espesores de proyecto.

- 2.- Por medio de una extendedora de carpeta asfáltica (finisher) equipada con control electrónico y dotada de un área de acabado suficiente para extender espesores hasta de 25 cm. Se extiende un área de acabado a la superficie máxima de la sección transversal que esta máquina es capaz de extender y así se dirá; por ejemplo, que la extendedora Barber Greene SA35 tiene un área de acabado de 0.3855 m<sup>2</sup>, que la SB41, 0.5881 m<sup>2</sup> o que la SB 140, 2.2296 m<sup>2</sup>.

Este procedimiento es muy recomendable para subbases y bases estabilizadas con cemento, con cal, o con emulsión asfáltica. Es un sistema muy práctico para extender subbase y base, en caminos en operación y con fuerte tránsito, porque no se tiene necesidad de interrumpir éste en lo más mínimo ya que el extendido y compactado puede hacerse, como se hace con la carpeta, por alas.

Sin embargo, el gran desgaste de la extendedora, cuando no se maneja un producto asfáltico, hace que este procedimiento resulte caro, no obstante que elimina la eventualidad de camellones saturados por lluvias imprevistas y que hace trabajar muy eficientemente al equipo de compactación.

- 3.- Por medio de una máquina afinadora extendedora del tipo CHI equipada con sistema de control electrónico. La presencia de tránsito, el ancho de la corona, los alineamientos vertical y horizontal y, su alto costo hacen que la aplicación de esta máquina, en las carreteras de nuestro país, sea un tanto difícil. La ausencia de tránsito y las características geométricas de los aeropuertos permiten, en ellos, la aplicación exitosa de esta máquina.

## V. COMPACTACION.

El costo de compactación representa una muy pequeña parte del costo total de la obra. A cambio de esto, la compactación tiene una decisiva influencia en la calidad y tiempo de vida de la obra. Una compactación eficiente incrementa sustancialmente el valor soporte y la estabilidad del material, mejora la impermeabilidad en la mayoría de los casos y prácticamente elimina los asentamientos. Así, la compactación hace al suelo capaz de soportar las cargas de los vehículos y reduce sustancialmente los costos de mantenimiento.

La compactación de subbase y base ha tenido una evolución muy importante con la introducción de compactadores vibratorios autopropulsados.

Actualmente, para compactar la producción de una planta mezcladora de subbase y base de 540 Ton/hr de capacidad, se requiere de un compactador vibratorio autopropulsado de 9 Ton. de peso estático compuesto de un solo rodillo, y de un compactador neumático autopropulsado de 11 Ton con llantas de 90 psi. El compactador neumático se utiliza no por falta de capacidad de produc

ción del compactador vibratorio, sino porque éste no puede orillarse lo suficiente para compactar los hombros del pavimento. El compactador vibratorio - autopropulsado cuenta con la tracción suficiente para compactar espesores hasta de 25 cm, lo que hace que el número de capas de pavimento reduzca.

El costo de compactación de subbase y base utilizando el equipo antes -- mencionado es como sigue:

Compactador vibratorio CA25A llantas tracción	\$ 426.41
Compactador neumático SP54BD	478.02
	<hr/>
	\$ 904.43

$$\frac{\$ 904.43/\text{hr} \times 1.35}{200 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 6.10/\text{m}^3$$

Las ventajas principales de este método de compactación son las siguientes:

- 1.- Bajo costo.
- 2.- Menos interrupción al tránsito.
- 3.- Estabilización de equipo para compactar tanto subbase y base como - carpeta asfáltica.



Alimentador de banda de 24" por 6'6" (Barber Greene FB-A), de velocidad variable, motor de 2HP, peso 800 kg. Depreciación 8000 hr, 200 hr/mes y 6 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx.

Valor de \_\_\_\_\_ \$ 15710000

Valor de \_\_\_\_\_

Valor de la máquina (2) sin \_\_\_\_\_ \$

Valor de rescate

Valor neto de depreciación (3) \$ 15710000

**COSTO DE TENENCIA**

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \$157,100.00}{\text{Período de depreciación } 8,000 \text{ hr.}}$  \$ 1964

2 Intereses y seguro

Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%

Uso anual: 1200 hr

$\frac{\text{Factor x Valor de la máquina (1)}}{1000} = \frac{0.0828 \times \$ 157,100.00}{1000} = 1301$

Costo de tenencia \$ 3265

**COSTO DE OPERACION**

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustóleo	_____ lt. x \$ _____	/lt. = \$ _____	
Diesel	_____ lt. x _____	/lt. = _____	
Gasolina	_____ lt. x _____	/lt. = _____	
Petróleo diáfano	_____ lt. x _____	/lt. = _____	
Combustible			\$ _____

4 Lubricantes grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario	
Aceite diesel	0.01 lt.	\$ 13.42/lt.	= \$ 0.13
Aceite gasolina	lt.	/lt.	=
Aceite meropa	lt.	/lt.	=
Aceite térmico	lt.	/lt.	=
Hidráulico	lt.	/lt.	=
Mandos finales	lt.	/lt.	=
Transmisión	lt.	/lt.	=
Grasa	0.01 lt.	14.41/lt.	= 0.14
Grasa Compound	lt.	/lt.	=
Grasa coples	lt.	/lt.	=
Filtros			=

Lubricantes, grasas y filtros

\$ 028

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}}$  \$ \_\_\_\_\_ / hr.

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (1)}}{\text{Periodo de depreciación}}$   $\frac{1.2 \times \$ 157,100.00}{8,000 \text{ hr.}}$  =

2356

7 Conceptos especiales

---



---



---



---

Conceptos especiales

Costo de operación

\$ 2384

8 Salario(s) horario(s) \_\_\_\_\_

9 Flete de Tepexpan, Méx. a la obra y regreso \$ 6,000.00/1200/hr

500

COSTO DE LA HORA MAQUINA

\$ 6149

Camión pipa Chevrolet CS61703, motor de 170 HP a 2300 RPM, capacidad 8m<sup>3</sup>, peso 3276 kg (chasis 2426 kg, tanque 850 kg). Depreciación 8000 hr, 150 hr/mes y 8 meses/año.

Chasis	\$ 179,067.00
Tanque	44,590.00
	<u>\$ 223,657.00</u>

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx. \$ 22370000

Valor de las llantas

6 (900 x 20) 10 a \$ 3,060.00

Valor de las llantas \$ 1836000

Valor de la máquina (2) sin llantas 20534000

Valor de rescate 2000000

Valor neto de depreciación (3) 18534000

**COSTO DE TENENCIA**

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \$ 185,340.00}{\text{Valor de depreciación } 8,000 \text{ hr.}} = 2317$

2 Intereses y seguro

Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%.

Uso anual: 1200 hr.

$\frac{\text{Factor x Valor de la máquina (1)}}{1000} = \frac{0.0828 \times \$ 223,700.00}{1000} = 1852$

Costo de tenencia. \$ 4169

**COSTO DE OPERACION**

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustoleo	lt. x \$	/lt. = \$	
Diesel	lt. x	/lt. =	
Gasolina	.15 lt. x	2.80 /lt. =	42.00
Petróleo diáfano	lt. x	/lt. =	
Combustible			\$ 4200

4 Lubricantes, grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario	
Aceite diesel	lt. x	\$/lt. =	\$
Aceite gasolina	0.115 lt. x	14.61/lt. =	1.68
Aceite meropa	lt. x	/lt. =	
Aceite térmico	lt. x	/lt. =	
Hidráulico	lt. x	/lt. =	
Mandos finales	lt. x	/lt. =	
Transmisión	0.04 lt. x	10.10/lt. =	0.40
Grasa	0.025 kg. x	14.41/kg. =	0.36
Grasa compound	kg. x	/kg. =	
Grasa coples	kg. x	/kg. =	
Filtros	\$ 65.00/200 hr	=	0.32

Lubricantes, grasas y filtros \$ 277

5 llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas } \$ 18,350.00}{\text{Horas de vida de las llantas } 750 \text{ hr.}} = 2448$

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2) } 1.0 \times \$ 205,340.00}{\text{Período de depreciación } 8,000 \text{ hr.}} = \$ 2567$

7 Conceptos especiales

---



---



---



---

Conceptos especiales

Costo de operación \$ 9492

8 Salario(s) horario(s) 1 chofer \$ 8,500.00/mes  
5667

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$8,000.00/1200 hr 666

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 19994

Compactador neumático de 9 ruedas [ros SP54BD motor Ford 592E inglés - -  
 (x 220 americano) de 55 HP a 2000 RPM, peso vacío 3470 kg, lastrado 11340 kg.  
 Depreciación 12000 hr, 125 hr/mes y 8 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx. \$ 56600000

Valor de las llantas

9 (7.50 x 15) 10 90 psi a \$ 11,700.00

Valor de las llantas 1830000

Valor de la máquina (2) sin llantas 55070000

Valor de rescate 10000000

Valor neto de depreciación (3) 45070000

COSTO DE TENENCIA

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \ \$ 450,700.00}{\text{Periodo de depreciación} \ 12000 \text{ hr.}} = \$ 3756$

2 Intereses y Seguro

Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%.

Uso anual: 1000 hr.

$\frac{\text{Factor x Valor de la máquina (1)} \ 0.0937 \times \$ 566,000.00}{1000} = 5303$

Costo de tenencia \$ 9059

COSTO DE OPERACION

	Consumo horario	Costo Unitario	
3 Combustible			
Combustóleo	lt. x \$	/lt. = \$	
Diesel	7.4 lt. x	0.65/lt. =	4.81
Gasolina	lt. x	/lt. =	
Petróleo diésel	lt. x	/lt. =	
Combustible			\$ 481

4 Lubrificantes, grasas y filtros.

	Consumo Horario	Costo unitario
Aceite diesel	0.13 lt. x	\$ 13.43 /lt. = \$ 1.74
Aceite gasolina	lt. x	\$ /lt. = \$
Aceite meropa	lt. x	\$ /lt. = \$
Aceite térmico	lt. x	\$ /lt. = \$
Hidráulico	0.08 lt. x	\$ 14.61 /lt. = \$ 1.17
Mandos finales	lt. x	\$ /lt. = \$
Transmisión	0.03 lt. x	\$ 14.49 /lt. = \$ 0.43
Grasa	0.03 kg. x	\$ 14.41 /kg. = \$ 0.43
Grasa Compound	kg. x	\$ /kg. = \$
Grasa coples	kg. x	\$ /kg. = \$
Filtros		= \$ 1.20

Lubrificantes, grasas y filtros \$ 498

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas } \$ 15,300.00}{\text{Horas de vida de las llantas } 2,000 \text{ hr.}}$  765

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2)} 0.8 \times \$ 550,700.00}{\text{Periodo de depreciación } 12,000 \text{ hr.}} = 3671$

7 Conceptos especiales

---



---



---



---



---

Conceptos especiales

Costo de operación \$ 5415

8 Salario(s) horario(s) 1 operador \$ 10,410.00/mes 8328

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$ 25,000.00/100 hr. 25000

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 47802

Compactador Dynapac CA25A motor Cat D3145 de 125 HP a 2400RPM, llantas - de tracción, ancho del rodillo 2.13 m (84"), peso 9208 kg. Depreciación - 12000 hr., 200 hr/mes y 6 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx.	\$ 135400000
Valor de las llantas	
<u>2 (23.1 x 18) a \$ 10,900.00</u>	<u>2180000</u>
Valor de las llantas	2180000
Valor de la máquina (2) sin llantas	133220000
Valor de rescate	25000000
Valor neto de la depreciación (3)	108220000

COSTO DE LA TENENCIA

1 Depreciación	$\frac{\text{Valor neto de depreciación(3)}}{\text{Periodo de depreciación}} = \frac{\$1'082,200.00}{12000 \text{ hr.}}$	\$ 9018
2 Intereses y seguro		
Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%		
Uso anual: 1200 hr.		
Factor x Valor de la máquina (1)	$\frac{0.0792 \times \$ 1'354,000.00}{1000}$	= 10724
Costo de tenencia		\$ 19742

COSTO DE OPERACION

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustoleo	_____ lt. x \$ _____ /lt. = \$ _____		
Diesel	20 lt. x \$ 0.65/lt. = \$ 13.00		
Gasolina	_____ lt. x \$ _____ /lt. = \$ _____		
Petróleo diáfano	_____ lt. x \$ _____ /lt. = \$ _____		
Combustible			\$ 1300

4 Lubricantes, grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario
Aceite diesel	0.22lt. x \$	13.43/lt. = \$ 2.95
Aceite gasolina	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite meropa	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite térmico	1t. x \$	/lt. = \$
Hidráulico	1t. x \$	/lt. = \$
Mandos finales	1t. x \$	/lt. = \$
Transmisión	0.1 lt. x \$	14.49 /lt. = \$ 1.45
Grasa	0.35 kg. x \$	14.41 /kg. = \$ 5.04
Grasa compound	kg. x \$	/kg. = \$
Grasa coples	kg. x \$	/kg. = \$
Filtros		= 1.46

Lubricantes, grasas y filtros \$ 1091

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas } \$ 21,800.00}{\text{Horas de vida de las llantas } 2,000 \text{ hr.}} =$  1090

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2)} 0.9 \times \$ 1,332,200.00}{\text{Período de depreciación } 12,000 \text{ hr.}} =$  7991

7 Conceptos especiales

---



---



---



---



---

Conceptos especiales

Costo de operación \$ 13472

8 Salario(s) horario(s) 1 operador \$ 15,520.00/mes 7760

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$ 20,000.00/1200 hr 1667

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 42641



Disgregador de terrones Barber Greene con motor eléctrico de 10 HP, peso 800 kg. Depreciación 8000 hr., 200 hr/mes y 5 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx. \$ 7500000  
 Valor de \_\_\_\_\_

Valor de \_\_\_\_\_  
 Valor de la máquina (2) sin \_\_\_\_\_ \$  
 Valor de rescate  
 Valor neto de depreciación (3) \$ 7500000

COSTO DE TENENCIA

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \$ 75,000.00}{\text{Período de depreciación } 8000 \text{ hr.}} = \$ 937$

2 Intereses y seguro

Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%

Uso anual: 1000 hr.

$\frac{\text{Factor x Valor de la máquina (1)}}{1000} = \frac{0.0973 \times \$ 75,000.00}{1000} = \$ 730$

Costo de tenencia \$ 1667

COSTO DE OPERACION

	Consumo horario	Costo unitario
3 Combustible		
Combustóleo	_____ lt. x \$ _____	/lt. = \$ _____
Diesel	_____ lt. x \$ _____	/lt. = \$ _____
Gasolina	_____ lt. x \$ _____	/lt. = \$ _____
Petróleo diáfano	_____ lt. x \$ _____	/lt. = \$ _____

Combustible \$

4 Lubricantes, grasas y filtros.

	Consumo horario	Costo unitario
Aceite diesel	lt. x \$	/lt. = \$
Aceite gasolina	lt. x \$	/lt. = \$
Aceite meropa	lt. x \$	/lt. = \$
Aceite térmico	lt. x \$	/lt. = \$
Hidráulico	lt. x \$	/lt. = \$
Mandos finales	lt. x \$	/lt. = \$
Transmisión	lt. x \$	/lt. = \$
Grasa	0.01 kg. x \$	14.41 /kg. = \$ 0.14
Grasa compound	kg. x \$	/kg. = \$
Grasa coples	kg. x \$	/kg. = \$
Filtros		=

Lubricantes, grasas y filtros. \$ 014

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}}$  \$ /hr. =

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (1)}}{\text{Periodo de depreciación}}$   $\frac{1.0 \times \$ 75,000.00}{8000 \text{ hr}}$  = 938

7 Conceptos especiales

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Conceptos especiales.

Costo de operación \$ 952

8 Salario(s) horario(s) \_\_\_\_\_

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$ 6,000.00/1000 hr. 600

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 3219

Motoconformadora Cat 12F, motor D 933 NA de 115 HP a 2000 RPM, peso 12190 kg. Depreciación 12000 hr, 200 hr/mes y 8 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx.	\$ 18000000
Valor de las llantas	
6 (13.00 x 24) 12 a \$ 4,600.00	
<u>    \$ 20,100.00</u>	

Valor de las llantas	4770000
Valor de la máquina (2) sin llantas	\$ 183830000
Valor de rescate	36000000
Valor neto de depreciación (3)	\$ 147830000

COSTO DE TENENCIA

1 Depreciación	$\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \ \$1'478,300.00}{\text{Periodo de depreciación} \ 12000 \text{ hr.}}$	= \$	12319
2 Intereses y seguro			
Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%.			
Uso anual: 1600 hr.			
Factor x Valor de la máquina (1)	$\frac{0.0612 \times \$ 1'886,000.00}{1000}$	= \$	11542
Costo de tenencia		\$	23861

COSTO DE OPERACION

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustolco	lt. x \$	/lt. = \$	
Diesel	25 lt. x \$	0.65 /lt. = \$	16.25
Gasolina	lt. x \$	/lt. = \$	
Petróleo diáfano	lt. x \$	/lt. = \$	
Combustible			\$ 1625

4 Lubricantes, grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario
Aceite diesel	0.08 lt. x \$	13.43/lt. = \$ 1.07
Aceite gasolina	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite meropa	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite térmico	1t. x \$	/lt. = \$
Hidráulico	0.08 lt. x \$	14.61/lt. = \$ 1.17
Mandos finales	0.04 lt. x \$	10.10/lt. = \$ 0.40
Transmisión	0.08 lt. x \$	14.49/lt. = \$ 1.16
Grasa	0.04 kg. x \$	14.41/kg. = \$ 0.58
Grasa compound	kg. x \$	/kg. = \$
Grasa coples	kg. x \$	/kg. = \$
Filtros		= \$ 2.19

Lubricantes, grasas y filtros. \$ 657

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}} = \frac{\$ 27,600.00}{2000 \text{ hr.}} = 1380$

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2)}}{\text{Período de depreciación}} = \frac{0.8 \times \$ 1'838,300.00}{12000 \text{ hr.}} = 12255$

7 Conceptos especiales

2 cuchillas a \$ 1,011.08/200 hr.	= \$ 10.11/hr
2 gavilanes a \$ 999.35/500 hr.	= \$ 4.11/hr
17 puntas a \$ 166.06/200 hr.	= \$ 14.11/hr
17 patas a \$ 782.23/5000 hr.	= \$ 2.66/hr.

Conceptos especiales 3088

Costo de operación \$ 19006

8 Salario(s) horario(s) 1 operador \$ 15,820.00  
7910

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$ 30,000.00/1600 hr 1875

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 52652

Planta de luz (PL3) Cat D330 de 75 KW, motor D330 TAC de 150 IIP a 1800 RPM, peso 1125 kg. Depreciación 12000 hr, 200 hr/mes y 8 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx. \$ 36560000.  
 Valor de \_\_\_\_\_

Valor de \_\_\_\_\_  
 Valor de la máquina (2) sin \_\_\_\_\_ \$  
 Valor de rescate 4000000  
 Valor neto de depreciación (3) \$ 32560000

**COSTO DE TENENCIA**

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)} \ \$325,600.00}{\text{Período de depreciación} \ 12000 \text{ hr.}} = \$ \ 2713$   
 2 Intereses y Seguro  
 Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%.  
 Uso anual 1600 hr.  
 $\frac{\text{Factor} \times \text{Valor de la máquina (1)}}{1000} \ \frac{0.0612 \times \$ \ 365,600.00}{1000} = \ 2237$   
 Costo de tenencia \$ 4951

**COSTO DE OPERACION**

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustoleo	_____ lt.	x \$ _____ /lt.	= \$ _____
Diesel...	26 lt.	x \$ 0.65 /lt.	= \$ 16.90
Gasolina	_____ lt.	x \$ _____ /lt.	= \$ _____
Petróleo diámano	_____ lt.	x \$ _____ /lt.	= \$ _____
Combustible			\$ 1690

4 Lubricantes, grasas y filtros.

	Consumo horario	Costo unitario	
Aceite diesel	0.39 lt.	x \$ 13.43/lt.	= \$ 5.24
Aceite gasolina	lt.	x \$ /lt.	= \$
Aceite meropa	lt.	x \$ /lt.	= \$
Aceite térmico	lt.	x \$ /lt.	= \$
Hidráulico	lt.	x \$ /lt.	= \$
Mandos finales	lt.	x \$ /lt.	= \$
Transmisión	lt.	x \$ /lt.	= \$
Grasa	0.001 kg.	x \$ 14.41 /kg.	= \$ 0.01
Grasa compound	kg.	x \$ /kg.	= \$
Grasa coples	kg.	x \$ /kg.	= \$
Filtros			= \$ 1.55

Lubricantes, grasas y filtros \$ 680

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}}$  \$ \_\_\_\_\_ hr. = \$ \_\_\_\_\_

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (1)}}{\text{Período de depreciación}}$   $\frac{0.9 \times \$ 365,600.00}{12000 \text{ hr.}}$  = 2742

7 Conceptos especiales

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Conceptos especiales

Costo de operación \$ 5112

8 Salario(s) horario(s) \_\_\_\_\_

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso \$ 5,000.00/1600 hr. 312

COSTO DE LA HORA MAQUINA 10375

Planta mezcladora de base Cedarapids 2A, de 300 a 600 Ton/hr de capacidad, motor generador D 333 ATA de 145 HP a 1800 RPM, alimentador doble tipo delantal de 36", transportador de banda de 36" x 45' 6", mezclador de 2 flechas, tolva de 5 yd<sup>3</sup>, tanque de agua de 10000 lt \$ 43,700.00, tubería metálica de 2.13 m de diámetro, peso de la planta 15116 kg, del tanque 1150 kg y de la tubería 3464 kg. Depreciación 12000 hr, 200 hr/mes y 6 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx.	\$ 376960000
Valor de la tubería	
10.36 m tubería metálica de 2.13 m de diámetro calibre 8 a \$ 5,034.74/m.	
Valor de la tubería	5216000
Valor de la máquina (2) sin tubería	\$ 371744000
Valor de rescate	55000000
Valor neto de depreciación (3)	316744000

**COSTO DE TENENCIA**

1 Depreciación	$\frac{\text{Valor neto de depreciación (3)}}{\text{Periodo de depreciación}}$	$\frac{3'167,440.00}{12000 \text{ hr.}}$	=\$ 26395
2 Intereses y seguro			
Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%.			
Uso anual 1200 hr.			
Factor x Valor de la máquina (1)	$\frac{0.0792}{1000}$	$\times \frac{\$ 3'769,600.00}{1000}$	= 29355
Costo de tenencia			\$ 56250

**COSTO DE OPERACION**

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustoleo	lt. x \$	/lt. = \$	
Diesel	34 lt. x \$	0.65/lt. = \$	22.10
Gasolina	lt. x \$	/lt. = \$	
Petróleo diáfano	lt. x \$	/lt. = \$	
Combustible			\$ 2210

4 Lubricantes, grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario
Aceite diesel	0.43 lt. x \$	13.43/lt. = \$ 5.77
Aceite gasolina	1t. x \$	/1t. = \$
Aceite meropa	1t. x \$	/1t. = \$
Aceite térmico	1t. x \$	/1t. = \$
Hidráulico	1t. x \$	/1t. = \$
Mandos finales	1t. x \$	/1t. = \$
Transmisión	0.009 lt. x \$	10.10/lt. = \$ 0.09
Grasa	0.05 kg. x \$	14.41/kg. = \$ 0.72
Grasa compound	kg. x \$	/kg. = \$
Grasa coples	kg. x \$	/kg. = \$
Filtros		= \$

Lubricantes, grasas y filtros \$ 814

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}}$  \$            hr.

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2)}}{\text{Periodo de depreciación}}$   $\frac{1.0 \times \$ 3'717,440.00}{12000 \text{ hr.}}$  \$ 30979

7 Conceptos especiales

10.36 m tubería metálica de 2.13 m de diámetro calibre 8  
a \$ 5,034.74/m. \$ 52,160.00/2000 hr.

Conceptos especiales 2608

Costo de operación \$ 36610

8 Salario(s) horario(s) 1 operador \$ 9,990.00/mes.  
4 peones \$ 5,960.00/mes 16915

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la ciudad de regreso  
\$ 40,600.00/1200 hr. 3333

COSTO DE LA HORA MAQUINARIA \$ 113109



Tractor Cat D7F, motor de 180 HP a 2000 RPM, cuchilla 7U, cilindros de inclinación, desgarrador 7 de dos dientes, control hidráulico 173 B, peso - - 21345 kg. Depreciación 12000 hr., 200 hr/mes y 8 meses/año.

Valor de la máquina (1) lab. Tepexpan, Méx. \$ 33000000  
 Valor de conceptos especiales

---

Valor de conceptos especiales 5250000  
 Valor de la máquina (2) sin conceptos especiales \$ 324750000  
 Valor de rescate 66000000  
 Valor neto de depreciación (3) \$ 258750000

COSTO DE TENENCIA

1 Depreciación  $\frac{\text{Valor neto de depreciación(3)}}{\text{Periodo de depreciación}} = \frac{\$2'587,500.00}{12000 \text{ hr.}} = \$ 21562$

2 Intereses y seguro

Tasa anual: Intereses 15%, Seguro 2%

Uso anual: 1600 hr.

$\frac{\text{Factor x Valor de la máquina (1)}}{1000} = \frac{0.0612 \times \$ 3'300,000.00}{1000} = 20196$

Costo de tenencia \$ 41758

COSTO DE OPERACION

	Consumo horario	Costo unitario	
3 Combustible			
Combustoleo	lt. x \$	/lt. = \$	
Diesel	33.3 lt. x \$	0.65 /lt. = \$	21.64
Gasolina	lt. x \$	/lt. = \$	
Petróleo diáfano	lt. x \$	/lt. = \$	
Combustible			\$ 2164

4 Lubricantes, grasas y filtros

	Consumo horario	Costo unitario
Aceite diesel	0.15lt. x \$	13.43/lt. = \$ 2.01
Aceite gasolina	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite meropa	1t. x \$	/lt. = \$
Aceite térmico	1t. x \$	/lt. = \$
Hidráulico	0.11lt. x \$	14.61/lt. = \$ 1.61
Mandos finales	0.08lt. x \$	10.10/lt. = \$ 0.81
Transmisión	0.11lt. x \$	14.49/lt. = \$ 1.59
Grasa	0.05kg. x \$	14.41/kg. = \$ 0.72
Grasa compound	kg. x \$	/kg. = \$
Grasa coples	kg. x \$	/kg. = \$
Filtros		= \$ 1.68

Lubricantes, grasas y filtros. \$ 842

5 Llantas  $\frac{\text{Costo de cambio de llantas}}{\text{Horas de vida de las llantas}} = \frac{\$}{\text{hr.}}$

6 Reparaciones

$\frac{\text{Factor rep. x Valor de la máquina (2)}}{\text{Periodo de depreciación}} = \frac{0.9 \times \$ 3'247.500.00}{12000 \text{ hr.}} = 24356$

7 Conceptos especiales

- 2 puntas a \$ 1,290.76/100 hr = \$ 25.81/hr.
- 2 pernos a \$ 382.72/100 hr = \$ 7.65/hr.
- 2 protectores a \$ 2,495.27/1500 hr = \$ 3.33/hr
- 2 patas a \$22,085.52/700 hr = \$ 6.31/hr.

Conceptos especiales 4311

Costo de operación \$ 31674

8 Salario(s) horario(s) 1 operador \$ 19,360.00/mes  
9680

9 Flete de Tepexpan, Méx., a la obra y regreso  
\$ 40,000.00/1600 hr. 2500

COSTO DE LA HORA MAQUINA \$ 85612

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA U. N. A. M.

CURSO "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
INSTALACIONES ELECTRICAS

T E M A R I O

1.- TIPOS DE OBRA

- 1.1) Urbanas
- 1.2) Sub Urbanas
- 1.3) Líneas de Comunicación
- 1.4) Industriales
- 1.5) Hidroeléctricas
- 1.6) Termoeléctricas
- 1.7) Nucleoeléctricas

2.- CONOCIMIENTO DEL PROYECTO GENERAL  
Y OBRA POR EJECUTAR.

- 2.1) Localización
- 2.2) Vías de Acceso: Interiores y Exteriores
- 2.3) Alcance de Obra
- 2.4) Formas de Contratación

3. - PROGRAMACION

- 3.1) Recursos Inmediatos
- 3.2) Instalaciones Provisionales de Campo
- 3.3) Presupuesto de Obra
  - 3.3.1) Volumen de Obra por Ejecutar
  - 3.3.2) Recursos Financieros
  - 3.3.3) Recursos Humanos
  - 3.3.4) Necesidades de Equipo: Mayor, Menor y Vehículos
  - 3.3.5) Proforma (Pronostico)
- 3.4) Organización Interna de Obra
- 3.5) Conocimiento y Coordinación con Obras Adyacentes

4. - CONTROL

- 4.1) Avance de Obra
- 4.2) Costos
- 4.3) Presupuesto
- 4.5) Estimaciones

5.- PRUEBAS Y ENTREGA FINAL

- 5.1) Pruebas de Equipos
- 5.2) Pruebas de Sistemas
- 5.3) Calibración de Instrumentos
- 5.4) Pruebas de Eficiencia
- 5.5) Pruebas de Conjunto
- 5.6) Entrega de Obra

6.- ESTADISTICA

CONFERENCISTAS

Ing. José Antonio Saeb Camargo  
Ing. Marco A. Mora Ortega  
Ing. Eduardo Vela Becerril





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de Ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

ACABADOS

AR. RAUL GUTIERREZ GARCIA

AGOSTO, 1979.





IMPORTANCIA QUE LAS OBRAS DE ACABADOS TIENEN PARA  
LOS RESIDENTES DE OBRAS

ARQ. RAUL F. GUTIERREZ GARCIA.

LOS ACABADOS.-

DEFINICION: Ultima operación destinada a perfeccionar una obra ó labor (trabajo).

OBRA.-

Lat. OPERA: Resultado del Trabajo o de la acción.

PERFECCION.-

Lat. PERFECTIO: Que posee todas las cualidades sin tener ningún vicio.

EXTENSION DEL TEMA.-

Hablar de acabados no es trabajo de una sesión o de un sólo hombre, estan amplio el campo que podrian venir muchos especialistas y todos y cada uno de ellos nos haría ver un campo enorme de actividades, requerimientos, posibilidades, etc.

La industria misma se basa en la producción de Artículos acabados para el uso cotidiano; cada mueble o accesorio es un producto acabado, prefabricado.

En la industria de la construcción existen también todo tipo de productos y en todas formas: sólidos, líquidos, en polvo, en grano, en placas, en bloques, etc. Construidos con una gran variedad de materiales: cementos, concretos, maderas, pegamentos, barras, cerámicas, etc.; hechos en todas formas: -- prensados, estimados, etc.

Si combináramos materiales, formas, sistemas constructivos, colores, texturas, etc., nos damos cuenta de las posibilidades casi ilimitadas, que presentan los materiales de construcción y de los materiales de acabados.

El avance industrial manifiesta por la hechura de nuevos productos y en construcción nuevos materiales significan nuevas técnicas, nuevas metodologías, nuevos sistemas que sean más ágiles, más eficientes, más rápidos, más modernos.

Lo que produce nuestra industria en su mayor parte, son productos que se basan en patentes extranjeras; nuestros industriales se limitan a importar tecnologías y a manufacturar un número muy limitado de los productos que esa empresa fabrica, -- por ejemplo: en México fabricamos tres o cuatro tipos de coladeras de conocida marca y en Estados Unidos esa misma empresa hace no menos de 150 coladeras diferentes. En Estados Unidos hay cerraduras que llaman de "uso rudo", aquí en México sólo existe un tipo; los modelos de cerraduras en Estados Unidos son variados, con diferentes acabados incluso. En México posiblemente solo varien en el color, nuestra industria en este sentido es bastante limitada y como no creamos, no sabemos y nos limitamos a lo que nos dan.

LOS ACABADOS PUEDEN SER:

- |                     |   |
|---------------------|---|
| POR SU LOCALIZACION | <ul style="list-style-type: none"> <li>- EXTERIORES.</li> <li>- INTERIORES.</li> <li>- DE UNION EXT. INT.</li> </ul>                                    |
| POR SU NATURALEZA   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- NATURALES.</li> <li>- INDUSTRIALIZADOS.</li> <li>- ARTIFICIALES.</li> </ul>                                    |
| POR SU COLOCACION   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- APARENTES.</li> <li>- RECUBRIMIENTOS.</li> <li>- APLANADOS.</li> </ul>   |
| POR SU FABRICACION  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- EN PLACAS.</li> <li>- LOSETAS.</li> <li>- LAMINADOS.</li> <li>- EN ROLLO.</li> <li>- PREFABRICADOS.</li> </ul> |

POR SU FORMA

- GEOMETRICA.
- IRREGULAR.
- EN PASTAS.
- COMO PIEZAS.

POR SU REQUERIMIENTO

- VISTA.
- PRESENTACION.
- DURACION.
- MANTENIMIENTO.
- SU ECONOMIA.

POR SU FORMA DE CONTRATO

POR SU COSTO

POR SU ECONOMIA

POR SU APARIENCIA

POR SU ABASTECIMIENTO

POR SUS POSIBILIDADES CONSTRUCTIVAS

POR SU UTILIDAD

- LIMPIEZA.
- ABRASION.
- AISLANTE.

TAMBIEN LOS PODEMOS CLASIFICAR POR SUS FUNCIONES:

1.- AGENTE FISICO

- FACTOR TERMICO.
- FACTOR HIDRICO.
- FACTOR ACUSTICO.
- FACTOR OPTICO.
- FACTOR OLFATICO.

2.- FISICO MECANICA

- DISTRIBUCION.
- RESISTENCIA.

- 3.- CONSTRUCTIBILIDAD
  - USO Y APLICACION.
  - FACTOR DE TRABAJO.
  - ADAPTABILIDAD CONSTRUCTIVA.
- 4.- ECONOMICA
  - COSTO INICIAL.
  - EN PROPORCION AL PROBLEMA.
  - TIEMPO.
  - CONCENTRACION.
- 5.- PLASTICA
  - FORMA.
  - COLOR.
  - TEXTURA.
  - METRICA.

Por ejemplo en el I.M.S.S. existen opciones para la selección de los acabados.

OPCIONES DE ACABADOS: I.M.S.S.

- 1.- Con características optimas para su aplicación.
- 2.- Con condiciones adecuadas.
- 3.- Con posibilidades de uso en caso específico.
- Unica por características especiales.

En estos acabados, cada tema específico implica una Tecnología especial por ejemplo: el concreto aparente que ahora está de moda. Presenta los problemas constructivos de todos los concretos: moldes, vibrado, juntas constructivas, juntas de colado, etc.

En una estructura de concreto estos problemas se presentan normalmente; a una estructura de concreto aparente tenemos que aumentarle otros cuidados especiales; así que por el lugar, la forma de concepto de concreto y la Técnica empleada.

TENEMOS:

- 1.- Concreto Aparente (C. A.) en el cual se conserva la película exterior del cemento.- El que no se trabaja después de descimbrado.
- 2.- Concreto Aparente en agregados expuestos.- Se elimina la película de cemento.
- 3.- Concreto Aparente en el que la superficie se trata mecánicamente.- El cincelado, el martelinado, etc.

El concreto aparente en las estructuras, debe llenar todas las características de la estabilidad de las construcciones.

El elemento que le da forma al concreto es la cimbra y tiene estas funciones:

- 1.- Dar la forma prevista.
- 2.- Dar el aspecto.
- 3.- Resistir la compactación y el vibrado del concreto.

Las cimbras son un material auxiliar que sirven para dar aspecto a otro material: El concreto.

Hay diversos tipos de cimbras:

- Tradicionales.
- Herramientas.
- De prefabricación.
- Especiales.

Las cimbras empleadas deben llenar los requisitos:

- 1.- Los relativos al diseño, resistencia, economía, rapidez de ejecución, etc., o sea los inherentes a los trabajos comunes y cimientos en obras de cemento.

- 2.- Cuidados especiales referentes a las superficies de contacto, juntas, materiales, accesorios e implícitamente a los cuidados del des-cimbrado.

Este ha sido un muy breve comentario sobre el concreto, y hemos asentado que un solo material ya implica una serie de dificultades de ejecución.

Esta amplísima gama se completa con los trabajadores que naturalmente se sitúan en aquellos trabajos que más se identifican con ellos ó con la satisfacción de sus necesidades. -- Así pues tenemos albañiles, albañiles que hacen muros, que colocan loseta; yeseros, pintores, pasteros, etc., una gran variedad de trabajadores especialistas esto sin contar con otros como electricistas, plomeros, de aire acondicionado ó especializados en trabajos muy particulares como: colocadores de falsos plafones, en instalaciones por ejemplo: los de intercomunicación, o los que instalan elevadores.

El problema de los obreros es fundamental porque forman parte esencial de los equipos de trabajo.

El medio, el clima, las condiciones socio económicas varían y esto naturalmente se refleja en ellos así tenemos esta clasificación que hace el Ing. Plazola:

Rendimiento de los Obreros:

D. F.	100 %
NUEVO LEON	110 %
ZACATECAS	95 %
B. CAL. Y YUC.	80 %
OAXACA	75 %
TAPACHULA, CHIAPAS	70 %

Vicios.- Por ejemplo Yeseros:

Forma de Trabajo:            DESTAJO            Irresponsabilidad del Obrero.  
                                  LOTES            No se les puede controlar.  
                                  No les gusta aceptar sueldo fijo.

Pero todavía existen más trabajadores: aquellos que representan a compañías o fábricas que se dedican a acabados; estas personas de posición económica superior, preparados por sus res--pectivas industrias, que muchas veces no contratan los propios --trabajos que ellos hacen.

También a otro nivel se llega hasta las personas que -se dedican a decorar.

En una obra también pueden intervenir artistas de gran prestigio o cuyos trabajos van a ocupar un lugar preferente en la edificación: pueden ser pintores o escultores y como los menciona dos también van a tener problemas constructivos que resolver, van a usar materiales y equipos para la construcción de sus obras:

#### IMPORTANCIA REAL

En un edificio común y corriente tenemos aproximadamen te:

#### C O S T O S

Estructura.	20	-	25 %
Instalaciones.	15	-	20 %
Acabados.	65	-	55 %

En una Escuela Secundaria un acabado de tabique aparen te y cemento aparente.

Albañilería	65%
Instalaciones	11.50% .
Acabados.	23.5 %

El material importa el 67% del costo y la obra de mano el 33%.

Vamos a hacer ahora otro análisis.

Estructura	X	✓	✓
Instalaciones	X	X	✓
Acabados	X	X	mantenimiento

Lo más importante en un edificio es la estructura, después las instalaciones y por último los acabados.

Hace no muchos años, los ~~muros~~ <sup>muros</sup> se ligaban a las estructuras y como resultado de los temblores había muchos desperfectos en los edificios.

El sentido común nos indica que las estructuras de los edificios deben quedar aislados y no cambiar la forma en que fueron diseñados y calculados.

Es más fácil y económico reponer un acabado destruido, que reparar la estructura de un edificio. Esto implica nuevos conceptos constructivos.

La importancia de que las estructuras y de que las instalaciones estén bien hechas, es garantía de la conservación de nuestros acabados. Los porcentajes de costos nos revelan que es lo que debemos cuidar.

Conociendo esos %, podemos hacer algunas consideraciones al margen:

- La conveniencia de la Supervisión.
- La Supervisión por especialidades:
  - Concretos o Estructuras.
  - Instalaciones.
  - Equipos.
  - Acabados.
- Por su Costo e Importación.
- Por su Duración.
- Por el Tipo de proyecto:
  - Bueno.
  - Malo.



- Por el Tiempo empleado en las Obras.
- Por la Protección de las Obras.

En los proyectos, la selección de acabados no debe ser el resultado de un capricho. Ya habíamos planteado una selección por:

- Su Función.
- Su Costo.
- Su Economía.
- Su Apariencia.
- Su Abastecimiento.
- Sus Posibilidades constructivas, etc.

En esta selección muchas veces no interviene el Residente de las obras, sin embargo él debe tomar conciencia de la trascendencia del trabajo de los acabados y repito la definición: "Ultima operación destinada a perfeccionar una Obra".

#### IMPORTANCIA PARA EL PROPIETARIO

Si bien los acabados como las obras mismas tienen un significado especial para el constructor ó para el creador de ellas, el punto de vista de los propietarios definitivamente no se puede olvidar ni postergar.

Las obras en si significan una inversión, que como tal, debe reedituir lo suficiente para que sea una buena inversión. Los intereses deben ser por lo menos los comerciales, aunque a veces existen otros, que por su naturaleza, puedan en un momento dado hasta ser contradictorios a lo mencionado anteriormente.

Las instituciones de gobierno ó algunas empresas privadas pueden hacer obras cuyos intereses sean positivos ó comerciales y por eso mismo requieran obras de muy diferente criterio de presentación ó de mantenimiento.

Existen edificios que son símbolo de la Empresa. Sus acabados le deben dar la dignidad y jerarquía deseada.

Hay edificios de Servicio Público cuyos acabados le deben dar la dignidad y el servicio buscado, la economía y la eficiencia prevista.

En ambos casos las ideas de mantenimiento, economía, eficiencia, etc. son operativas. El concepto de acabado es el válido.

### IMPORTANCIA PARA EL CONSTRUCTOR

La construcción es el arte de construir y construir quiere decir fabricar, hacer, trazar, arreglar.

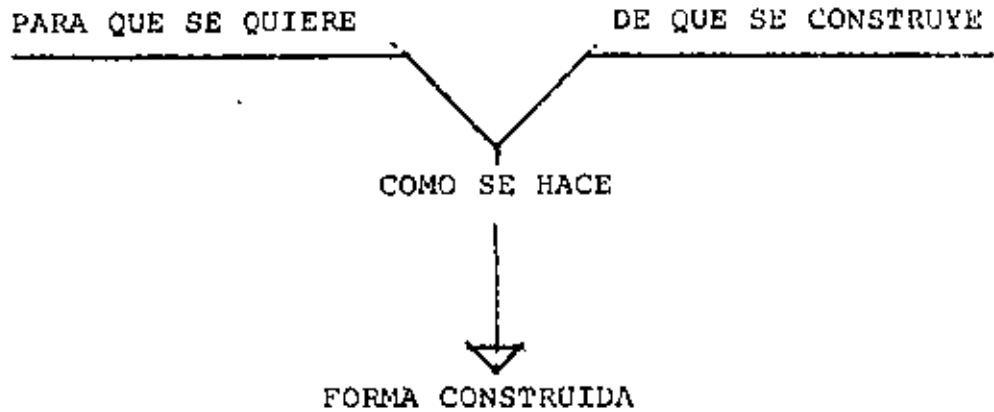
El construir es una de las actividades naturales del hombre; construimos pensamientos, frases. El hombre libre construye en todo momento.

Con los sonidos construimos las palabras y con ellas las frases que se adaptan a nuestro pensamiento y juicio.

Si vamos a construir una figura geométrica, lo hacemos ya sea en el terreno de la idealidad, se ha representado -- gráficamente por medio de un plano en el que trazamos 3 líneas rectas que se interceptan dos a dos, produciendo una figura cerrada por tres segmentos rectilíneos y tres intersecciones o -- vértices. Así hemos hecho una "Construcción Geométrica".

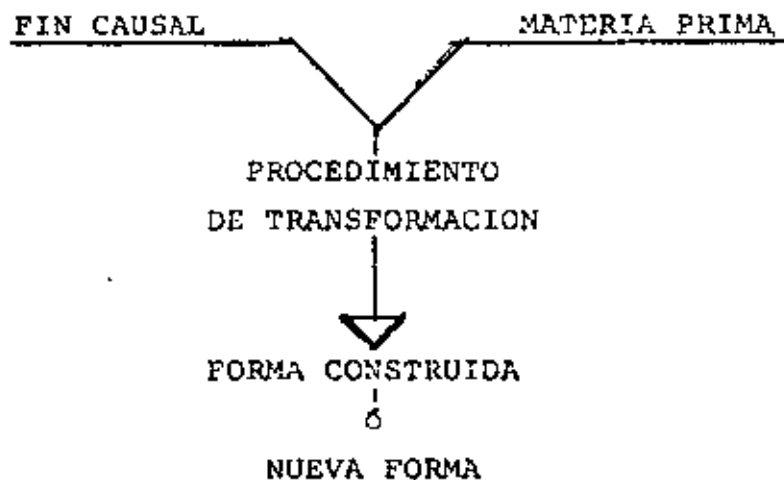
Si nos imaginamos construir una mesa, también nos acercamos a la esencia del construir, se nos hace indispensable basarnos en la convención definitiva de "que es una mesa" o de lo que entendemos por mesa, no solo el "genero" sino la "especie" de mesa o sea "para qué" se quiere, preguntamos "de qué" se hace la mesa y nos responderán: escogiendo una clase de materia prima.

A estos dos determinantes hay que aumentar otro: "Como se hace" apoyados en la Materia Prima y en la causa final -- que persiga la construcción.



La tabla, la lámina de plástico, el tubo metálico, - etc., al combinarse se transforman en una nueva forma: La mesa que deseamos. Podemos concluir que el hacer construcciones consiste en: "La transformación voluntaria y libre de una Materia Prima dada para adaptarla mediante su nueva forma a una finalidad casual predeterminada".

Sintetizando en un Esquema Gráfico:



Materias Primas iguales con diferentes finalidades - producen formas diferentes.

Finalidades iguales con Materias Primas diferentes, producen formas diferentes.

El constructor puede ser desde una persona física hasta una empresa.

Empresas y personas contratan sus servicios y en algunas ocasiones tienen posibilidades para subcontratar a otras personas ó empresas:

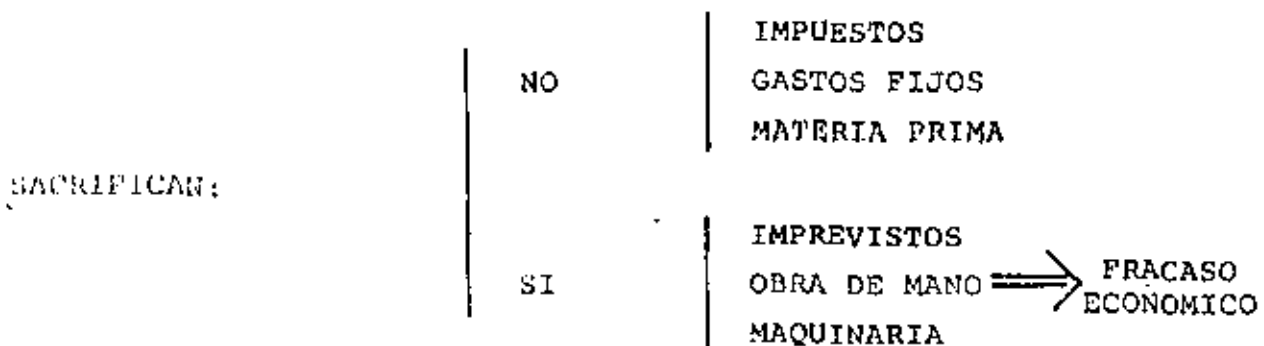
Una Compañía Constructora hace con un propietario un "contrato" por determinada obra. Esa compañía es lo que llamamos un "contratista".

La Compañía Constructora subcontrata a otras empresas especializadas ó más modestas ó a los "Maestros de Obra".

El Maestro de Obra a su vez subcontrata con los obreros.

Esta cadena de intermediarios y de contratos y subcontratos nos enfrenta a uno de los mayores problemas de la construcción: la falta de preparación de nuestros trabajadores: del Especialista, del Técnico, vamos descendiendo hasta llegar siempre invariablemente al obrero, no al especialista, al improvisado.

Otro problema es la mentalidad de los concursos: se hacen concursos de precios y para ganarlos, y que la empresa gane dinero:



- Construir con un equipo adecuado.
- Fuerte sistema de comunicación para coordinar.
- Ver la construcción como un proceso, integrado por

trabajos sucesivos cuyo objetivo es hacer un edificio.

- Los trabajos crecen en complejidad sucesivamente.

Los Trabajos tienen: diferentes categorías, precios y tiempos de ejecución, por ejemplo Un Yesero:

- Talochazo
- Reventon
- Regla
- Nivel y Regla

Los materiales de acabado por su propia naturaleza son validos, no solo por su costo en si (hay algunos muy costosos por ejemplo los granitos naturales valen 10 veces más que un buen marmol), también por su momento de trabajo: es pieza única o es la última pieza o ya no hay de ese material o de ese color o se tardan en reponerla en determinado tiempo, así que para que el constructor tenga las seguridades pertinentes, estos materiales requieren de un control especial, de pruebas previas y de muestreos.

Todo esto encaminado al conocimiento de esa Materia Prima que como comentamos antes es una de las premisas para llegar a esa forma construida.

#### IMPORTANCIA PARA EL RESIDENTE DE OBRAS

DEFINICION: RESIDENCIA

- Permanencia acostumbrada en un lugar.
- Edificio donde una autoridad ejerce sus funciones.

#### SUPERVISAR

- Revisar un Trabajo.

REVISAR: Someter a nuevo exámen una cosa para corregirla o repararla.

Residencia de supervisión de Obras.

Es una autoridad con permanencia en una obra para controlar un acabado.

Puede ser supervisor de:

SUS PROPIAS OBRAS

DECISION

DE UN CONTRATISTA

CONTRATOS  
PROYECTOS  
ESPECIFICACIONES

DE OBREROS O DE TRABAJOS

PROYECTO  
OBRAS ANTERIORES  
TRABAJOS  
COSTOS  
PROYECTO

CONCIENTE EL BUEN DISEÑO

DEL ACABADO  
DE LOS MATERIALES  
DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS  
DEL MEDIO.

TRABAJOS ESPECIALES  
CONCRETO

CIMBRA	NORMAL	TRIPLAY, DUELA ESPECIAL
	APARENTE	

FIERRO  
ESPACIO PARA LA REVOLTURA  
ESPACIO PARA VIBRADOR  
INSTALACIONES Y OTROS  
AGREGADOS ESPECIALES  
VIBRADO  
EL FRAGUADO  
EL DESCIMBRADO  
LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA  
ERRORES TOLERABLES

ACTIVIDAD DE UN SUPERVISOR

1.- Revisar proyectos y presupuestos.

Para saber que se debe hacer y si concuerdan. REVISAR  
Pedir el Programa de Obra.

2.- En el Terreno.

Localizar y situar. RECTIFICAR.

3.- La Bitácora.

- Que se anote a los responsables de las obras; y a los que tienen voz y voto.
- Debe ser el medio oficial de comunicación.
- Aquí se autoriza a los Residentes. RECTIFICAR.

4.- Documentos que certifiquen la hechura de obras, su avance, o los errores de obras maltratadas:

- Fotografías a color. POLAROID
- Para Reparaciones de Obra nueva. RATIFICAR

RECTIFICAR: Trazos.  
Niveles.  
Obras Previas.

Los materiales al Laboratorio.  
Todo muestreado.

6.- Avances de Obras                      Vo.Bo del Residente  
Estimaciones                              forma de control

- Si van atrasados anotar en la Bitácora

CONSEJOS:

- Que no pierdan autoridad.
- Que no se dejen mangonear.
- Autorizar todo.
- El Residente es el responsable.

7.- Criterios de Trabajo ó estrategias.

- Resultado del estudio de planos y especificaciones, de conocer los recursos: Personal, herramientas, -- equipo, facilidades, dinero, etc.
- Cada día es más común el tener que sujetarse a normas de calidad previstas, ejemplo: I.M.S.S., I.S.S. S.T.E., INFONAVIT.
- Resultado de la Obra misma.
  - Si esta bien hecha o no.
  - Si es nueva ó es ampliación o reparación.
- Problemas de los Materiales.
  - Su abasto.
  - Sus facilidades constructivas.
  - Sus complementos.
  - Su distribución, trazo o dibujo.

Trabajo

Abasto

DE LOS CALENDARIOS

Pagos

Uso de Maquinarias

Imprevistos

8.- Rectificar.- Lo que no se rectifica esta mal. Cada caso requiere un Estudio Particular.

9.- Puntos de Control de Calidad.

Niveles - ejes

Escantillones - Reventones.

Maestras

- Nunca dejar las obras a los obreros por su Educación y gusto.

10.- Tratar de ganarse la buena voluntad del Supervisor, a base de trabajo y de hacer bien las cosas, con una buena supervisión personal.

- Siempre estar Cubierto:

- En bitácora anotar los trabajos.

- Parar hasta que llegue el responsable, anotarlo en -



bitácora, así cubrirse de gastos, personal, material, etc.

12.- Buscar una estrecha colaboración de todos los contratistas para solucionar los problemas que se presenten.

13.- Los conocimientos propios del supervisor que le dan un criterio constructivo por ejemplo: saber calcular.

14.- Conocimiento de las condiciones de Trabajo del Mercado.  
Deficiencias y Vicios.  
Posibilidades.

15.- Obras Previas.-

- Una caja es el Proveedor y otra es el Colocador.

PROVEEDOR DE  
PUERTAS

COLOCADOR  
PUERTAS.

- El trabajo es diferente; algunos permiten prever ciertos errores, otros no: ejemplo:

Puertas.- Se puede prever el ancho de puertas - no se puede corregir el alabeo de cajones.

Existen obras basadas en trabajos anteriores, el 2o. contratista o trabajador tiene que absorber los errores del primero. El supervisor debe vigilar y prever con técnicas, los errores que perjudiquen al 2o. obrero y no aceptar los errores propios del trabajo que el obrero esta realizando.

16.- Etapas de Trabajos de otras Obras.

INSTALACIONES DE TUBERIAS (Pararrayos, luces, obstrucción. tierras, teléfonos, intercomunicación, relojes y monitores.)	Preparación	Equipo
	Instalación	
	Equipo Complementario	
EN AIRE ACONDICIONADO	Instalación	
	Rejillas	Equipo
	Difusores	

EQUIPOS NUEVOS	DEFINIRLO	Obras Pre vias.- (Guía Me- cánica.	Estructura Albañilería Instalaciones Especiales
	COMPRARLO		
	TRASLADARLO		
	PREPARARSE A RECIBIRLO		
	ALMACENES		
	METERLO A SU LUGAR		
	INSTALACION MECANICA		
	EQUIPOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS		
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO			

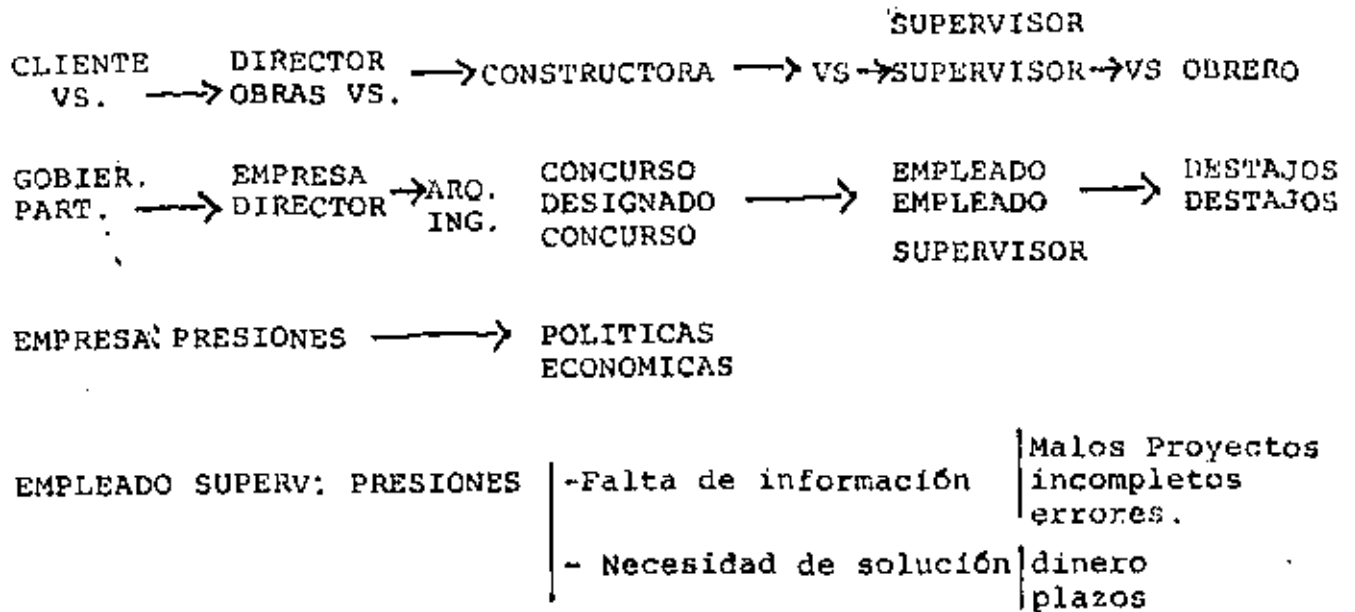
18.- Equipos que se desmontan y se colocan en el nuevo sitio.	RECTIFICARLO
	DESMONTARLO
	TRANSPARENTE
	LO DE OTROS EQUIPOS.

19.- Equipos: Datos que debe conocer el Supervisor:

- Contrato
- Proyecto
- Guías Mecánicas.
- Especificaciones
- Estructura
- Transporte como y cuando y adonde
- Prepararse para recibir
- Instalación Mecánica. Abastecedores.
- Obras complementarias Civil
- Coordinación Instalaciones otros

PERFIL DEL RESIDENTE			
RESUMEN.-	HACE	COMO	EN UN
MANEJA	CONSTRUCCIONES	TECNICO	MEDIO
PROGRAMA	INSTALACIONES	ADMINISTRADOR	ECONOMIA
ORGANIZA	COLOCACION ACABADOS	PARTE DE UN <del>...</del> EQUIPO-	
COORDINA			
DESARROLLA			
SUPERVISA			
DESIGNA			
CONTROLA			
RECUTA			
CONSEJUE			
REGISTRA			

La constructora debe allanar los problemas generales.



El contratista debe ver lo que va a contratar para saber que debe arreglar ó cuales son las tolerancias permitidas según el material o el trabajo y en las especificaciones.

La falta de planeación es mortal para una obra. Se requiere siempre de una secuencia ordenada de los trabajos.

Metodos modernos de Trabajo: Fabricación en serie VS trabajo tradicional por unidades.

Los trabajos de acabado significan: Más atención = + riesgo = + costo = + tiempo; también requieren de la selección humana o sea, buscar al trabajador que le guste hacer determinado trabajo y orientarlo hacia esa especialidad.

En nuestro medio, el obrero no es muy respetuoso del trabajo de los demas, por inconciencia, por falta de educación o de preparación y hasta por rencor o maldad; esto ocasiona graves problemas al supervisor y es necesario que él este preparado mentalmente a resolver estas situaciones con energía y en forma definitiva:

Fotografías del sitio, actas, avisos en la Bitácora de la obra son los medios más efectivos. El responsable será el contratista de esos obreros.

LOS ACABADOS PRESENTAN PROBLEMAS ESPECIALES - POR LA ETAPA DE TRABAJO Y POR EL AMBIENTE - DE LA OBRA, AMBIENTE - PRODUCTO DE UN PROCESO DE TRABAJO:

- Es la Etapa final.
- Los retrasos se acumulan y hacen críticas las entregas.
- Trabajos urgentes = más dinero no se deja el tiempo suficiente
- Situación Crítica por:
  - Las economías y los criterios pueden y suelen cambiar.
  - Las dificultades de toda la obra afloran en esta etapa:
    - retrasos de calendarios
    - obras mal hechas
    - costos diferentes
    - clientes desesperados = ellos quieren intervenir abusivos = intervienen para crear problemas.
- ▶ pleitos en la obra.

Otra característica de los acabados es la moda:

Tabique aparente		Métodos
Ventana piso a techo		Sistemas Const.
Concreto Aparente	NUEVOS	Problemas
Concreto con Agregado expuesto		Técnicas
Futuro: instalaciones y estructuras		Soluciones

Estos dos puntos nos obligan a buscar un sistema para supervisar las obras:

A CONOCER Y COMPRENDER.

- 1o. RECTIFICAR:
- NIVELES
- COTAS
- EJES
- PENDIENTES
- OTROS TRABAJOS PREVIOS, PREVENIR VICIOS OCULTOS

Si esta mal

Si esta bien

- A.- avisar y esperar instrucciones ó decidir que se hace
- B.- avisar y proponer soluciones anexando, presupuestos, Tiempos de ejecución, etc.
- C.- Hacer plan de Trabajo.

2.- REVISAR LAS OTRAS OBRAS:  
Salidas de instalaciones.

- Centrar
- Repartir
- Nivelar

LOCALIZAR Y VERIFICAR INSTALACIONES.

- Localización

PRUEBAS DE INSTALACIONES.

- Humedades
- Luces
- Sonido
- Paso de Ductos
- Calor en Chimeneas

3.- PREPARAR Y SEÑALAR LAS SALIDAS.

- No taparlas
- Emboquillarlas
- Prepararlas

4.- RECTIFICAR LOS EQUIPOS.

- Que esten completos
- Que tengan sus instalaciones
- Hacerlos andar para ver que problemas presentan: Salidas a vapor, humedad, condensaciones, humos, olores, charcos.
- Localizar Registros.

5.- MOBILIARIO:

Proyecto Arquitectónico  
Instalaciones y Equipos  
Acabados

Medidas y Accesorios  
Guías Mecánicas  
Ajustes y Remates

B.- ANALISIS, PREPARACION Y RESPUESTA.

6.- PLANEAR LAS ETAPAS DE TRABAJO O DE CONSTRUCCION:

- Tiempos

Antes de  
Entre tal y tal  
después de

- Hacer las correcciones a lo mal hecho ó
- Determinar las correcciones permitidas
- Las obras previas.

Normal.- plomo y nivel.

Especial.- a escantillón o reventón

- Los Trazos.      Repartir  
                    Modular  
                    Trazar

- Obras primeras y Selección de Material
- Obras complementarias.
- Terminado
- Protecciones al Acabado.

Se necesita:  
Resolver  
Seleccionar  
Cortar

7.- Todos estos trabajos de acabado implican un mayor grado de dificultad porque ya no hay posibilidades de ocultar cualquier error, así que nunca es inútil verificar todo lo que se relaciona con ese acabado:

- la métrica (trazo y medidas)
- Los cambios de material (puertas y muros)
- los remates
- las relaciones con otros materiales
- las instalaciones y los relativos.
- el sistema constructivo:
  - aparentes
  - recubrimientos
  - sus protecciones Ejem. repisones, goteras.
- Su abasto.- tiempos, colores, medidas.

EN RESUMEN:

- El residente se debe anticipar en la ejecución de las obras.
- La supervisión de acabados se concreta a un buen diseño y a saber construir.
- El diseño es básico para el buen acabado.
- Las obras de acabado son el final de un proceso, de una jerarquía de obras, todas y cada una de ellas con errores permitidos ó tolerancias, tolerancias que muchas veces son producto de la naturaleza del propio material o sea del procedimiento

to de transformación mencionado en el esquema de la forma construida.

Los acabados deben cubrir los defectos de otros materiales más burdos, y lo deben hacer porque sus condiciones de -- trabajo son mejores, con obreros más calificados y materias primas más nobles y esto de la nobleza se refiere a la generosidad del material y no a la actividad propia, ya que como quedo asentado el Construir es parte de la esencia misma del hombre.

La Responsabilidad del residente consiste en terminar la obra, si hay errores previos, NO TAPARLOS, sino resolverlos, denunciarlos si es necesario pero siempre buscar soluciones.

Si existe una orden o una indicación equivocada, no objetar sino informar.

El determinante final sera:

- La vista
- La Presentación
- Que funcione adecuadamente

El unico control es el ~~trabajo~~ <sup>DINERO.</sup>:

- Si el trabajador deja obras pendientes, retener el dinero.
- Para garantizar que los trabajos esten bien ejecutados: Fianzas.

Por último solo el que hace algo se puede equivocar. El que nunca hace nada nunca se equivoca.

El error aparece cuando se hace por eso es error, - por esta razón siempre hay que revisarlo todo,

Hablamos de que Construir es hacer y hacer significa siempre el peligro del error.

Los constructores cometemos muchos errores; nuestra  
única salvación está en la superación de las Técnicas de Traba  
jo, en hacerlas operativas, y en formar nuestros equipos de --  
trabajo.

México, D.F. 4 de Agosto de 1979

  
RODOLFO F. GUTIERREZ GARCIA





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



---

RESIDENTES DE CONSTRUCCION

INSTALACION DE TUBERIAS

ING. JOSE LUIS CORDOVA RODRIGUEZ  
AGOSTO, 1979



CÓNFERENCIA : INSTALACIONES DE TUBERIAS.

PONENTE : ING. JOSÉ LUIS CÓRDOVA RODRÍGUEZ

FECHA : 28 DE JULIO DE 1979.

LUGAR : CENTRO DE EDUCACIÓN CONTÍNUA, UNAM  
PALACIO DE MINERÍA, MÉXICO, D. F.

HORARIO : 11:30 A.M. - 2:00 P.M.

# I N D I C E

- 1. GENERALIDADES
  - 1.1. CONCEPTO DE TUBERIA
  - 1.2. MATERIALES PARA TUBERIA
  - 1.3. METODOS DE FABRICACION DE TUBOS Y FUNCION DE LOS ACCESORIOS
  
- 2. INFORMACION BASICA PARA EL DISEÑO
  - 2.1. BASES DE DISEÑO
  - 2.2. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS
  
- 3. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO
  - 3.1. ECONOMIA
  - 3.2. SEGURIDAD
  - 3.3. OPERACION
  - 3.4. MANTENIMIENTO.
  
- 4. ORGANIZACION
  - 4.1. ORGANIGRAMA
  
- 5. DISEÑO DE TUBERIAS.
  - 5.1. INTRODUCCION
  - 5.2. FUNCIONES DEL AREA DE TUBERIA
  
- 6. PROGRAMAS DE DISEÑO
  
- 7. IMPORTANCIA DE LOS DOCUMENTOS
  - 7.1. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

- 7.2.                   DIAGRAMAS DE FLUJO
- 7.2.1.                FUNCION DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO
- 7.2.2.                IMPORTANCIA Y VALOR DEL TRABAJO EN  
                          DIAGRAMAS DE FLUJO
  
- 7.3.                   DIBUJOS DE PLANTA Y ARREGLOS GENERALES
- 7.3.1.                ARREGLOS GENERALES
- 7.3.2.                DIBUJOS DE DETALLE
- 7.3.3.                ISOMETRICOS DE TUBERIA
  
- 8.                    FLEXIBILIDAD Y SOPORTERIA
  
- 9.                    MONTAJE DE TUBERIAS
- 9.1.                  INTRODUCCION
- 9.2.                  INFORMACION BASICA PARA EL MONTAJE DE  
                          TUBERIAS.
- 9.2.1.                PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCION
- 9.2.2.                ESPECIFICACIONES DE TUBERIA
- 9.2.3.                DIAGRAMAS DE FLUJO
- 9.2.4.                ARREGLOS GENERALES DE TUBERIAS
- 9.2.5.                INDICE DE LINEAS Y LISTA DE MATERIALES
- 9.2.6.                ISOMETRICOS DE TUBERIAS
- 9.2.7.                NORMAS Y CODIGOS INTERNACIONES DE -  
                          CONSTRUCCION.
  
- 9.3.                  PLANEACION Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES.
- 9.3.1.                OBTENCION DE VOLUMEN DE OBRA Y HORAS  
                          HOMBRE
- 9.3.2.                PROGRAMA INTERNO DE ACTIVIDADES
- 9.3.3.                CLASIFICACION DE TUBERIAS POR SISTEMA  
                          Y POR MATERIALES.
- 9.3.4.                ORGANIZACION Y COORDINACION DE LA FUERZA  
                          DE TRABAJO
- 9.3.5.                METODOS DE FABRICACION Y MONTAJE
- 9.3.6.                CONTROL DE OBRA

## 1.- GENERALIDADES.

### 1.1. CONCEPTO DE TUBERÍA.

EL DICCIONARIO DESCRIBE LA TUBERÍA COMO UN LARGO CONDUCTO CIRCULAR DE LONGITUD MUY LARGA, DE ARCILLA, CONCRETO, MADERA, METAL, VIDRIO, ETC., QUE SE UTILIZA PARA TRANSPORTAR AGUA, GAS, ACEITE, U OTROS FLUIDOS. - (UN FLUIDO ESTÁ DEFINIDO COMO UNA SUSTANCIA CAPAZ DE FLUIR).

LA TUBERÍA HA ESTADO CON NOSOTROS POR MÁS DE 500 --- AÑOS Y CADA VEZ SE INTRODUCEN NUEVOS PROTOTIPOS PARA TUBERÍA, LOS CUALES CREAN DEMANDAS PARA NUEVOS E IMPROVISADOS MATERIALES E INGENIOSIDAD DE LOS DISEÑADORES DE TUBERÍAS.

LA TUBERÍA HA AVANZADO TANTO DESDE SU FUNCIÓN PRIMARIA QUE CONSISTÍA ÚNICAMENTE EN LLEVAR AGUA A TRAVEZ DE TUBOS DE MADERA, QUE ACTUALMENTE PUEDE ENCONTRARSE EN LA MAYORÍA DE LOS LUGARES QUE VEMOS A DIARIO.

DEBIDO A QUE EL CONCEPTO DE TUBERÍA ES AMPLIAMENTE - USADO, LOS INGENIEROS DISEÑADORES DE TUBERÍA NO ---- APRENDEN POR COMPLETO EL CAMPO DE LA MISMA Y POR LO MISMO LLEGAN A ESPECIALIZARSE DENTRO DE LOS CAMPOS - DE TUBERÍAS DE PLANTAS DE FUERZA, DE PROCESO, DE CONDUCCIÓN, O ALGUNA OTRA CATEGORÍA.

EN UNA REFINERÍA O COMPLEJO PETROQUÍMICO, LA TUBERÍA CONSTITUYE EL MAYOR CONSUMO DE TODAS LAS DISCIPLINAS DE DISEÑO. LA TUBERÍA CONSUME CERCA DE 50% DE LAS - HORAS DE INGENIERÍA DE DISEÑO, 35% DEL COSTO DEL MATERIAL DE LA PLANTA Y CERCA DEL 30% DEL COSTO DE MANO DE OBRA EN EL CAMPO.

UN DISEÑO MALO EN LAS OFICINAS PUEDE INCREMENTAR EL COSTO DE LA PLANTA.

## 1.2. MATERIALES PARA TUBERÍA.

LA SELECCIÓN DE MATERIALES DE TUBERÍA PARA CUALQUIER APLICACIÓN DADA, DEBE SEGUIR LAS RECOMENDACIONES DE CÓDIGOS APLICABLES, STANDARES DIMENSIONALES Y ESPECIFICACIONES DE MATERIAL ESTABLECIDAS. SIN EMBARGO EL INGENIERO DE DISEÑO DEBE TOMAR EN CONSIDERACIÓN TAMBIEN LOS REQUERIMIENTOS DE SERVICIO Y CONSIDERAR LOS EFECTOS DE CONDICIONES TALES COMO: CORROSIÓN, EXFOLIACIÓN, FATIGA TÉRMICA O MECÁNICA, TERMOFLUENCIA, TENACIDAD DE MUESCA E INESTABILIDAD METALÚRGICA A TEMPERATURAS ELEVADAS.

UNA BUENA PRÁCTICA DE INGENIERÍA DEBE SER REALISTA Y AL MISMO TIEMPO REQUERIR UN NIVEL DE MATERIALES, FABRICACIÓN Y SOLDADO QUE SATISFAGA LAS DEMANDAS DEL SERVICIO PARTICULAR.

MUCHOS INGENIEROS QUE NO ESTÁN FAMILIARIZADOS CON MATERIALES, FABRICACIÓN, SOLDADURA E INSPECCIÓN, DEFINEN REQUERIMIENTOS EN ESPECIFICACIONES QUE INVOLUCRAN MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS EXTREMADAMENTE COSTOSOS - Y QUE SIN EMBARGO NO MEJORAN LA CONFIABILIDAD Ó LA ESPERANZA DE VIDA DEL PRODUCTO.

EN REALIDAD, MATERIALES SATISFACTORIOS PARA TUBERÍAS SE ENCUENTRAN DISPONIBLES PARA LAS CONDICIONES DE SERVICIO ORDINARIAS QUE SE PRESENTAN EN PROCESOS Y EQUIPOS QUE OPERAN EN RANGOS MUY ALTOS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN.

ESTAS ESPECIFICACIONES DEBEN LEERSE CON CUIDADO YA QUE SON DE MUCHA AYUDA PARA QUE EL DISEÑADOR SELECCIONE EL MATERIAL MÁS ADECUADO PARA UN DETERMINADO SERVICIO.

LAS GENERALIDADES SIGUIENTES PUEDEN SERVIR COMO GUÍA EN LA EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES PARA TUBERÍAS DESCRITOS POR LA A.S.T.M. SIN EMBARGO DEBE CONSULTARSE CON UN METALÚRGICO, PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES CUANDO SE PRESENTEN PROBLEMAS ESPECIALES.

### 1.3. METODOS DE FABRICACION DE TUBO Y FUNCION DE LOS ACCESORIOS

EL DIÁMETRO DEL TUBO, ESPESOR DE PARED, ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL Y REQUERIMIENTOS DE ENTREGA SON FACTORES DETERMINANTES EN LA SELECCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA TUBERÍA.

LA TUBERÍA DE ACERO PUEDE FABRICARSE POR LOS SIGUIENTES MÉTODOS.

- A).- SOLDADURA DE TRASLAPE
- B).- SOLDADURA DE ESPIRAL
- C).- SOLDADURA A TOPE
- D).- MÉTODOS SIN COSTURA.

DOS DE LOS PROCEDIMIENTOS MÁS COMÚNMENTE EMPLEADOS SON LOS DOS ÚLTIMOS Y CONSISTEN DE LO SIGUIENTE:

LA TUBERÍA SOLDABLE O CON COSTURA ES HECHA DE PLACA DE ACERO LA CUAL ES ROLADA PARA FORMAR SECCIONES CIRCULARES, LOS FILOS SON ENTONCES SOLDADOS JUNTOS PARA FORMAR UNA SOLDADURA LONGITUDINAL, OBTENIÉNDOSE ASÍ UNA EFECIENCIA DE JUNTA DE 100% COMPARADA CON LA TUBERÍA SIN COSTURA LA CUAL REALMENTE CUMPLE CON ESTE PORCENTAJE, PERO LA TUBERÍA SOLDABLE TENDRÍA UNA INSPECCIÓN ESPECIAL DE CONTROL DE CALIDAD TAL COMO INSPEC--



CIÓN TOTAL DE RAYOS X, Y RELEVADO DE ESFUERZO.

LA TUBERÍA SIN COSTURA ESTÁ FABRICADA DE LA SIGUIENTE FORMA. UN BILETE DE ACERO ES CALENTADO HASTA UNA TEMPERATURA ADECUADA Y SE LE HACE PASAR A TRAVÉS DE UNOS RODILLOS, LOS CUALES TIENEN AL OTRO LADO COLOCADO UN PUNZÓN EL CUAL EMPIEZA A PERFORAR EL BILETE OBTENIÉNDOSE DE ESTA FORMA UNA PARED UNIFORME Y UNA EFICIENCIA DE 100%.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE VALVULAS

<u>TIPO</u>	<u>MANERA DE OPERACION</u>	<u>USO</u>	<u>LIMITACIONES</u>
COMPUERTA	DISCO COMPUERTA OPERADO POR MEDIO DE UN VÁSTAGO ROSCADO Y VOLANTE COLOCADO A ÁNGULOS DE 90°. EL DISCO ASIENTA CONTRA 2 CARAS PARA CORTE.	SERVICIO DE BLOQUEO EXCLUSIVAMENTE. (SE CIERRA O SE ABRE TOTALMENTE).	NO RECOMENDABLE PARA REGULACIÓN DE FLUJO. CUANDO SE USA PARA REGULACIÓN SE RAYA, LA COMPUERTA SE EROSIONA; LA RANURA EN LA BASE DE LAS VÁLVULAS SE PUEDE LLENAR DE MATERIAL EVITANDO UN CIERRE PERFECTO EN LA VÁLVULA.
GLOBO	DISCO OPERADO POR MEDIO DE UN VÁSTAGO, EL CUAL TIENE UN TAPÓN QUE ASIENTA SOBRE UNA APERTURA CIRCULAR. EL FLUIDO CAMBIA DE DIRECCIÓN AL PASAR POR EL CUERPO DE LA VÁLVULA	RECOMENDABLE PARA REGULACIÓN DE FLUJO DEBIDO A QUE POR SU CONFIGURACIÓN OFRECE MUCHA RESISTENCIA AL FLUJO.	NO RECOMENDABLE PARA SERVICIOS DE BLOQUEO. EL COSTO Y MANTENIMIENTO ARRIBA DE 6" LLEGA A SER DESFAVORABLE.

TIPO	MANERA DE OPERACION	Uso	LIMITACIONES
NO LUBRICADAS	UTILIZA UN MECANISMO DE LEVA-MANIVELA PARA EMPUJAR EL TAPÓN Y LO GIRA SIN FRICCIÓN ENTRE EL TAPÓN Y LOS ASIENTOS	MISMOS QUE LA ANTERIOR, PERO EN SERVICIOS DONDE LA LUBRICACIÓN ES UN INCONVENIENTE, EXCELENTE PARA SERVICIOS CORROSIVOS PERO REQUIEREN DE ALEACIONES ESPECIALES.	NO SE PUEDEN REEMPACAR. NO SELLA PERFECTAMENTE.
VÁLVULA CHECK		GENERALMENTE SE UTILIZA PARA PREVENIR EL CONTRAFLUJO EN LAS LINEAS.	
CHECK TIPO DE COLUMPIO	EL FLUJO HACE QUE UNA COMPUERTA ESTÉ ABIERTA DEBIDO A LA PRESIÓN EN UN SENTIDO Y CUANDO LA PRESIÓN ES EN SENTIDO CONTRARIO LA COMPUERTA CAE POR GRAVEDAD Y LA CONTRA PRESIÓN LA SELLA.	SE UTILIZA CUANDO UNA CARGA MÍNIMA SE REQUIERA. ES LA MEJOR PARA LÍQUIDOS Y PARA LÍNEAS MUY GRANDES.	NO RECOMENDABLE PARA LINEAS CON FLUJOS EN PULSACIONES, ALGUNOS TIPOS OPERAN SOLO EN POSICIÓN HORIZONTAL
CHECK TIPO PISTÓN	EL PATRÓN DE FLUJO ES EL MISMO QUE EL DE LA VÁLVULA DE GLOBO, EL FLUJO ELEVA EL PISTÓN Y POR GRAVEDAD CAE CUANDO NO HAY FLUJO SELLANDO EN CASO DE	ES RECOMENDABLE PARA VAPORES, GASES Y AGUA, TAMBIEN PARA FLUIDOS Y PULSACIONES	ALGUNOS TIPOS SON ÚNICAMENTE PARA SERVICIO HORIZONTAL, NO EL COMÚN PARA TAMAÑOS MAYORES DE 6" NO

TIPO	MANERA DE OPERACION	Uso	LIMITACIONES
ANGULO	SIMILAR A LA DE GLOBO - EXCEPTO QUE LA ENTRADA Y LA SALIDA FORMAN ANGULO DE 90°.	EL MISMO USO QUE LA DE GLOBO, USADA PARA SERVICIOS NO SEVEROS Y EN LUGAR DE UNA VÁLVULA DE GLOBO EN CODO.	ECONOMÍA FALSA - PARA USOS INDUSTRIALES. LÍMITE DE FLEXIBILIDAD DE LA LÍNEA.
MACHO	TAPÓN MACHO CON UNA ABERTURA DE LA MISMA FORMA QUE EL INTERIOR DEL CUERPO DE LA VÁLVULA, ABRE Y CIERRA CON UN MÍNIMO ESPACIO. SE REQUIERE 1/4 Ó 1 VUELTA NECESITA PARA ABRIR O CERRAR	PARA INTERRUPCION DE SERVICIO BLOQUEO MÁS EFECTIVO QUE LA DE COMPUERTA, BAJA CAIDA DE PRESIÓN SUS ASIENTOS NO EXPUESTOS NO SUFREN CORROSION.	SE RECOMIENDA PARA USO POCO CONTINUO.
LUBRICADA	LA ROSCA EN LA PARTE SUPERIOR DEL TAPON ES USADA PARA LUBRICAR DENTRO DE LAS RANURAS Y LA BASE DE LA CÁMARA	SE UTILIZA IGUAL QUE LA ANTERIOR Y PUEDE USARSE EN ALGÚN SERVICIO EN DONDE LA CONTAMINACION NO SEA UN PROBLEMA FUERTE.	LA LUBRICACION PUEDE CAUSAR CONTAMINACION EN LOS PRODUCTOS.

TIPO	MANERA DE OPERACION	Uso	LIMITACIONES
CONTRAFLUJO.			RECOMENDABLE PARA FLUIDOS CON SOLIDOS
TIPO BOLA	UNA VÁLVULA QUE FUNCIONA POR ELEVACIÓN DE UNA BOLA CON GUÍAS	DETIENE EL CONTRA FLUIDO MÁS RÁPIDO QUE OTRAS. RECOMENDABLE PARA LÍQUIDO VISCOSO CON RESIDUO DE SOLIDOS. INSTALACIÓN VERTICAL U HORIZONTAL.	NO ES COMÚN PARA TAMAÑOS MAYORES DE 6". NO RECOMENDABLE PARA FLUIDOS CON PULSACIONES.
AGUJA	SIMILAR A LA DE GLOBO EXCEPTO QUE EL DISCO ESTÁ PUNTEADO	SE UTILIZA GENERALMENTE PARA VÁLVULA DE 2" Y MENOS EN PLANTAS PLOTO, SERVICIO DE INSTRUMENTACIÓN	BLOQUEO POCO EFECTIVO EN ALGUNOS DISEÑOS, LOS ASIENTOS SE DESGASTAN.
DIAFRAGMA	EL DIAFRAGMA EVITA QUE EL FLUIDO ESTÉ EN CONTACTO CON EL VÁSTAGO.	SE UTILIZA PARA FLUIDOS CORROSIVOS, VOLÁTILES Y TÓXICOS, EN LOS CUALES NO SE TOLERAN FUGAS.	LOS DIAFRAGMAS SON SOLO DE HURROSIVOS, VOLÁTILES Y TÓXICOS, EN LOS CUALES NO TRABAJAN ARRIBA DE 400° F.

## TIPOS DE BRIDAS Y SU APLICACION.

ROSCADAS. - SE UTILIZA UNIÉNDOLA POR MEDIO DE UNA ROSCA A UN TUBO, Y NO SE REQUIERE SOLDADURA.

SE UTILIZA PARA ALTAS PRESIONES A TEMPERATURAS MODERADAS, NO SE RECOMIENDA PARA USOS DONDE APAREZCAN ESFUERZOS DE FLEXIÓN Y TÉRMICAS.

DESLLIZABLE. - TIENEN UN MENOR COSTO QUE LA BRIDA DE CUELLO PERO SU COSTO YA INSTALADA ES EL MISMO QUE EL DE UNA DE CUELLO. LA RESISTENCIA CALCULADA BAJO PRESIÓN INTERNA Y SU VIDA BAJO FATIGA ES MENOR QUE LA DE CUELLO. LA INSTALACIÓN DE LA BRIDA SE HACE DESLIZANDO EL TUBO HACIA EL INTERIOR DE LA BRIDA Y SE HACEN DOS SOLDADURAS UNA EN EL INTERIOR Y OTRA EN EL EXTERIOR.

SOLDABLE. - ES UNA MAZA CÓNICA TUBULAR LA CUAL SE UNE A LA TUBERÍA POR MEDIO DE UNA SOLDADURA. EL CUELLO DE LA BRIDA LLEGA A FORMAR PARTE INTEGRAL DEL TUBO Y PRODUCE UNA UNIÓN LA CUAL PUEDE SOPORTAR FLEXIONES.

SE UTILIZA PARA SERVICIOS DE ALTA PRESIÓN Y TEMPERATURA Ó BAJA TEMPERATURA.

BRIDA LOCA. - ES UNA BRIDA QUE SE COLOCA CON UN ACCESORIO LLAMADO STUB-END EL CUAL ESTÁ ACAMPANADO Y LA BRIDA QUEDA SUELTA EN EL TUBO. LA BRIDA NUNCA ESTÁ EN CONTACTO CON EL FLUIDO.

SE UTILIZA EN SERVICIOS LOS CUALES REQUIEREN FRECUENTE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA. PARA DIÁMETROS MUY GRANDES Y OTROS TIPOS DE INSTALACIONES PARA LOS CUALES LA FACILIDAD DE PODER GIRAR LA BRIDA ES UNA VENTAJA.

BRIDAS DE ACERO AL CARBÓN, Y SON UTILIZADAS CON STUB END DE ALEACIÓN Ó INOXIDABLES PARA CIERTOS SERVICIOS CORROSIVOS REDUCIENDO LOS COSTOS.

APLICACION DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CONEXIONES EN VALVULAS Y CONEXIONES.

ROSCADO.- USANDO EXTENSAMENTE PARA TUBERÍAS DE 2" Y MENORES HECHOS DE FIERRO, ACERO, BRONCE, Y VARIAS ALEACIONES.

EMBUTIDO Y SOLDADO.- TAMBIÉN AMPLIAMENTE UTILIZADOS EN TAMAÑOS DE 2" Y MENORES PARA SERVICIOS SEVEROS DONDE EL PELIGRO DE FUGAS DEBE SER ELIMINADO. ES AUTOALINEABLE Y FÁCIL DE INSTALAR.

SOLDABLE A TOPE.- USADOS CASI EXCLUSIVAMENTE PARA TODAS LAS UNIONES DE ACCESORIOS EN LINEAS DE PROCESO DE 2" Y MAYORES, NO SE RECOMIENDA PARA VÁLVULAS.

BRIDADAS.- USADAS EN UNIONES Y TERMINALES DE VÁLVULAS EN LÍNEAS SOLDABLES.

JUNTA SOLDABLE.- JUNTA DE BAJA TEMPERATURA PARA TUBERÍA DE COBRE EN SERVICIOS DE PLOMERÍA (HIDRÁULICOS Y CALEFACCIÓN). SU SERVICIO POR ESO MISMO ES LIMITADO, YA QUE LA SOLDADURA DE LA JUNTA FUNDE DE 362° F A 400° F.

JUNTA CON SOLDADURA FUERTE.- JUNTA PARA LINEAS DE BRONCE Y COBRE LAS CUALES RESISTEN MÁS ALTAS TEMPERATURAS -- QUE LAS DE JUNTA SOLDABLE. UN ANILLO DE SOLDADURA DE PLATA INSERTADO EN FÁBRICA, SELLA CUANDO SE FUNDE CON UNA FLAMA DE OXIACETILENO.

ACAMPAÑADA Y COMPRIMIDA.- SE UTILIZA GENERALMENTE PARA SISTEMAS NUEMATICOS.

BRIDA DE TRASLAPE.- LA TUBERÍA SE COLOCA DENTRO DE LA BRIDA HASTA UN TOPE Y POSTERIORMENTE SE SUELDA EL TUBO EN LA PARTE DE ATRÁS DE LA BRIDA. LA GRIETA QUE QUEDA ENTRE EL TUBO Y LA BRIDA PUEDE ESTAR SUJETO A EXCESIVA CORROSIÓN BAJO ESTAS CONDICIONES, POR LO QUE CORDÓN DE SOLDADURA DEBE SER COLOCADO PARA EVITAR ESTA DIFICULTAD.

SE PUEDE UTILIZAR PARA DIÁMETROS PEQUEÑOS DE TUBERÍA.

#### TIPOS DE CARAS DE BRIDAS Y SUS USOS.

TIPO CARA REALZADA.- ES LA MÁS COMÚN, EL PAR DE BRIDAS ES IDÉNTICO Y EL REALCE DE LAS CARAS ES DE 1/16" PARA 150 LBS. Y 500 LBS. Y PARA LAS BRIDAS DE MAYOR RANGO ES DE 1/4".

SE UTILIZAN PARA SERVICIOS MODERADOS.

TIPO DE ANILLO.- ES MÁS CARA, PERO TAMBIÉN UN TIPO DE CARA MÁS EFICIENTE EN LA UNIÓN. NO SE DAÑA FÁCILMENTE EN LA INSTALACIÓN.

SE UTILIZA PREFERENTEMENTE PARA SERVICIOS DE ALTA PRESIÓN Y TEMPERATURA.

MACHO Y HEMBRA.- SON HECHOS EN DIÁMETROS GRANDES Y CHICOS, LOS EMPAQUES METÁLICOS PUEDEN SER USADOS EN DIÁMETROS PEQUEÑOS DEBIDO A SU ALTA CAPACIDAD DE COMPRESIÓN.

SE UTILIZAN PARA SERVICIOS ESPECIALES REQUERIENDO UN EMPAQUE DE RETENCIÓN (NO SON COMUNES).

RANURA Y LENGÜETA. - TAMBIÉN SON FABRICADOS EN DIÁMETROS PEQUEÑOS Y GRANDES. EL DIÁMETRO INTERIOR NO SE EXTIENDE HASTA EL DIÁMETRO INTERIOR DE LA BRIDA Y DE ÉSTA MANERA SE ELIMINA EL CONTACTO DEL EMPAQUE CON EL FLUÍDO.

EN DIÁMETROS PEQUEÑOS DE BRIDAS, SE OBTIENE UNA ALTÍSIMA EFICIENCIA.

SE UTILIZA PARA SERVICIOS EN LOS CUALES EL EMPAQUE NO TENGA CONTACTO CON EL FLUÍDO.

CARA PLANA. - ES SIMILAR A LA DE CARA REALZADA EXCEPTO QUE NO TIENE EL REALCE. CON FRECUENCIA A LA BRIDA DE CARA REALZADA SE LE MAQUINA EL REALCE PARA DEJARLA DE CARA PLANA.

LAS BRIDAS DE CARA PLANA SON COMPAÑERAS PARA LAS BRIDAS DE 125 LBS. Y 250 LBS. DE FIERRO FUNDIDO DE VÁLVULAS O BOMBAS.

## 2. INFORMACION BASICA PARA EL DISEÑO.

### 2.1. BASES DE DISEÑO.

ESTA INFORMACIÓN COMO SU NOMBRE LO INDICA, PROPORCIONA A LA COMPAÑÍA DE INGENIERÍA ENCARGADA DEL DESARROLLO DEL PROYECTO. LOS LINEAMIENTOS DENTRO DE LOS CUALES EL DISEÑO SE LLEVARÁ A CABO.

GENERALMENTE ESTAS BASES DE DISEÑO INCLUYEN DENTRO DE SU DESCRIPCIÓN LO SIGUIENTE:

A).- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA O PLANTAS REQUERIDAS PARA SU DISEÑO (PLANTAS INDUSTRIALES, PLANTAS DE FUERZA, REFINERÍAS, ETC.)



- B).- PRODUCTO O PRODUCTOS FINALES REQUERIDOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO O PROCESOS.
- C).- CONDICIONES, NECESIDADES Y CONCEPTOS GENERALMENTE PARA LA REALIZACIÓN DEL MISMO.
- D).- CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO O FLUIDOS QUE SON MANEJADOS.
- E).- CÓDIGOS Y NORMAS VIGENTES APLICABLES AL PROCESO.
- F).- ESPECIFICACIONES GENERALES DE DISEÑO PARA LA PLANTA (CUANDO NO SON PROPORCIONADOS SE DESARROLLA DENTRO DEL DISEÑO).
- G).- UBICACIÓN DE LA PLANTA.
- H).- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO
- I).- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS DEL LUGAR.
- J).- PUNTOS PRELIMINARES O VÍAS DE SUMINISTRO DE ELEMENTOS AUXILIARES PARA LA PLANTA. (AGUA DE ENFRÍAMIENTO, COMBUSTIBLES, GENERACIÓN DE FUERZA, MATERIAS PRIMAS, ETC.).

## 2.2. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS.

DEFINITIVAMENTE AL RESPECTO EL CLIENTE PARTICIPA ACTIVAMENTE EN EL CONTROL DE COSTOS DEL PROYECTO, PARA LO CUAL EMITE DE COMÚN ACUERDO CON LA COMPAÑÍA CONSTRUCTORA. LOS PROCEDIMIENTOS DE REPORTE DE COSTOS DEL PROYECTO.

INCLUIDOS DENTRO DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DEL PROYECTO SE ENCUENTRAN LOS REPORTES DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS POR CADA UNA DE LAS ÁREAS Y DISCIPLINAS DEL PROYECTO, REPORTES DE AVANCES, HORAS HOMBRE CONSUMIDAS, ETC.

### 3. CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE DISEÑO.

DURANTE EL DESARROLLO DE CUALQUIER TIPO DE PROYECTO O INSTALACIÓN EXISTEN FACTORES LOS CUALES SON BÁSICOS PARA UN BUEN DISEÑO. INDEPENDIEMENTE DEL PROYECTO EN GENERAL EL DISEÑO ELABORADO PARA LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS QUEDARÁ INCLUIDO DENTRO DE ELLOS Y SON LOS SIGUIENTES.

#### 3.1. ECONOMÍA.

EN NECESARIO QUE EL DISEÑADOR DEL ARREGLO GENERAL TENGA CONOCIMIENTOS DE LOS COSTOS UNITARIOS, YA QUE DEBE DE REFLEXIONAR ACERCA DE LAS VENTAJAS DE APEGARSE AL COSTO ESTABLECIDO, (PREVIO ANÁLISIS) PARA EL PROYECTO.

ES SUMAMENTE IMPORTANTE EL TENER UNA SERIE DE CONSULTAS CON EL PERSONAL DE CONSTRUCCIÓN. PARA NO DESARROLLAR UN ARREGLO DENTRO DEL CUAL RESULTE CARA LA ERECCIÓN DEL EQUIPO E INSTALACIONES.

#### 3.2. SEGURIDAD.

LOS PELIGROS A LOS QUE ESTÁN EXPUESTOS LOS OPERADORES DENTRO DE CUALQUIER TIPO DE PLANTA SON LOS SIGUIENTES:

- A).- FUEGO
- B).- EXPLOSIÓN
- C).- TROPIEZOS

LO ANTERIOR IMPLICA LA RESPONSABILIDAD POR PARTE DEL AREA DE DISEÑO. PARA EVITAR EN FORMA TOTAL QUE SE PRESENTEN ESTE TIPO DE ACCIDENTES CUANDO LA PLANTA ESTÉ EN OPERACIÓN. EL DISEÑO POR LO TANTO DISPONDRÁ PERFECTAMENTE DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD APLICABLES, -- ASÍ COMO UNA PERFECTA DISTRIBUCIÓN DE CUALQUIER EQUIPO O EQUIPOS.

### 3.3. OPERACIÓN.

UNA DE LAS PRINCIPALES REGLAS EN EL DISEÑO DE TUBERÍAS ES LA FACILIDAD DE OPERACIÓN. DE TODAS LAS VÁLVULAS Y EQUIPOS.

HAY QUE TENER MUY EN CUENTA QUE UNA PLANTA SOLAMENTE - SE CONSTRUYE UNA VEZ, PERO ESTA TIENE QUE SER OPERADA DIARIAMENTE DURANTE MUCHOS AÑOS. UNA FORMA MEDIANTE - LA CUAL SE PUEDE CONSEGUIR OPERABILIDAD Y FUNCIONABILIDAD ES MEDIANTE LA COLOCACIÓN EN BATERÍA DE EQUIPO SIMILAR, VÁLVULAS ACCESIBLES A ALTURAS ADECUADAS PARA SU OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO, ETC.

### 3.4. MANTENIMIENTO.

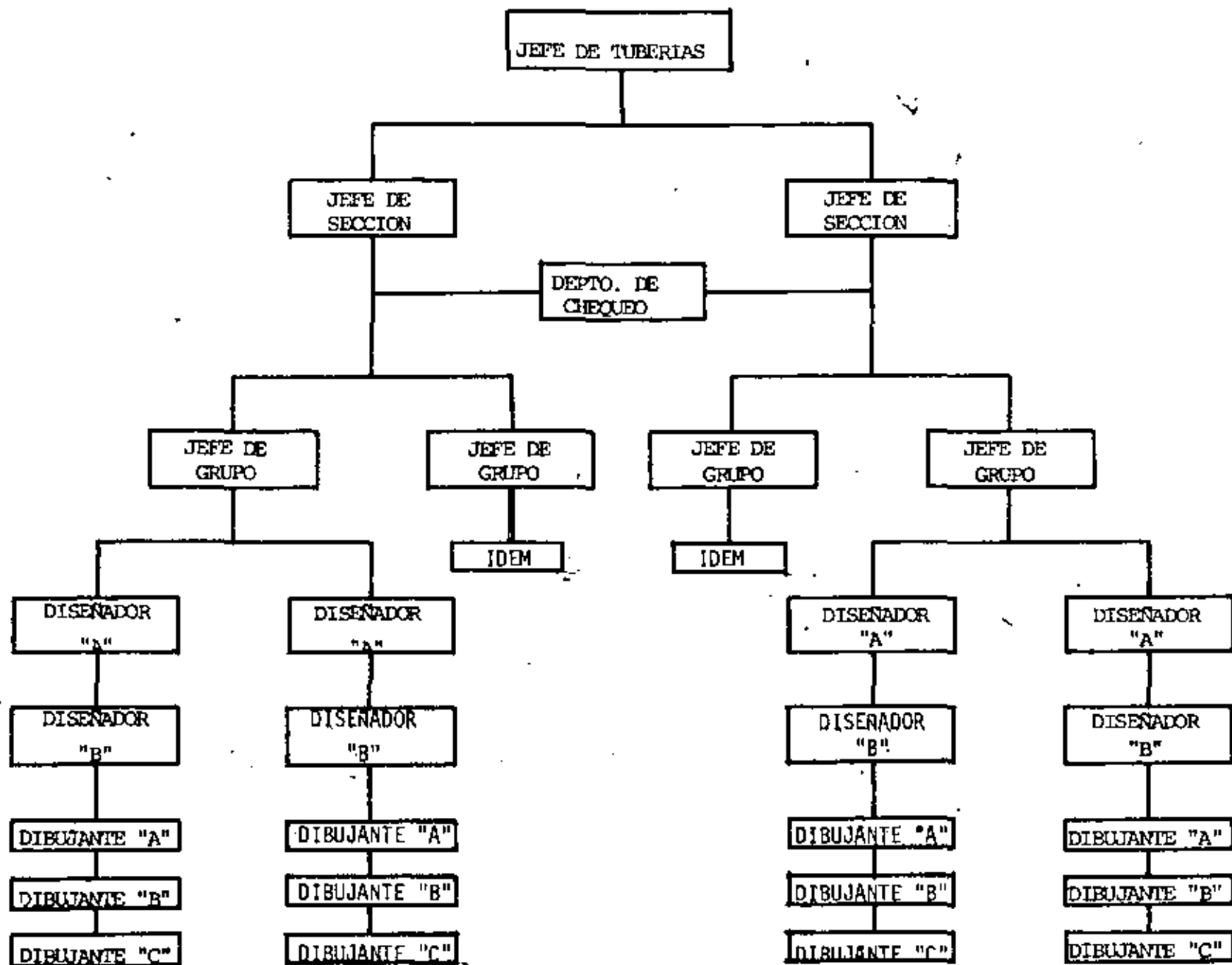
DENTRO DE LAS CONSIDERACIONES FUNDAMENTALES PARA DISEÑO EXISTE POR PARTE DEL INGENIERO PRESENTAR UN ARREGLO ADECUADO QUE SE PRESTE A LA PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO, SIGUIENDO DENTRO DE SUS ARREGLOS ZONAS DE BLOQUEOS, LAS CUALES NO AFECTEN EL FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA PLANTA.

POR LO TANTO EL ARREGLO DE EQUIPO, DISPOSICIÓN DE VÁLVULAS, COLOCACIÓN DE LINEAS EN UN LUGAR, ETC, CONTARÁN CON EL ESPACIO SUFICIENTE PARA SU MANTENIMIENTO.

## 4. ORGANIZACIÓN.

4.1. LA ORGANIZACIÓN DENTRO DEL DEPARTAMENTO DE TUBERÍAS, PUEDE SER TAN GRANDE COMO LO REQUIERA LA MAGNITUD DEL PROYECTO, EN CUANTO A ÁREAS DE TRABAJO SE DISPONGAN.

LA ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR TENDRÁ QUE DEFINIRLA EL JEFE DE TUBERÍAS. UN ORGANIGRAMA BÁSICO SERÍA EL SIGUIENTE:



## 5. DISEÑO DE TUBERIAS

5.1. EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS DE CUALQUIER TIPO DE PLANTA ESTÁ ÍNTIMAMENTE RELACIONADO CON LA INGENIERÍA DE PROCESO. LOS INGENIEROS DISEÑADORES QUE PROYECTAN LAS TUBERÍAS DE UNA PLANTA DEBEN CONOCER MEJOR QUE EL RESTO DEL PERSONAL LAS NECESIDADES DE LOS DIFERENTES PROCESOS EFECTUADOS O SERVICIOS INTERCONECTADOS. POR ELLO LAS COMPAÑÍAS QUE PROPORCIONAN SERVICIOS DE INGENIERÍA DEPENDEN PRINCIPALMENTE DEL PERSONAL EMPLEADO PARA EL DISEÑO DE TUBERÍAS EN LA ELABORACIÓN DE LAS DIFERENTES BASES DE TRABAJO.

### 5.2. FUNCIONES DEL AREA DE TUBERIAS.

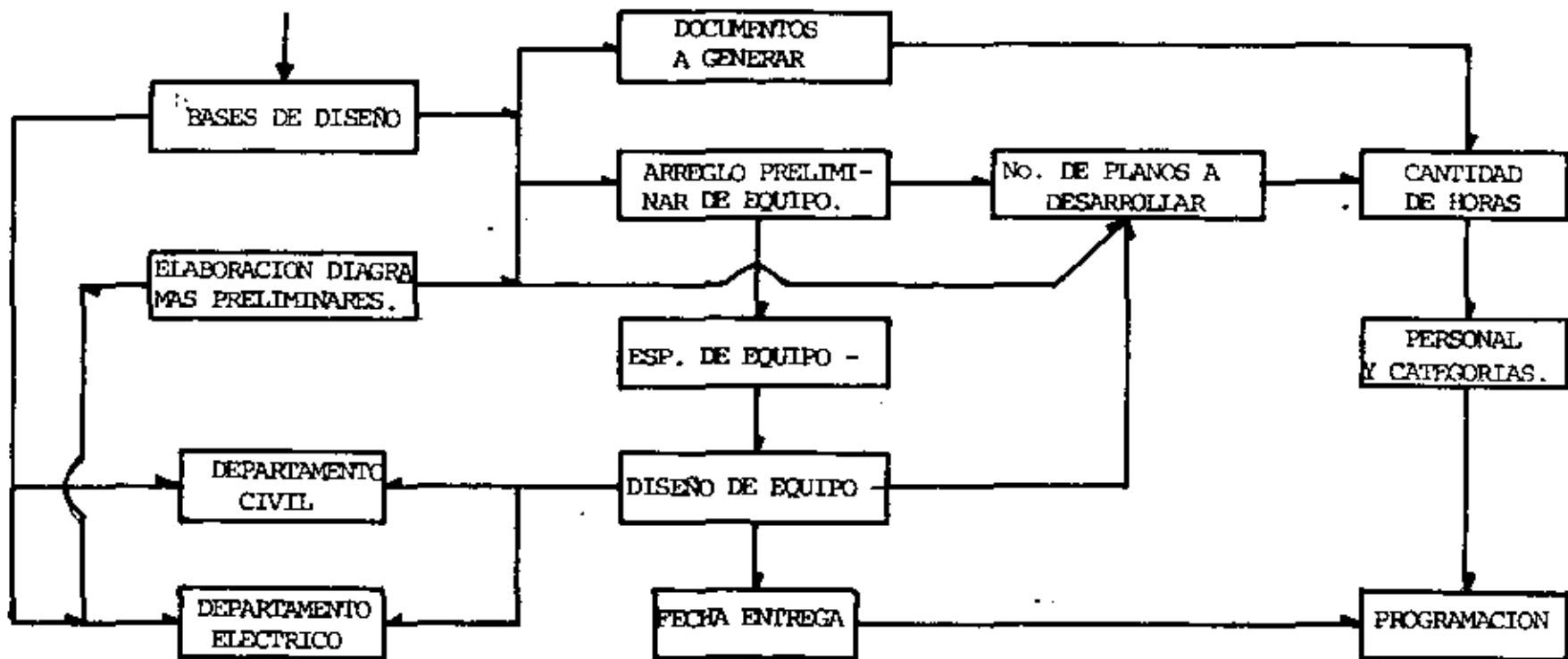
- A).- TRAZADO Y DISEÑO DE TODAS LAS TUBERÍAS DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES Y LOS CÓDIGOS APLICABLES
- B).- ORIENTACIÓN DE BOQUILLAS DE RECIPIENTES.
- C).- ESTUDIAR LA DISPOSICIÓN DE LAS TUBERÍAS A FIN DE QUE LOS ESFUERZOS RESULTANTES EN LAS MISMAS Y EN LOS EQUIPOS SEAN ADECUADOS.
- D).- CÁLCULO DE FLEXIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS.
- E).- DISEÑAR, SELECCIONAR Y ENLISTAR LOS SOPORTES DE TUBERÍAS.
- F).- ELABORACIÓN DE ISOMÉTRICOS DE TUBERÍAS.
- G).- ELABORACIÓN Y REQUISICIÓN DE LISTAS DE MATERIAL.
- H).- ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES GENERALES DE TUBERÍAS.
- I).- EDICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES DE MATERIALES PARA TUBERIA Y VÁLVULAS.
- J).- ELABORACIÓN DEL ÍNDICE DE LÍNEAS.

## 6. PROGRAMAS DE DISEÑO.

6.1. DENTRO DEL PROGRAMA GENERAL DE DISEÑO DEL PROYECTO LA INTERFASE QUE DESARROLLAN EL DEPARTAMENTO DE PROCESO - Y DE TUBERÍAS ES UNA DE LAS MÁS IMPORTANTES YA QUE ESTÁN MUY LIGADAS Y DEPENDEN UNA DE LA OTRA.

PARA EL DEPARTAMENTO DE TUBERÍAS TODA LA INFORMACIÓN - EMANADA DE LAS BASES DE DISEÑO, DIAGRAMAS DE PROCESO, ESPECIFICACIONES GENERALES, ETC. SIRVEN PARA PROGRAMAR LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR, NUMERO DE HORAS HOMBRE Y POR CONSIGUIENTE CANTIDAD DE PERSONAL Y DURACIÓN DE LAS DISTINTAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR.

UNA SECUENCIA APROXIMADA Y MUY GENERAL SERÍA LA SIGUIENTE.



## 7. IMPORTANCIA DE LOS DOCUMENTOS.

### 7.1. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES.

ES SIN DUDA LA PARTE MÁS IMPORTANTE DE LAS ACTIVIDADES DEL DEPARTAMENTO DE TUBERÍAS YA QUE SIN ELLAS CUALQUIER ESFUERZO QUE HAGAMOS POR DESARROLLAR UN BUEN DISEÑO SERÍA NULO.

LAS ESPECIFICACIONES DESCRIBEN TUBERÍAS, VÁLVULAS, ACCESORIOS Y DEMÁS ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL DISEÑO ASÍ COMO LAS REFERENCIAS DE LOS CÓDIGOS EN LOS CUALES FUERON BASADAS.

LA APLICACIÓN DE ELLAS DURANTE EL PROYECTO SE EXTIENDE HASTA LA FASE DE CONSTRUCCIÓN, YA QUE, PARA EL INGENIERO DE CAMPO ES MUY IMPORTANTE SABER QUE TIPOS DE MATERIALES SE VA A ENCONTRAR, LO CUAL LE SERVIRÁ PARA EL MEJOR DESARROLLO DE LA OBRA DE CONSTRUCCIÓN.

ES NECESARIO QUE DURANTE LA ELABORACIÓN DE ESPECIFICACIONES SE EVITE IR A EXTREMOS INAPROPIADOS. SE PUEDEN TENER EXPECIFICACIONES POR SEPARADO PARA CADA FLUÍDO, Y TAMBIÉN PARA CIERTAS CLASES DE OPERACIONES PEQUEÑAS. EL OTRO CASO SERÍA PREPARAR UNA O DOS ESPECIFICACIONES CON LOS MATERIALES QUE PUEDEN RESISTIR LAS CONDICIONES MAS SEVERAS DE OPERACIÓN. LÓGICAMENTE EL SEGUNDO CASO PODRÍA HACER QUE EL COSTO DE LOS MATERIALES, SE ELEVARA SIN EMBARGO UN ESTUDIO ECONÓMICO AL RESPECTO ES LO ADECUADO.

### 7.2. DIAGRAMAS DE FLUJO.

EL DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS ES LA HERRAMIENTA DE TRABAJO MÁS IMPORTANTE PARA LA PLANIFICACIÓN, CODIFICACIÓN, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y



OPERACIÓN DE UNA PLANTA YA SEA DE PROCESO O ELÉCTRICA. SÓLAMENTE POR EL ESTUDIO DE LOS DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS, PODEMOS APRENDER MÁS ACERCA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA Y DE UN SISTEMA DE CONTROL. ES PUÉS EL ELEMENTO PRINCIPAL PARA SABER Y CONOCER EXACTAMENTE LA FUNCIÓN DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS Y SU UBICACIÓN DENTRO DEL PROCESO Y ÁREAS EN LAS CUALES ESTAMOS TRABAJANDO. ASÍ PUES ES IMPOSIBLE REALIZAR Y COMPLETAR EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SIN ELLOS.

### 7.2.1. FUNCIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO.

- A).- DESARROLLO DE LA LISTA DE EQUIPO.
- B).- DESARROLLO DEL ÍNDICE DE LÍNEAS
- C).- DESARROLLO DEL ÍNDICE DE INSTRUMENTOS.
- D).- ESPECIFICACIÓN Y OBTENCIÓN DE VÁLVULAS, INSTRUMENTOS Y EQUIPO.
- E).- DATOS GENERALES DE TUBERÍAS
- F).- DISEÑO DE TUBERÍAS.
- G).- DISEÑO ELÉCTRICO.
- H).- ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA.
- I).- OPERACIÓN DE LA PLANTA.

EN OTRAS PALABRAS LOS ARREGLOS DE TUBERÍAS PUEDEN MOSTRAR DONDE SE ENCUENTRA UNA VÁLVULA Ó UN EQUIPO, PERO LOS DIAGRAMAS DE FLUJO NOS MUESTRAN EXACTAMENTE QUE HACE Y DONDE SE APLICA DENTRO DEL SISTEMA.

### 7.2.2. IMPORTANCIA Y VALOR DEL TRABAJO SOBRE DIAGRAMAS DE FLUJO.

DE MANERA QUE UNA GRAN CANTIDAD DE ACTIVIDADES - DE DISTINTAS DISCIPLINAS DEPENDEN DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO, SE PUEDE VER LA NECESIDAD DE UNA EXACTA Y CONVENIENTE FACILIDAD DE PRESENTACIÓN, POR LO QUE ES COMPRENSIBLE QUE EL INGENIERO ENCARGADO DE LA SUPERVISIÓN DE LOS MISMOS LE DE AL DESARROLLO LA IMPORTANCIA QUE REQUIERE.

### 7.3. DIBUJOS DE PLANTA Y ARREGLOS GENERALES.

#### 7.3.1. ARREGLOS GENERALES.

EL PUNTO DE ARRANQUE PARA LOS DIBUJOS DE DISEÑO DE TODAS LAS DISCIPLINAS DE HECHO ES EL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA. EL ARREGLO GENERAL PUEDE SER NECESARIO DIVIDIRLO EN VARIOS PLANOS PARA UNA MEJOR APRECIACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS EVOLUCIONADAS, NIVELES, ETC. Y LA POSICIÓN DE SUS RESPECTIVOS EQUIPOS. PARA EL CASO DE DISEÑO DE TUBERÍAS NOS DA LA FACILIDAD DE PROPONER ALTERNATIVAS DE DISEÑO.

#### 7.3.2. DIBUJOS DE DETALLE.

ES LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE TODOS LOS SISTEMAS DE TUBERÍAS Y EQUIPO DE LA PLANTA. ES UN DOCUMENTO POR MEDIO DEL CUAL SE DICE AL INGENIERO DE CAMPO LA FORMA, POSICIÓN, TIPO, ETC. DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE TUBERÍA QUE FORMAN NUESTRO DISEÑO, Y POR CONSIGUIENTE ES LA GUÍA PARA QUE SE PUEDA DESGLOZAR EL VOLUMEN DE OBRA DE DESARROLLAR EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA.

POR OTRA PARTE CON LOS DATOS OBTENIDOS SE PUEDEN ESTABLECER LAS PLANTILLAS DE TRABAJO NECESARIAS EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.

### 7.3.3. ISOMÉTRICOS DE TUBERÍA.

GENERALMENTE ES UN DOCUMENTO POR MEDIO DEL CUAL LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN VE REDUCIDA AL MÍNIMO LA ACTIVIDAD DE PREFABRICACIÓN DE TUBERÍA. ESTE DOCUMENTO NOS MUESTRA LAS TRAYECTORIAS INDIVIDUALES DE CADA UNA DE LAS LÍNEAS INCLUIDAS EN EL PROCESO. DENTRO DE ELLAS INCLUYEN:

- A).- CANTIDAD DE MATERIAL
- B).- ESPECIFICACIÓN DE MATERIAL
- C).- TEMPERATURA DE OPERACIÓN
- D).- PRESIÓN DE TRABAJO.
- E).- PRESIÓN PARA PRUEBA HIDROSTÁTICA
- F).- SOLDADURAS
- G).- SOPORTES
- H).- TIPOS DE VÁLVULA
- I).- ESFUERZOS MÁXIMOS PERMISIBLES.

Y NOS SIRVEN PARA LO SIGUIENTE:

- A).- PREFABRICACIÓN EN TALLER
- B).- CUANTIFICACIÓN DE MATERIAL
- C).- CÁLCULO DE LÍNEAS DE PROCESO
- D).- CÁLCULO DE FLEXIBILIDAD Y SOPORTERÍA.

## 8. FLEXIBILIDAD Y SOPORTERIA

OTRO DE LOS ASPECTOS IMPORTANTES DENTRO DEL DISEÑO DE TUBERÍAS ES EL ESTUDIO CORRESPONDIENTE AL ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y SOPORTES DE TUBERÍA.

LA IMPORTANCIA EMANA DEL HECHO DE QUE DE DICHO ESTUDIO DEPENDE UNA OPERACIÓN SEGURA DE CUALQUIER TIPO DE PLANTAS DONDE SE INCLUYEN SISTEMAS DE VAPOR, SISTEMAS QUE TRABAJEN A GRANDES PRESIONES, SISTEMAS CON LÍQUIDOS O FLUIDOS CORROSIVOS Y EN GENERAL CUALQUIER SISTEMA DE TUBERÍAS EL CUAL TENGA QUE SER APOYADO.

ES TAMBIÉN UN FACTOR IMPORTANTE PARA INFORMACIÓN DEL GRUPO CIVIL, EL CUAL CON LOS DATOS SUMINISTRADOS MUCHAS VECES NORMA EL CRITERIO A SEGUIR PARA EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS, CIMENTACIONES, ETC.

AUNQUE GENERALMENTE UN SISTEMA DE TUBERÍAS PUEDA DESCRIBIRSE APROPIADAMENTE COMO UNA ESTRUCTURA IRREGULAR DIFIERE DE LAS ESTRUCTURAS CONVENCIONALES EN QUE PUEDE O NO SER AUTOSOPORTANTE Y NECESITA SER RESTRINGIDA O GUIADA PARA PREVENIR ESTOS EFECTOS QUE PUEDEN SER FATALES.

POR OTRO LADO LAS TEMPERATURAS DE OPERACIÓN PUEDEN INTRODUCIR ESFUERZOS APRECIABLES O REDUCIR LA RESISTENCIA DEL MATERIAL HASTA EL PUNTO DE HACER NECESARIA AYUDA ESTRUCTURAL SUPLEMENTARIA.

POR OTRA PARTE, PUEDE SER NECESARIO PROTEGER AL EQUIPO SENSIBLE, (TURBINAS, BOMBAS, COMPRESORES, ETC.), CONTROLAR VIBRACIONES Ó RESISTIR INFLUENCIAS EXTERNAS TALES COMO VIENTO, SISMOS O CARGAS POR GOLPES, O BIEN LIMITAR EL MOVIMIENTO DE LA LÍNEA O POSICIONES ESPECÍFICAS MEDIANTE GUÍAS, RESTRICCIONES, JUNTAS DE EXPANSIÓN, RESORTES, ETC.

## 9. MONTAJE DE TUBERIAS:

### 9.1. INTRODUCCIÓN.

UN PROYECTO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL SE DIVIDE EN DOS GRANDES ETAPAS.

A).- DISEÑO DE LA PLANTA

B).- CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA.

DENTRO DE LO QUE ES CONSTRUCCIÓN, EL MONTAJE DE TUBERÍAS TIENE UNA IMPORTANCIA DE TAL MAGNITUD QUE DEL COSTO TOTAL DE UNA OBRA EN MATERIALES, EL COSTO DE MATERIALES DE TUBERÍA REPRESENTA UN 35%; Y DEL COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA, LA TUBERÍA CONSUME UN 30%.

LA RAZÓN DE LO ANTERIOR ES OBVIA. LA CANTIDAD DE MATERIAL ES GRANDE, ASÍ TAMBIÉN EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE ACCESORIOS EN LO QUE SE REFIERE A TIPOS Y MATERIAL SOBRE TODO; LOS PROPIOS TUBOS TAMBIÉN REPRESENTAN VARIOS TIPOS Y CLASES DE MATERIAL. ÉSTO SE DEBE MÁS QUE NADA A LOS DIFERENTES FLÚIDOS QUE INTERVIENEN EN LA PLANTA; ASÍ COMO SUS DIFERENTES CONDICIONES DE OPERACIÓN.

LOS FACTORES PRINCIPALES PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES DE TUBERÍA SON:

A).- GRADO DE CORROSIÓN DEL FLÚIDO.

B).- PRESIÓN DEL FLÚIDO.

C).- TEMPERATURA DE OPERACIÓN.

TODOS ESTOS ASPECTOS ASÍ COMO EL CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE LOS MATERIALES HACEN QUE EL COSTO SEA ALTO.

LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICA Y LAS CARACTERÍSTICAS METALÚRGICAS DE TALES MATERIALES, ASÍ COMO SUS LIMITACIONES, SON GENERALMENTE CONOCIDAS.

PARA ASEGURAR QUE LA COMPONENTE DE TUBERÍA DÉ UN SERVICIO SATISFACTORIO, NORMALMENTE ES NECESARIO SELECCIONAR EL MATERIAL APROPIADO Y ESPECIFICAR CIERTAS PROPIEDADES FÍSICAS Ó QUÍMICAS, USUALMENTE DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES DE MATERIALES APLICABLES, TALES COMO LAS PROPORCIONADAS POR EL A.S.T.M. EL A.P.I. Ó ALGUNOS OTROS CÓDIGOS.

LA ACEPTACIÓN DE UN MATERIAL DE TUBERÍA PARA UN SERVICIO DADO DEPENDE DE, LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN COMO LAS TEMPERATURAS Y PRESIONES DE TRABAJO. AUNQUE HAY EXCEPCIONES GENERALMENTE SE CONSIDERA DE PRÁCTICA ACEPTABLE SUPONER QUE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS A TEMPERATURA SON USADAS COMO UNA BASE EN EL DISEÑO Y EN LA PRUEBA DE ACEPTACIÓN.

#### MATERIALES DE CONSTRUCCION.

SE TIENEN MÁS DE 150 MATERIALES DIFERENTES ESPECIFICADOS POR SOCIEDAD AMERICANA DE PRUEBA DE MATERIALES (A.S.T.M.) PARA USARSE EN LA FABRICACIÓN DE TUBOS. ENTRE ELLOS SE INCLUYE EL ACERO Y UNA AMPLIA SELECCIÓN DE MATERIALES NO FERROSOS. LA A.S.T.M. Y LA A.S.M.E. HAN PROPORCIONADO UN SERVICIO INVALUABLE EN LA PREPARACIÓN DETALLADA DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA GRAN CANTIDAD DE MATERIALES DISPONIBLES.

AL PARECER, EL ACERO CONTINÚA SIENDO EL MATERIAL MÁS IMPORTANTE UTILIZADO EN LAS TUBERÍAS. SU EMPLEO RESULTA SER MUY NECESARIO PARA LAS CONDICIONES DE SERVICIO SEVERO QUE EXISTE EN LAS INDUSTRIAS DE PROCESO, EN LO QUE A PRESIÓN Y TEMPERATURA SE REFIERE.

SIN EMBARGO LAS TUBERIAS DE PLÁSTICO ESTÁN SIENDO MUY USADAS PARA SERVICIO DE TEMPERATURA Y PRESIÓN BAJAS.

EL POLIETILENO, EL CLORURO DE POLIVINILLO, EL POLIESTIRENO, LA ACETILCELULOSA DE BUTIRILO Y EL ESTIRENO-BUTADIENO ACRINOLENITRILLO, SE HAN USADO CON MUCHO ÉXITO PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUA Y DE MUCHAS SUSTANCIAS QUÍMICAS CORROSIVAS. MUCHOS FABRICANTES ESTÁN PRODUCIENDO VÁLVULAS Y ACCESORIOS DE CLORURO DE POLIVINILO Y POLIESTIRENO, QUE CUESTAN MENOS QUE LAS VÁLVULAS Y ACCESORIOS DE ALEACIONES DE ACERO.

EL TUBO DE 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 MUY ECONÓMICO. SIN EMBARGO NO SE PUEDE HACER UNA COMPARACIÓN DE COSTO DE TUBERÍAS DE PLÁSTICO YA QUE SE ESTÁN EXPERIMENTANDO CAMBIOS MUY RÁPIDOS EN ESTA NUEVA INDUSTRIA. EL INGENIERO DEBE ESTAR ATENTO PARA EVALUAR LOS MÉRITOS DE CADA PRODUCTO NUEVO. LA INDUSTRIA SE DESARROLLA EN FORMA MUY RÁPIDA Y EL CONJUNTO DE TUBOS Y ACCESORIOS DE PLÁSTICO SE INCREMENTA EN GRAN FORMA.

EXISTEN OTROS MATERIALES QUE HAN PROBADO SER MUY VALIOSOS PARA TRABAJAR CON SUBSTANCIAS CORROSIVAS. ENTRE ELLOS SE INCLUYEN TUBOS DE ACERO FORRADO CON HULE, ACERO FORRADO CON PLOMO Y AL VIDRIO. ÉSTOS MATERIALES PUEDEN RESISTIR PRESIONES Y TEMPERATURAS TAN ALTAS COMO EL PLÁSTICO, CON LA VENTAJA DE QUE TRABAJAN VARIOS AÑOS EN FORMA MUY SATISFACTORIA.

LA A.S.T.M. ESPECIFICA LAS DESCRIPCIONES DE CADA TIPO DE METAL CONVENCIONAL USADO EN TUBERÍA, ESTO INCLUYE EL PROCESO DE MANUFACTURA, COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROPIEDADES DE TENSIÓN, PROPIEDADES DE FLEXIÓN Y PROCEDIMIENTOS REQUERIDOS PARA HACER LAS PRUEBAS.

EN LO QUE RESPECTA A LA MANO DE OBRA EN EL ARMADO É INSTALACIÓN DE LAS TUBERÍAS, ÉSTA ES LA DE LAS MEJOR PAGADAS EN LA CONSTRUCCIÓN; PRINCIPALMENTE LA MANO DE OBRA EN SOLDADURA. LA CAUSA PRINCIPAL ES LA DIVERSIDAD DE MATERIALES QUE ORIGINA DIVERSOS MÉTODOS DE APLICACIÓN DE SOLDADURA. POR LO TANTO TODO EL PERSONAL DE TUBERÍA DEBERÁ ESTAR ALTAMENTE CALIFICADO ASÍ COMO CONTAR CON UNA EXPERIENCIA MÍNIMA DE 2 AÑOS.

LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DEL PERSONAL DE TUBERÍA SON:

- A).- TUBEROS ESPECIALISTAS
- B).- SOLDADORES ESPECIALISTAS
- C).- SOLDADORES ESPECIALISTAS ARGONEROS
- D).- PAILEROS
- E).- MANIOBRISTAS.

POR LO TANTO CADA PLANTA CONTARÁ CON SUS NORMAS Y SISTEMAS PROPIOS DE OPERACIÓN Y QUE REPERCUTE EN LA CLASE Y TIPO DE MATERIAL, ES POR ESO QUE TODO BUEN CONSTRUCTOR DEBERÁ APEGARSE A LAS ESPECIFICACIONES PROPIAS DE LA PLANTA, NORMAS Y CÓDIGOS INTERNACIONALES, NO SÓLO EN TUBERÍA SINO EN TODO TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA MISMA, CONTANDO CON UN EQUIPO DE INGENIERÍA DE CAMPO COMPETENTE.

## 9.2. INFORMACIÓN BÁSICA PARA EL MONTAJE DE TUBERÍAS.

### 9.2.1. PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN.

EL PROGRAMA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DÁ UNA IDEA CLARA DE LA COORDINACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE TODOS LOS FRENTES DE TRABAJO EN TODAS LAS ÁREAS DE LA OBRA DE TAL FORMA QUE LA CONTINUIDAD DE LAS ACTIVIDADES EN LOS DIVER



SOS FRENTE NO SE PIERDA. EN ESTE PROGRAMA SE CONSIDERA UN PUNTO MUY IMPORTANTE QUE ES LA ENTREGA DE EQUIPOS Y MATERIALES; EL RETRAZO DE LAS FECHAS DE ENTREGA DE MATERIALES Y EQUIPO - AFECTA GRANDEMENTE EN EL AVANCE, NO SÓLO EN TUBERÍAS SINO DE LA OBRA EN GENERAL.

### 9.2.2. ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA.

AQUÍ SE ENCONTRARÁN TODOS LOS PUNTOS DONDE SE ESTÁ APOYANDO LA SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN ASÍ COMO EL COMPORTAMIENTO PROPIO DE ELLOS DENTRO DEL PROCESO ESPECÍFICAMENTE.

GENERALMENTE PARA CADA SISTEMA DE TUBERÍA, --- EXISTE UNA ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES, SIENDO ÉSTOS IGUALES DENTRO DE UN MISMO SISTEMA, VARIANDO ÚNICAMENTE EN LOS TAMAÑOS, ESPESORES Y TIPOS.

ÉSTAS VARIACIONES OBEDECEN MÁS QUE NADA A LOS DIFERENTES ESTADOS EN QUE SE TRANSPORTA EL --- FLUIDO COMO SON; LA TEMPERATURA, PRESIÓN Y VELOCIDAD.

BÁSICAMENTE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN O TRABAJO DEL FLUÍDO, SON LAS QUE RIGEN EN LAS ESPECIFICACIONES, DE AHÍ QUE SE OBSERVEN LAS RECOMENDACIONES Y RESTRICCIONES PARA ACTIVIDADES - COMO:

- 1).- MONTAJE DE TUBERÍA SUBTERRÁNEA
- 2).- MONTAJE DE TUBERÍA SOBRE PISO.
- 3).- LOCALIZACIÓN DE VÁLVULAS
- 4).- ACCESOS PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

- 5).- LOCALIZACIÓN DE BRIDAS CON PLACAS DE ORIFICIOS.
- 6).- LOCALIZACIÓN É INSTALACIÓN DE TRAMPAS DE VA--  
POR.
- 7).- LOCALIZACIÓN DE PURGAS EN LAS TUBERÍAS.
- 8).- LOCALIZACIÓN DE VENTEOS EN LA TUBERÍA.
- 9).- LOCALIZACIÓN DE CURVAS DE EXPANSIÓN (EN TUBE--  
RÍA A ALTAS TEMPERATURAS).
- 10).- TIPO DE SOPORTE O ANCLAJE DE LA TUBERIA
- 11).- APLICACIÓN DE SOLDADURA.

#### MÉTODOS Y RECOMENDACIONES PARA REALIZAR.

- A).- CORTES EN TUBO.
- B).- DOBLADO DE TUBO.
- C).- MANEJO DE MATERIALES.
- D).- MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL TRABAJADOR
- E).- MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA MATERIALES Y EQUIPO.
- F).- PRUEBAS PRELIMINARES.

TODOS LOS ASPECTOS ANTERIORMENTE INDICADOS Y OTROS MÁS RELACIONADOS CON LA TUBERÍA DEBEN ESTAR CONTENIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS, PUES UNA CORRECTA INTERPRETACIÓN DE ELLAS DA UNA IDEA CLARA PARA EL MONTAJE DE LAS TUBERÍAS.

#### 9.2.3. DIAGRAMAS DE FLUJO.

LA FUNCIÓN PRINCIPAL DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO ES PROPORCIONAR A INFORMACIÓN NECESARIA EN LO QUE SE REFIERE A EQUIPOS, LINEAS DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS Y LA SECUENCIA DEL PROCESO A TRAVÉS DE LA LÍNEAS DE TUBERÍAS.

DE LOS EQUIPOS SE TENDRÁ INFORMACIÓN RESPECTO AL TIPO DE EQUIPO, FUNCIÓN, CAPACIDAD Y TAMAÑO. CADA EQUIPO ESTARÁ UBICADO DE ACUERDO A LA FUNCIÓN QUE DESEMPEÑE DENTRO DE LA SECUENCIA DEL PROCESO EN QUE INTERVIENE.

EN LO QUE SE REFIERE A TUBERÍAS, EN LOS DIAGRAMAS DE FLUJO ESTARÁN IDENTIFICADAS CON UNA CLAVE YA ESTABLECIDA PARA CADA UNA DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍA; EN LAS CUALES SE IDENTIFICARÁN LOS PRINCIPALES COMPONENTES COMO SON: VÁLVULAS, INSTRUMENTOS, BRIDAS CON PLACA DE ORIFICIO, VENTURI, EYECTORES, JUNTAS FLEXIBLES, ETC.

EN CONSTRUCCIÓN O MONTAJE ESTOS DIAGRAMAS DE FLUJO SON BASTANTE ÚTILES, PRIMERO QUE NADA PARA TENER UNA IDEA DE LAS FUNCIONES DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO, ASÍ COMO TAMBIÉN DA UN IDEA GENERAL DE TODA LA SECUENCIA DEL PROCESO. ÉXISTEN ERRORES EN OCASIONES EN LOS ISOMÉTRICOS, EN LOS ARREGLOS DE TUBERÍAS O EN ÍNDICE DE LÍNEAS; YA QUE ES NECESARIO RECURRIR A LOS DIAGRAMAS DE FLUJO PARA CORREGIR ESOS ERRORES. ÉSTO AYUDA A RESOLVER PEQUEÑOS PROBLEMAS EN FORMA RÁPIDA COMO DEBE SER EN CAMPO PARA EVITAR RETRAZOS EN EL AVANCE.

#### 9.2.4. ARREGLOS GENERALES DE TUBERÍAS.

LOS DIBUJOS DE ARREGLOS DE TUBERÍA SON LOS QUE INDICAN A ESCALA LA POSICIÓN DEFINITIVA DE LAS TUBERÍAS CON TODOS SUS ELEMENTOS CON RESPECTO AL LUGAR O ÁREA DONDE SE INSTALAN Y CON RESPECTO A LOS PRINCIPALES EQUIPOS YA SEA QUE ESTÉN O NO CONECTADOS A LAS TUBERÍAS.

ESTOS DIBUJOS SON LAS VISTAS EN PLANTA DE LAS TUBERIAS CON SUS RESPECTIVOS CORTES Y ELEVACIONES. POR LO TANTO ESTE TIPO DE INFORMACIÓN - ES BASTANTE ÚTIL PARA EL MONTAJE DE TUBERÍAS PUES SON LA INFORMACIÓN BÁSICA PARA QUE LAS TUBERÍAS QUEDEN PERFECTAMENTE MONTADAS FÍSICAMENTE.

EN OCASIONES ES NECESARIO HACER AJUSTES EN LA TUBERÍA. YA QUE LA TUBERÍA PREFABRICADA VIENE CON DIMENSIONES QUE NO CORRESPONDEN AL PLANO DE ARREGLO DE TUBERÍAS.

COMO SE MENCIONÓ INICIALMENTE, TANTO EQUIPOS COMO TUBERÍAS Y SOPORTES SE INDICAN EN LOS ARREGLOS DE TUBERÍAS A ESCALA PARA TENER UNA IDEA CLARA DE TODA LA DISTRIBUCIÓN.

#### 9.2.5. INDICE DE LINEAS Y LISTA DE MATERIALES.

PARA TENER UNA INFORMACIÓN RÁPIDA DE ALGUNA LÍNEA DE TUBERÍA EN LO QUE RESPECTA A TEMPERATURA, PRESIÓN, TIPO DE MATERIAL, TIPO DE AISLAMIENTO (SI ES QUE LLEVA), ESFUERZOS PERMISIBLES, U OTRO DATO TÉCNICO, SE RECURRE AL ÍNDICE DE LÍNEAS.

EL ÍNDICE DE LÍNEAS SE ELABORA CON EL PROPÓSITO DE PROPORCIONAR UNA INFORMACIÓN RÁPIDA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA DE TUBERÍA. CONTIENE TODAS LAS LÍNEAS SEPARADAS POR SISTEMAS Y ORDENADAS DE ACUERDO CON SU NÚMERO PROGRESIVO. EN CONSTRUCCIÓN; POR LA PREMATURA Y FLUIDEZ DE LOS TRABAJOS ÉSTE TIPO DE INFORMACIÓN ES BASTANTE ÚTIL AUNQUE NO NECESARIA YA QUE EXISTE MÁS INFORMACIÓN A LA QUE SE PUEDE RECURRER PERO ES MÁS TARDADA SU OBTENCIÓN RELATIVAMENTE.

LAS LISTAS DE MATERIALES SE PUEDE CLASIFICAR PARA FACILIDAD DE MANEJO, POR SISTEMAS Y POR CLASES DE MATERIAL. EL TOTAL DE LOS MATERIALES Y ACCESORIOS (VÁLVULAS, CODOS, TEES, BRIDAS, ETC.) DEBE SER UN RESUMEN DE LOS MATERIALES DE TODAS LAS LÍNEAS DE TUBERÍAS.

ESTA LISTAS DE MATERIALES SON ÚTILES, SOBRE TODO PARA EL CONTROL DE LA PROCURACIÓN Y UTILIZACIÓN - DE ELLOS EN LA CONSTRUCCIÓN.

#### 9.2.6. ISÓMETRICOS DE TUBERÍAS.

LOS ISÓMETRICOS DE TUBERÍAS INDICAN POR SEPARADO LA TRAYECTORIA DE CADA LÍNEA CON TODAS LAS DIMENSIONES NECESARIAS PARA LA COLOCACIÓN DE TODOS SUS ELEMENTOS DENTRO DE ESA MISMA LÍNEA.

ESTOS DIBUJOS SON DE GRAN IMPORTANCIA YA QUE CONTIENEN LA LISTA DE MATERIALES Y ACCESORIOS DE TUBERÍA CON SUS CARACTERÍSTICAS; GENERALMENTE SE ELABORAN JUEGOS DE ISÓMETRICOS POR SISTEMAS Y SON MANEJADOS POR EL PERSONAL DE CAMPO (TUBEROS Y SOBRESTANTES) Y SUPERVISIÓN, FACILITANDO EN ESTA -- FORMA PRINCIPALMENTE LA PREFABRICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TUBERÍA.

EN TODOS LOS ISÓMETRICOS SE INDICAN LAS DIMENSIONES DE TUBERÍA, LA LOCALIZACIÓN DE ELLO CON RESPECTO A ALGÚN EJE DE COLUMNA O DE UN EQUIPO. TODAS LAS DIMENSIONES SE INDICAN SIN ESCALA, SOLO SE INDICAN EN FORMA PROPORCIONAL.

### 9.2.7. NORMAS Y CODIGOS INTERNACIONALES DE CONSTRUCCIÓN

ESTA LITERATURA SE CONSULTA GENERALMENTE, POR LA SUGERENCIA QUE HACEN LAS ESPECIFICACIONES DE TUBERÍA Ó POR ALGUNA DUDA SOBRE ALGÚN DATO QUE NO ESTÁ CLARAMENTE DEFINIDO YA SEA EN LAS ESPECIFICACIONES O EN LOS DIBUJOS.

LAS NORMAS Y CÓDIGOS SON ELABORADOS POR DIFERENTES ASOCIACIONES ALTAMENTE ESPECIALIZADAS Y RECONOCIDAS INTERNACIONALMENTE; YA QUE CUENTAN CON EL EQUIPO Y HERRAMIENTAS PARA LLEVAR A CABO UN ANÁLISIS Y PRUEBAS DE MATERIALES. ASÍ COMO TAMBIÉN SU PERSONAL ES BASTANTE COMPETENTE.

LAS PRINCIPALES ASOCIACIONES SON:

A.P.I.	A.S.T.M.
A.N.S.I.	A.S.M.E.

### 9.3. PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE ACTIVIDADES.

#### 9.3.1. OBTENCIÓN DE VOLUMEN DE OBRA Y HORAS HOMBRE.

VOLUMEN DE OBRA ES LA CANTIDAD DE MATERIAL Y EQUIPO DEBIDAMENTE CLASIFICADO, NO SOLO EN TUBERÍAS SINO PARA CUALQUIER ÁREA, YA SEA CIVIL, ELÉCTRICA, INSTRUMENTACIÓN O MECÁNICA.

PARA OBTENER EL VOLUMEN DE OBRA EN TUBERÍAS, LA INFORMACIÓN REQUERIDA ES, LA LISTA DE MATERIALES POR CLASES Y TIPOS.

ESTAS CANTIDADES SON MUY NECESARIAS EN LA OBTENCIÓN DE VOLÚMENES DE OBRA PRINCIPALMENTE PARA UN CONTRATO A PRECIOS UNITARIOS. A CADA ELEMENTO, ACCESORIO, Ó METRO DE TUBERÍA SE LE CONSIDERA UN RENDIMIENTO (HH/UNIDAD) Ó UN PRECIO YA SEA PARA PREFABRICACIÓN O MONTAJE. DE TAL MANERA QUE LAS HORAS HOMBRE SE TOTALIZAN Y SE LE APLICA EL COSTO A CADA HORA HOMBRE PARA OBTENER EL COSTO DEL MONTAJE DE TUBERÍAS.

ENTONCES LOS CONCEPTOS QUE ESTÁN INTIMAMENTE LIGADOS EN LO QUE ES EL MONTAJE DE TUBERÍAS Y QUE DAN EN SÍ UNA IDEA DEL ALCANCE DE VOLUMEN DE OBRA, SON TRES:

- 1).- CANTIDAD DE MATERIAL
- 2).- CANTIDAD DE HORAS HOMBRE
- 3).- COSTO DE LA HORA HOMBRE.

1.- CANTIDAD DE MATERIAL.- ES NECESARIO TENER CONOCIMIENTOS DE LAS CANTIDADES DE MATERIAL, YA QUE MEDIANTE EL CONTROL DE LA PROCURACIÓN Y UTILIZACIÓN EN CAMPO SE TIENE UNA IDEA CLARA DEL AVANCE QUE EXISTE EN EL MONTAJE, ASÍ COMO TAMBIÉN SE DETECTAN FALTANTES CRÍTICOS.

2.- CANTIDAD DE HORAS HOMBRE.- EL PLENO CONOCIMIENTO DE LA CANTIDAD DE HORAS HOMBRE CONSUMIR A TRAVÉS DE LA OBRA DA LUGAR A QUE SE COORDINEN ADECUADAMENTE LAS ACTIVIDADES EN CAMPO PARA EVITAR TIEMPO MUERTOS QUE A LA POSTRE.. REPRESENTAN PÉRDIDAS.

- 3.- COSTO DE LA HORA HOMBRE.- ESTE ASPECTO TIENE MUCHO QUE VER EN EL RENDIMIENTO QUE TENGA LA GENTE DE CAMPO, POR LO TANTO A LA CANTIDAD DE HORAS HOMBRE GANADAS O PERDIDAS SI SE LE APLICAN COSTO, SE VE CON MÁS REALIDAD LA PÉRDIDA O GANANCIA.

### 9.3.3. CLASIFICACION DE LA TUBERIA POR SISTEMA Y POR MATERIALES.

EN LA OBRA ES NECESARIO TENER UN CONTROL FÍSICO DE TODOS LOS MATERIALES DE TUBERÍA COMO SON: TUBOS, VÁLVULAS, CODOS, BRIDAS, TEES, REDUCCIONES, COPLES, ETC., Y PARA LLEVAR A CABO ÉSTE, PRIMERO HAY QUE RECURRIR A LAS LISTAS DE MATERIALES É ISOMÉTRICOS PARA SEPARAR LOS MATERIALES POR CADA SISTEMA Y DE CADA SISTEMA, SEPARARLOS POR LAS CLASES DE MATERIALES QUE HAYA.

LA LABOR DE CONTROL FÍSICO COMO RECEPCIÓN EN LA OBRA DE MATERIALES Y ALMACENAMIENTO CORRESPONDE AL ALMACÉN PERO EL FRENTÉ DE TUBERÍAS DEBE TENER CONOCIMIENTO DE ESE CONTROL PARA:

- A).- DETECTAR FALTANTES DE MATERIALES
- B).- COORDINAR SUS ACTIVIDADES DE ACUERDO AL MATERIAL EXISTENTE.
- C).- PREVENIR REQUERIMIENTOS DE MATERIAL
- D).- CHECAR EL TIPO DE MATERIAL CONTRA LAS ESPECIFICACIONES.
- E).- SUGERIR POSIBLES EQUIVALENTES DE MATERIAL EN CASO DE NO HABER EN EXISTENCIA EN EL MERCADO REQUERIDO.



ESTE FACTOR REQUERIDO ES DE IMPORTANCIA YA QUE INFLUYE DIRECTAMENTE EN LA CALIDAD DE TRABAJO - QUE SE EJECUTA Y EN EL AVANCE Y ASÍ CUMPLIR SATISFACTORIAMENTE CON EL PROGRAMA DE TRABAJO.

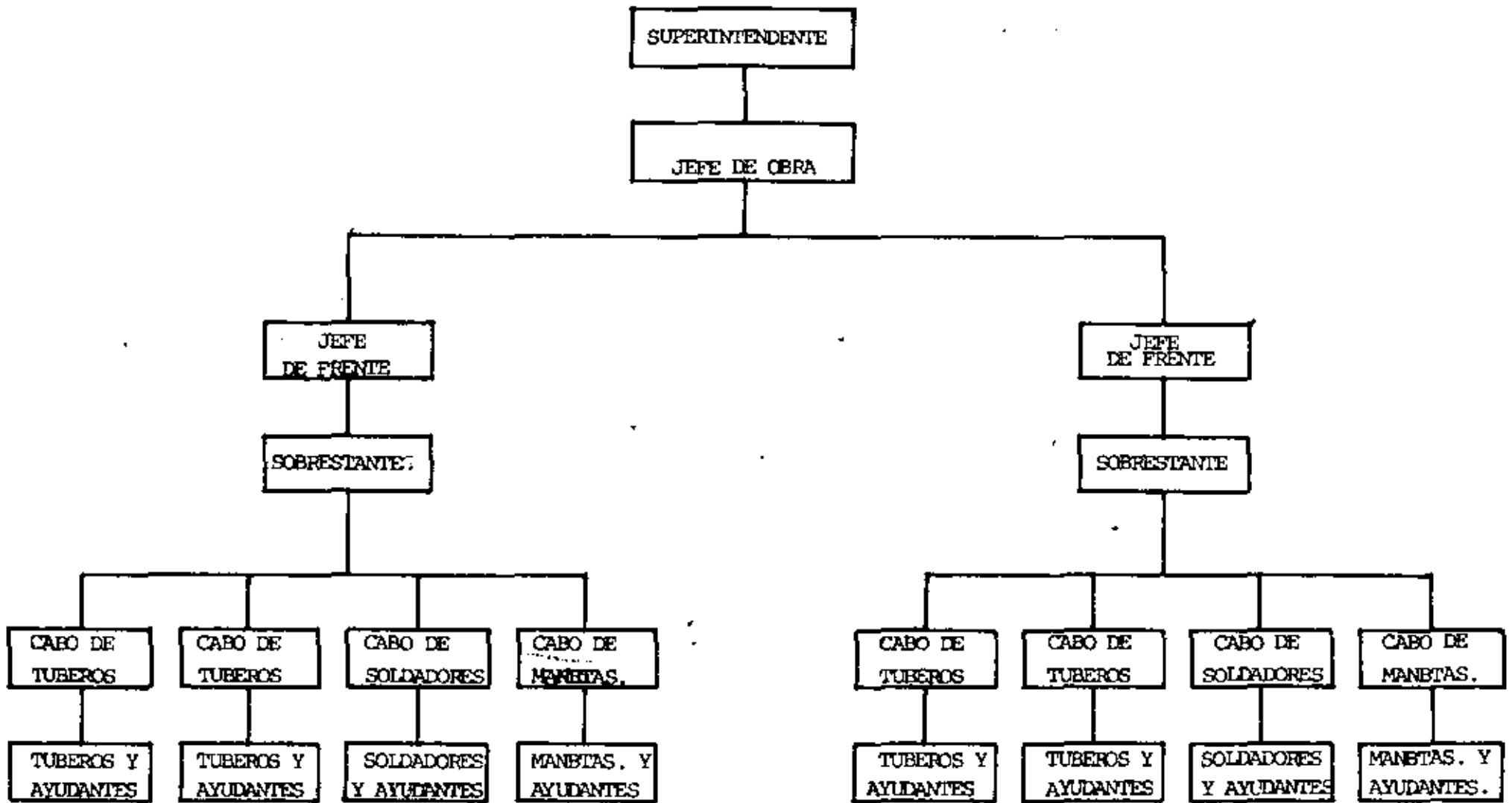
#### 9.3.4. ORGANIZACIÓN Y COORDINACIÓN DE LA FUERZA DE TRABAJO.

ESTE ASPECTO SE REFIERE PRINCIPALMENTE A LA SELECCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y ASIGNACIÓN DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES, PARA EL PERSONAL DEL FRENTE DE TUBERÍAS.

SE TOMARÁ EN CONSIDERACIÓN LA CANTIDAD DE HORAS HOMBRE PARA QUE EN BASE A LOS PUNTOS ANTERIORMENTE TRATADOS COMO: PROCURACIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES Y PROGRAMAS DE TRABAJO DE OTROS FRENTE, DISTRIBUIR LA CANTIDAD DE GENTE A UTILIZAR POR PERÍODO, YA SEA POR MES O BIMESTRAL, SEGÚN SEA LA DURACIÓN DE LA OBRA. EN BASE A CADA UNA DE ESTAS CANTIDADES DE GENTE POR PERÍODO, SE CLASIFICAN POR CATEGORÍAS Y SE OBTIENE EL NÚMERO EXACTO DE GENTE, SE LE LLAMA EN CONSTRUCCIÓN: PLANTILLA DE PERSONAL Y SE HACEN PARA TODA LA OBRA Y PARA CADA PERÍODO. DE ESTO HAY QUE ENTERAR AL DEPARTAMENTO DE PERSONAL PARA QUE programe LA CONTRATACIÓN DE DICHO PERSONAL.

TOMANDO COMO BASE LA CANTIDAD DE GENTE (PLANTILLA DE PERSONAL) SE OBTIENE EL NÚMERO DE GENTE PARA LA SUPERVISIÓN CORRECTA EN EL CAMPO.

COMO LO SON SOBRESTANTES Y CABOS DE OFICIOS, UN ORGANIGRAMA TÍPICO DE UN FRENTE DE TUBERÍAS ES COMO SE INDICA.



### 9.3.5. METODOS DE FABRICACION Y MONTAJE.

GENERALMENTE EL MONTAJE DE TUBERÍAS EN CONSTRUCCIÓN SE EJECUTA EN DOS ETAPAS:

- 1.- PREFABRICACIÓN
- 2.- INSTALACIÓN.

PREFABRICACION.- ES COMÚN QUE EN LAS GRANDES -- OBRAS LA PREFABRICACIÓN DE PIEZAS SE HAGA FUERA DE LA OBRA (SEA POR OTRO FABRICANTE) O TAMBIÉN DENTRO DE LA OBRA PERO EN UN TALLER POR SEPARADO ASIGNADO ESPECIALMENTE PARA PREFABRICACIÓN. DENTRO DE LA PREFABRICACIÓN SE CONSIDERAN TODAS LAS TUBERÍAS MAYORES DE 2 1/2" Ø CON LAS PIEZAS PREFABRICADAS SE FACILITA BASTANTE LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS, PORQUE ESTAS SON DE TAMAÑO ADECUADO PARA LA MANIOBRA RÁPIDA EL TRABAJO DE ALINEACIÓN Y SOLDADURA SE FACILITA MÁS EN EL TALLER.

TODAS LA PIEZAS DE TUBERÍA PREFABRICADA SE DEBEN IDENTIFICAR CON NÚMEROS O CLAVES DE LA LÍNEA A QUE PERTENECEN; ESTOS NÚMEROS SE INDICAN EN LOS ISOMÉTRICOS DE TUBERÍA DONDE TAMBIÉN SE INDICA LAS DIMENSIONES DE CADA PIEZA, ASÍ COMO LAS SOLDADURAS DE CAMPO.

INSTALACIÓN.- EN LA INSTALACIÓN SE INCLUYEN - LAS PIEZAS PREFABRICADAS Y TODA LA TUBERÍA MENOR 2" Ø

LA TUBERÍA MENOR NO SE FABRICA POR DOS RAZONES:

- 1.- PORQUE SU MANEJO YA COMO PIEZA PREFABRICADA, ES DELICADO A CAUSA DEL DIÁMETRO, PUE-  
DEN SUFRIR DAÑOS COMO DOBLADURAS, DESCUA--  
DRES, ETC.,
- 2.- SU MANEJO EN LA INSTALACIÓN NO REQUIERE DE  
MUCHA MANIOBRA, SOBRE TODO SI LA TUBERÍA -  
ES ROSCADÁ.

PARA REALIZAR EL MONTAJE DE TUBERÍAS, ESTE SE -  
INICIA CONTANDO YA CON ALGO DE EQUIPO INSTALADO  
Y TENER PREPARADA ALGO DE SOPORTERÍA PARA ELIMI-  
NAR LO MÁS QUE SE PUEDA LA OBRA FALSA.

EL EQUIPO PRINCIPAL PARA MONTAJE DE TUBERÍAS ES  
APARTE DE LA HERRAMIENTA DEL TUBERO Y SOLDADOR:

- 1.- GRÚA HIDRAÚLICA
- 2.- MONTA CARGAS
- 3.- GATOS HIDRAÚLICOS
- 4.- POLEAS
- 5.- TIRFORDS.
- 6.- MALACATE
- 7.- ANDAMISO DESARMABLES
- 8.- ALINEADORES.

SE DEBERÁN TOMAR TODAS LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD  
TANTO PARA MANEJO Y COLOCACIÓN DE TUBERÍAS, COMO  
PARA EL PERSONAL QUE TRABAJA EN ESAS ACTIVIDADES.

TODAS LAS TERMINALES DE TUBOS, VÁLVULAS, INSTRUMENTOS Y ALGUNOS EQUIPOS (BOQUILLAS) DEBERÁN -- PROTEGERSE DEBIDAMENTE.

PARA TODAS ESTAS ACTIVIDADES COMO SON CORTES EN TUBOS, SOLDADURA, TRAZOS EN TUBOS, ETC. SE APLICAN LOS MÉTODOS Y RECOMENDACIONES SUGERIDAS POR LAS ESPECIFICACIONES, NORMAS O CÓDIGOS, PUES -- UNA BUENA INTERPRETACIÓN Y APLICACIÓN DE ELLOS EVITA ERRORES EN LOS TRABAJOS.

### 9.3.6. CONTROL DE OBRA.

EL CONTROL DE OBRA BÁSICAMENTE CONSISTE EN:

- 1.- CUMPLIR CON EL PROGRAMA DE TRABAJO.
- 2.- SUPERVISIÓN EN CAMPO.
- 3.- CONTROL DE AVANCE DIARIO, SEMANAL Y MENSUAL.
- 4.- CONTROLAR LOS COSTOS DE MATERIALES Y DE MANO DE OBRA.
- 5.- CONTROLAR LAS HORAS HOMBRE PROGRAMADAS.

ESTOS ASPECTOS OBTENDRÁN BUENOS RESULTADOS SIEMPRE Y CUANDO FUNCIONEN.

- A).- LA COORDINACIÓN
- B).- DISCIPLINA EN CAMPO.
- C).- RENDIMIENTOS ESPERADOS
- D).- COMBINAR LOS ELEMENTOS CON QUE CUENTA (EQUIPOS Y HERRAMIENTA).

PARA CADA UNO DE LOS PUNTOS INDICADOS ANTERIORMENTE EXISTEN FORMATOS PARA SU CONTROL, LOS CUALES SON ELABORADOS POR EL JEFE DE FRENTE Y SUPERVISADOS POR EL JEFE DE OBRA.

**PROPOSED STANDARD TORQUE VALUES FOR INDUSTRIAL FASTENERS**  
(Metal)

YOUR TORQUE DISTRIBUTOR  
**RULLANY CO.**

TYPE OR COURSE TORQUE FASTENER	GRADE DESIGNATION	TENSILE STRENGTH MINIMUM	MATERIAL	TORQUE VALUE, LB. IN. OR EQUIV. FRANK 1111 OR DIAMETER																							
				2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	40	45	50	55	60	
CAP SCREW	A. S. T. M. A-207 STEEL	74,000 P.S.I.	Low Carbon Steel																								
CAP SCREW	A. S. T. M. A-307 STEEL	103,000 P.S.I.	Medium Carbon Steel																								
CAP SCREW	A. S. T. M. A-440 A. S. T. M. A-440 STEEL	165,000 P.S.I.	Medium Carbon Steel or Low Alloy Steel																								
CAP SCREW	A. S. T. M. A-514 STEEL																										
CAP SCREW	A. S. T. M. A-514 STEEL	125,000 P.S.I.	Low Alloy or Medium Carbon Quenched and Tempered Steel																								
CAP SCREW	A. S. T. M. A-514 STEEL	171,000 P.S.I.	Low Alloy or Medium Carbon Quenched and Tempered Steel																								
CAP SCREW	A. S. T. M. A-514 STEEL	150,000 P.S.I.	Low Alloy or Medium Carbon Quenched and Tempered Steel																								
CAP SCREW	A-354-ED. A-190	175,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	MILITARY AIRCRAFT	185,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	NATIONAL AIRCRAFT	180,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	ARMED	210,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	SEE EXPLANATION																										
CAP SCREW	MILITARY AIRCRAFT	210,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	MILITARY AIRCRAFT	210,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								
CAP SCREW	MILITARY AIRCRAFT	210,000 P.S.I.	High Carbon Alloy Quenched and Tempered																								

\* TORQUE SPECIFICATIONS ARE FOR PERMANENT FASTENERS ON STEEL STRUCTURES

\* SPECIFICATIONS ARE FOR PERMANENT STEEL STRUCTURES

STEEL MAY BE ORDERED FOR GRADE 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990, 1000

TAPPING SCREWS MUST BE USED IN ALL CASES AND USE TORQUE DATA HEREIN ARE DEPENDENT ON THE MATERIAL TO BE FASTENED, THE SIZE OF THE SCREW AND OTHER FACTORS. A TABLE OF TORQUE FOR DESIGNATING PROPER SIZE TORQUE IS AS FOLLOWS: USING THE NEW MANUFACTURE TORQUE METHOD WITH ALL SIZES OF SCREWS THE FOLLOWING ARE THE TORQUE VALUES TO BE USED FOR THE SCREW CASES AS LISTED IN THE ABOVE TABLE. TORQUE VALUES ARE IN LB. IN. OR EQUIV. FRANK 1111 OR DIAMETER.



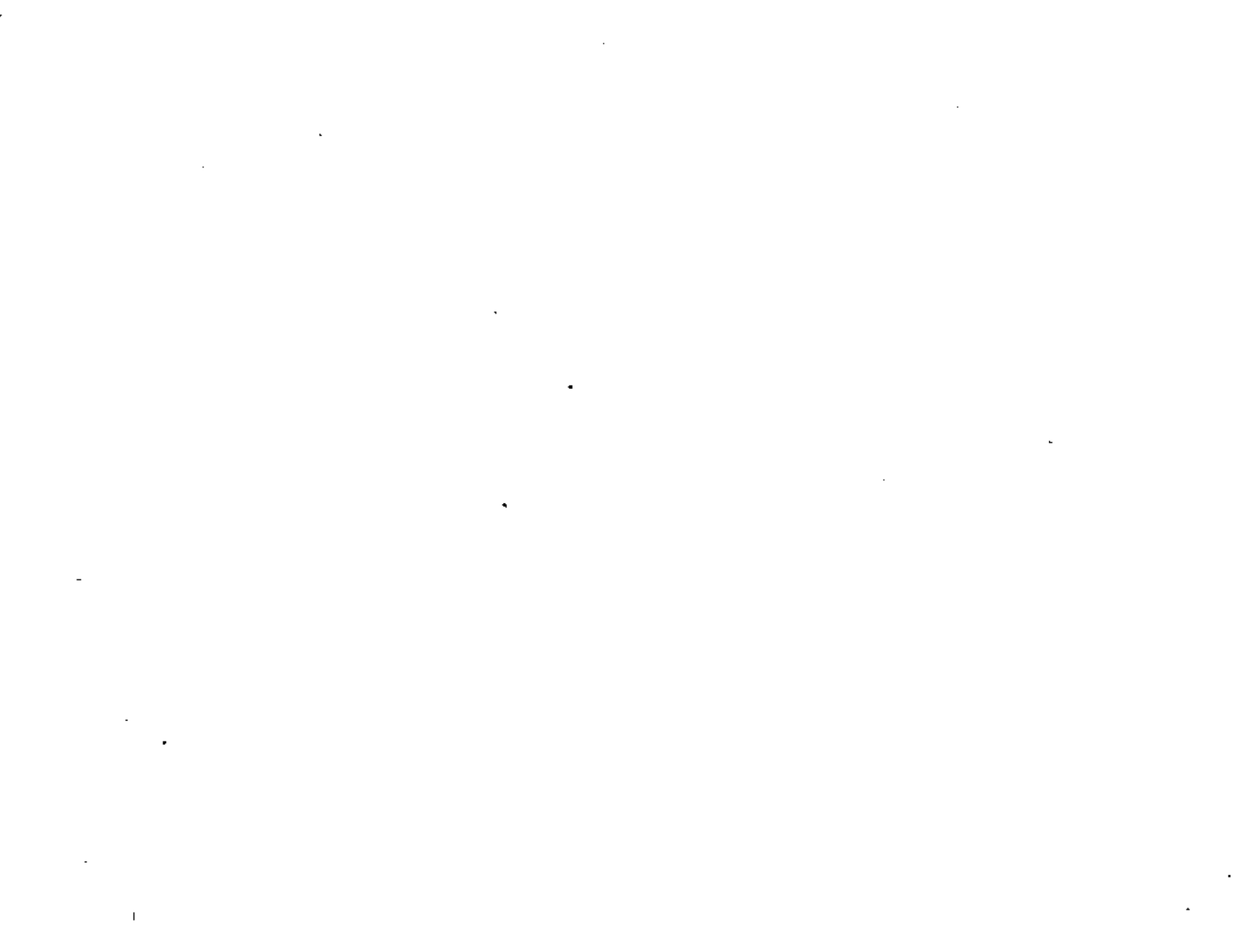








Table 4 — Grouping of Materials for Qualification

The grouping of materials in this table by M-Number classification is made on the basis of metallurgical characteristics, where this logically can be done, to reduce the number of welding procedure qualifications required.

Only pipe and tube materials are listed in this table; however fittings and valves having comparable chemical, mechanical and metallurgical characteristics to the pipe and tube may be used in qualification or production welding.

ASTM Material Spec.		Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 1A*</b> CARBON STEEL			
A 53	Acid Bessemer Openhearth	50,000	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
	Grade A	48,000	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
	Grade B	60,000	Carbon Steel Seamless or Welded Pipe
A 106	Grade A	48,000	Carbon Steel Pipe
	Grade B	60,000	Carbon Steel Pipe
	Grade C	70,000	Carbon Steel Pipe
A 135	Grade A	48,000	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe
	Grade B	60,000	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe
A 178	Grades A, C	60,000	Carbon Steel Electric-Welded Boiler Tubes
A 192		47,000	Carbon Steel Boiler Tubes, Seamless
A 210		60,000	Carbon Steel Tubes
A 226		47,000	Carbon Steel Electric-Welded Tubes
A 333	Grade O	55,000	Carbon Steel Pipe for Low Temp Service
A 334	Grade O	55,000	Carbon Steel Tubes for Low Temp Service
A 381	Class Y35	60,000	High Pressure Pipe
API 5L	Grade A	48,000	Carbon Steel Line Pipe
	Grade B	60,000	Carbon Steel Line Pipe
API 5LS	Grade A	48,000	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade B	60,000	Spiral-Weld Line Pipe
<b>M-NUMBER 1B*</b> CARBON STEEL			
A 381	Class Y42	68,000	High Pressure Pipe
	Class Y46	70,000	High Pressure Pipe
API 5LS	Grade X42	60,000	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade X46	63,000	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade X52	66,000	Spiral-Weld Line Pipe
API 5LX	Grade X42	60,000	High Test Line Pipe
	Grade X46	63,000	High Test Line Pipe
	Grade X52	66,000	High Test Line Pipe

\* Qualification for Group 1A qualifies for Group 1B and Group 1A but not vice versa. Qualification for Group 1B qualifies for Group 1A but not vice versa.

ASTM Material Spec.		Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 1C<sup>a</sup> - CARBON STEEL</b>			
A 381	Class Y48	72,000	High Pressure Pipe
	Class Y50	72,000	High Pressure Pipe
	Class Y52	75,000	High Pressure Pipe
API 5LX	Grade X60	75,000	High Test Line Pipe
	Grade X65	80,000	High Test Line Pipe
<b>M-NUMBER 3 LOW ALLOY STEEL</b>			
A 209	Grade T1	55,000	C-Mn Tubes
	Grade T1a	60,000	C-Mn Tubes
	Grade T1b	53,000	C-Mn Tubes
A 213	Grade T2	60,000	0.65 Cr-0.56 Mn
A 250	Grade T1	55,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
	Grade T1a	60,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
	Grade T1b	53,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
A 335	Grade P1	55,000	C-Mn Pipe
	Grade P2	55,000	0.60 Cr-0.85 Mn
	Grade P15	60,000	1.40 Si-0.55 Mn
A 369	Grade FP1	55,000	C-Mn Pipe
	Grade FP2	55,000	0.55 Cr-0.56 Mn
<b>M-NUMBER 4 LOW ALLOY STEEL</b>			
A 199	Grade T3b	60,000	2.00 Cr-0.50 Mn
	Grade T4	60,000	2.50 Cr-0.50 Mn
	Grade T11	60,000	1.25 Cr-0.50 Mn
A 213	Grade T3	60,000	1.75 Cr-0.70 Mn
	Grade T3b	60,000	2.00 Cr-0.55 Mn
	Grade T11	60,000	1.25 Cr-0.55 Mn
	Grade T12	60,000	0.95 Cr-0.55 Mn
A 333	Grade 4	60,000	0.75 Cr-0.50 Cu-0.76 Ni-0.25 Al
A 335	Grade P3	60,000	1.57 Cr-0.70 Mn
	Grade P3b	60,000	2.00 Cr-0.55 Mn
	Grade P11	60,000	1.25 Cr-0.65 Mn-Si
	Grade P12	60,000	0.95 Cr-0.55 Mn
A 389	Grade FP3b	60,000	2.00 Cr-0.65 Mn
	Grade FP11	60,000	1.25 Cr-0.75 Si-0.55 Mn
	Grade FP12	60,000	1.00 Cr-0.55 Mn
A 423		60,000	0.40 Cu-0.24-1.31 Cr-0.45 Ni

<sup>a</sup> Qualification for Group 1C qualifies for Group 1B and Group 1A but not vice versa. Qualification for Group 1B qualifies for Group 1A but not vice versa.

ASTM Material Spec.		Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 6</b> <b>ALLOY STEEL</b>			
A 199	Grade T5	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo
	Grade T7	60,000	7.00 Cr-0.50 Mo
	Grade T9	60,000	9.00 Cr-1.00 Mo
	Grade T21	60,000	3.00 Cr-1.00 Mo
	Grade T22	60,000	2.25 Cr-1.00 Mo
A 213	Grade T5	60,000	5 Cr-0.50 Mo
	Grade T5b	60,000	5 Cr-0.50 Mo-1.50 Si
	Grade T5c	60,000	5 Cr-0.50 Mo-Ti
	Grade T7	60,000	7.0 Cr-0.50 Mo
	Grade T9	60,000	9.0 Cr-1.0 Mo
	Grade T21	60,000	3 Cr-1 Mo
A 333	Grade P5	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo
	Grade P5b	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo-1.50 Si
	Grade P5c	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo-Ti
	Grade P7	60,000	7 Cr-0.50 Mo
	Grade P9	60,000	9 Cr-1.00 Mo
	Grade P21	60,000	3 Cr-0.00 Mo
	Grade P22	60,000	2.25 Cr-1.0 Mo
A 349	Grade FP21	60,000	3.00 Cr-0.93 Mo
	Grade FP5	60,000	5.00 Cr-0.55 Mo
	Grade FP7	60,000	7.00 Cr-0.55 Mo
	Grade FP9	60,000	9.00 Cr-1.00 Mo
	Grade FP22	60,000	2.25 Cr-1.00 Mo
<b>M-NUMBER 6</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — MARTENSITIC</b>			
A 268	TP-410	60,000	12 Cr-0.15 C Max.
<b>M-NUMBER 7</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — FERRITIC</b>			
A 269	Grade 405	60,000	12 Cr-A1
	Grade 430r	60,000	16 Cr
<b>M-NUMBER 8</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — AUSTENITIC</b>			
A 213	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb

If the chemical composition of this grade is such as to render it hardenable, quenching under M-Number 6 is required.

ASTM Material Spec.	Tensile Strength Psi Min.	Type of Material	
A 249	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-309	75,000	23 Cr-12 Ni
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-317	75,000	19 Cr-13 Ni-3 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 312	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-309	75,000	23 Cr-12 Ni-Cb
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni-Cb
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-317	75,000	19 Cr-13 Ni-3 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 376	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 430	Grade FP-304	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade FP-304H	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade FP-316	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade FP-316H	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade FP-321	70,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade FP-321H	70,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade FP-347	70,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade FP-347H	70,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 452	Type TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Type TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Type TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb

Table 1. . . . Dimensions and Properties of Steel Pipe

Nominal Size	ASTM Schedule	Diameter		Wall Thickness	Surface Area Sq Ft/Lin Ft		Section Area Sq In.		Area of Metal Sq In.	Volume Gal/Lin Ft.	Weight (plain end) Lb/Lin Ft.	Working Pressure P.S.I.
		OD In.	ID In.		OD	ID	OD	ID				
3/8	40 (s)	0.405	0.269	0.068	0.106	0.0704	0.129	0.0668	0.0720	0.00205	0.241	314 <sup>psi</sup>
	80 (x)	0.405	0.215	0.095	0.106	0.0583	0.129	0.0303	0.0925	0.00189	0.314	1064
1/2	40 (s)	0.540	0.364	0.085	0.141	0.0953	0.229	0.104	0.125	0.00511	0.424	640
	80 (x)	0.540	0.302	0.119	0.141	0.0791	0.229	0.0718	0.157	0.00372	0.605	1363
3/4	40 (s)	0.675	0.493	0.091	0.177	0.129	0.358	0.191	0.167	0.00993	0.567	874
	80 (x)	0.675	0.423	0.126	0.177	0.111	0.358	0.140	0.217	0.00730	0.738	1191
1	40 (s)	0.840	0.622	0.109	0.220	0.163	0.554	0.304	0.250	0.0158	0.850	697
	80 (x)	0.840	0.545	0.147	0.220	0.143	0.554	0.234	0.320	0.0122	1.09	1266
	XX	0.840	0.252	0.294	0.220	0.0660	0.554	0.0499	0.501	0.00259	1.71	3824
1 1/4	40 (s)	1.050	0.824	0.113	0.275	0.216	0.880	0.533	0.333	0.0277	1.13	604
	80 (x)	1.050	0.742	0.154	0.275	0.194	0.880	0.432	0.434	0.0225	1.47	1078
	XX	1.050	0.434	0.308	0.275	0.114	0.880	0.148	0.718	0.00768	2.44	3134
1 1/2	40 (s)	1.315	1.049	0.133	0.344	0.275	1.30	0.864	0.494	0.0449	1.68	661
	80 (x)	1.315	0.957	0.179	0.344	0.251	1.30	0.719	0.639	0.0374	2.17	1053
	XX	1.315	0.609	0.368	0.344	0.167	1.30	0.282	1.08	0.0146	3.60	2963
1 3/4	40 (s)	1.660	1.380	0.140	0.435	0.361	2.16	1.50	0.669	0.0777	2.37	440
	80 (x)	1.660	1.279	0.191	0.435	0.335	2.16	1.28	0.891	0.0660	3.00	805
	XX	1.660	0.896	0.382	0.435	0.235	2.16	0.630	1.53	0.0328	6.21	2318
2	40 (s)	1.900	1.610	0.145	0.497	0.421	2.84	2.04	0.800	0.1058	2.72	417
	80 (x)	1.900	1.500	0.200	0.497	0.393	2.84	1.77	1.07	0.0918	3.63	756
	XX	1.900	1.100	0.400	0.497	0.288	2.84	0.950	1.89	0.0494	6.41	2122
2 1/2	40 (s)	2.375	2.007	0.154	0.622	0.541	4.43	3.30	1.07	0.174	3.65	378
	80 (x)	2.375	1.970	0.218	0.622	0.508	4.43	2.95	1.43	0.133	5.02	690
	XX	2.375	1.603	0.438	0.622	0.393	4.43	1.77	2.66	0.0922	9.03	1561
3	40 (s)	2.875	2.460	0.203	0.753	0.646	6.49	4.70	1.70	0.249	5.79	505
	80 (x)	2.875	2.323	0.270	0.753	0.608	6.49	4.24	2.25	0.320	7.68	806
	XX	2.875	1.771	0.552	0.753	0.364	6.49	2.46	4.03	0.128	13.7	2048
3 1/2	40 (s)	3.500	3.008	0.210	0.916	0.803	9.62	7.39	2.23	0.361	7.57	451
	80 (x)	3.500	2.900	0.300	0.916	0.759	9.62	6.61	3.02	0.313	10.3	734
	XX	3.500	2.300	0.600	0.916	0.602	9.62	4.15	5.47	0.216	16.5	129
4	40 (s)	4.000	3.548	0.220	1.05	0.920	12.6	9.80	2.68	0.514	9.11	425
	80 (x)	4.000	3.364	0.318	1.05	0.881	12.6	8.89	3.68	0.462	12.6	602
	XX	4.000	2.728	0.636	1.05	0.714	12.6	5.85	6.72	0.304	23.9	1699
5	40 (s)	4.500	4.026	0.237	1.18	1.05	15.9	12.7	3.17	0.601	10.8	493
	80 (x)	4.500	3.828	0.337	1.18	1.00	15.9	11.5	4.41	0.597	14.9	663
	XX	4.500	3.162	0.674	1.18	0.825	15.9	7.80	8.10	0.405	27.5	1602
6	40 (s)	5.563	5.047	0.259	1.46	1.32	24.3	20.0	4.30	1.04	14.8	608
	80 (x)	5.563	4.813	0.375	1.46	1.26	24.3	18.2	6.11	0.915	20.8	846
	XX	5.563	4.063	0.750	1.46	1.06	24.3	13.0	11.3	0.671	38.6	1951
8	40 (s)	6.625	6.065	0.280	1.73	1.59	34.5	28.9	5.58	1.50	18.0	467
	80 (x)	6.625	5.761	0.432	1.73	1.51	34.5	26.1	8.40	1.35	28.6	625
	XX	6.625	4.897	0.864	1.73	1.28	34.5	18.8	15.6	0.978	53.1	1912
10	30 (s)	8.625	8.071	0.277	2.26	2.11	68.4	57.0	12.0	2.06	24.7	361
	40 (s)	8.625	7.981	0.322	2.26	2.09	68.4	56.0	13.40	2.00	28.6	431
	80 (x)	8.625	7.625	0.500	2.26	2.00	68.4	45.7	12.8	2.37	43.4	753
	XX	8.625	6.875	0.875	2.26	1.80	68.4	37.1	21.3	1.93	72.4	1460
12	(s)	10.750	10.192	0.279	2.81	2.67	90.8	81.0	9.18	4.24	31.2	285
	30 (s)	10.750	10.136	0.307	2.81	2.65	90.8	80.7	10.1	4.19	34.2	321
	40 (s)	10.750	10.020	0.355	2.81	2.62	90.8	78.9	11.9	4.10	40.5	403
	60 (x)	10.750	9.750	0.600	2.81	2.55	90.8	74.7	18.1	3.88	64.7	600
14	30 (s)	12.750	12.000	0.330	3.34	3.17	128.	115.	12.0	5.06	43.8	299
	(s)	12.750	12.000	0.375	3.34	3.14	128.	113.	14.6	5.53	49.6	352
	(x)	12.750	11.760	0.500	3.34	3.08	128.	108.	19.2	5.63	65.4	503
16	30 (s)	14.000	13.250	0.375	3.67	3.46	154.	138.	16.0	7.17	64.0	454 <sup>psi</sup>
	(x)	14.000	13.000	0.500	3.67	3.15	154.	133.	21.2	6.70	72.1	653

Table 1 . . . . Dimensions and Properties of Steel Pipe (Concluded)

Nominal Size	ASTM <sup>b</sup> Schedule	Diameter		Wall Thickness In.	Surface Area Sq Ft/Lin Ft		Section Area Sq In.		Area of Metal Sq In.	Volume Gal/Lin Ft	Weight <sup>c</sup> (plain end) Lb/Lin Ft	Working Pressure Psls
		OD In.	ID In.		OD	ID	OD	ID				
16	30 (s)	16.000	15.250	0.375	4.18	3.99	201.	183.	18.4	0.49	12.4	1000 <sup>d</sup>
	40 (x)	16.000	15.000	0.500	4.18	3.93	201.	177.	24.3	0.18	82.8	570
18	(s)	18.000	17.250	0.375	4.71	4.62	254.	234.	20.7	12.1	70.6	355
	(x)	18.000	17.000	0.500	4.71	4.46	254.	227.	27.4	11.8	91.5	291
20	20 (s)	20.000	19.250	0.375	5.23	4.81	314.	291.	23.2	15.2	78.6	319
	30 (s)	20.000	19.000	0.500	5.23	4.97	314.	284.	30.6	14.7	103.2	454
24	20	24.000	23.250	0.375	6.20	6.08	452.	426.	26.8	22.1	91.6	265
	(s)	24.000	23.000	0.500	6.20	6.03	452.	418.	36.9	21.6	123.5	378



Table 4 — Grouping of Materials for Qualification

The grouping of materials in this table by M-Number classification is made on the basis of metallurgical characteristics, where this logically can be done, to reduce the number of welding procedure qualifications required.

Only pipe and tube materials are listed in this table; however fittings and valves having comparable chemical, mechanical and metallurgical characteristics to the pipe and tube may be used in qualification or production welding.

ASTM Material Spec.	Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 1A*</b> <b>CARBON STEEL</b>		
A 53	Acid Bessemer Openhearth	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
	Grade A	Carbon Steel Furnace Welded Pipe
	Grade B	Carbon Steel Seamless or Welded Pipe
A 106	Grade A	Carbon Steel Seamless or Welded Pipe
	Grade B	Carbon Steel Pipe
	Grade C	Carbon Steel Pipe
A 135	Grade A	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe
	Grade B	Carbon Steel Electric-Resistance-Welded Pipe
A 178	Grades A, C	Carbon Steel Electric-Welded Boiler Tubes
A 192		Carbon Steel Boiler Tubes, Seamless
A 210		Carbon Steel Tubes
A 226		Carbon Steel Electric-Welded Tubes
A 333	Grade O	Carbon Steel Pipe for Low Temp Service
A 334	Grade O	Carbon Steel Tubes for Low Temp Service
A 381	Class Y36	High Pressure Pipe
API 5L	Grade A	Carbon Steel Line Pipe
	Grade B	Carbon Steel Line Pipe
API 5LS	Grade A	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade B	Spiral-Weld Line Pipe
<b>M-NUMBER 1B*</b> <b>CARBON STEEL</b>		
A 351	Class Y42	High Pressure Pipe
	Class Y46	High Pressure Pipe
API 5LX	Grade X42	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade X46	Spiral-Weld Line Pipe
	Grade X52	Spiral-Weld Line Pipe
API 5LX	Grade X42	High Test Line Pipe
	Grade X46	High Test Line Pipe
	Grade X52	High Test Line Pipe

\* Qualification for Group 1B qualifies for Group 1B and Group 1A, but not vice versa. Qualification for Group 1B qualifies for Group 1A but not vice versa.

ASTM Material Spec.		Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 1C*</b> CARBON STEEL			
A 381	Class Y48	72,000	High Pressure Pipe
	Class Y50	72,000	High Pressure Pipe
	Class Y52	75,000	High Pressure Pipe
API 5LX	Grade X60	75,000	High Test Line Pipe
	Grade X65	80,000	High Test Line Pipe
<b>M-NUMBER 3</b> LOW ALLOY STEEL			
A 209	Grade T1	55,000	C-Mn Tubes
	Grade T1a	60,000	C-Mn Tubes
	Grade T1b	53,000	C-Mn Tubes
A 213	Grade T2	60,000	0.65 Cr-0.55 Mn
A 230	Grade T1	55,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
	Grade T1a	60,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
	Grade T1b	53,000	C-Mn Welded Boiler Tubes
A 335	Grade P1	55,000	C-Mn Pipe
	Grade P2	55,000	0.60 Cr-0.55 Mn
	Grade P15	60,000	1.40 Si-0.55 Mn
A 369	Grade FP1	65,000	C-Mn Pipe
	Grade FP2	65,000	0.65 Cr-0.55 Mn
<b>M-NUMBER 4</b> LOW ALLOY STEEL			
A 199	Grade T3b	60,000	2.00 Cr-0.50 Mn
	Grade T4	60,000	2.50 Cr-0.50 Mn
	Grade T11	60,000	1.25 Cr-0.50 Mn
A 213	Grade T3	60,000	1.75 Cr-0.70 Mn
	Grade T3b	60,000	2.00 Cr-0.55 Mn
	Grade T11	60,000	1.25 Cr-0.55 Mn
	Grade T12	60,000	0.95 Cr-0.55 Mn
A 333	Grade 4	60,000	0.75 Cr-0.50 Cu-0.75 Ni-0.25 Al
A 335	Grade P3	60,000	1.57 Cr-0.70 Mn
	Grade P3b	60,000	2.00 Cr-0.55 Mn
	Grade P11	60,000	1.25 Cr-0.55 Mn-Si
	Grade P12	60,000	0.95 Cr-0.55 Mn
A 369	Grade FP3b	60,000	2.00 Cr-0.55 Mn
	Grade FP11	60,000	1.25 Cr-0.75 Si-0.55 Mn
	Grade FP12	60,000	1.00 Cr-0.55 Mn
A 473		60,000	0.20 Cu-0.24-1.31 Cr-0.45 Ni

\* Qualification for Group 1C qualifies for 1B, up to 18" and Group 1A, but not vice versa. Qualification for Group 1B qualifies for Group 1A, but not vice versa.

ASTM Material Spec.		Tensile Strength Psi Min.	Type of Material
<b>M-NUMBER 5</b> <b>ALLOY STEEL</b>			
A 199	Grade T5	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo
	Grade T9	60,000	7.00 Cr-0.50 Mo
	Grade T9	60,000	9.00 Cr-1.00 Mo
	Grade T21	60,000	3.00 Cr-1.00 Mo
	Grade T22	60,000	2.25 Cr-1.00 Mo
A 213	Grade T5	60,000	5 Cr-0.50 Mo
	Grade T5b	60,000	5 Cr-0.50 Mo-1.50 Si
	Grade T5c	60,000	5 Cr-0.50 Mo-Ti
	Grade T7	60,000	7.0 Cr-0.50 Mo
	Grade T9	60,000	9.0 Cr-1.0 Mo
	Grade T21	60,000	3 Cr-1 Mo
	Grade T22	60,000	2.25 Cr-1.0 Mo
A 331	Grade P5	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo
	Grade P5b	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo-1.50 Si
	Grade P5c	60,000	5.00 Cr-0.50 Mo-Ti
	Grade P7	60,000	7 Cr-0.50 Mo
	Grade P9	60,000	9 Cr-1.00 Mo
	Grade P21	60,000	3 Cr-0.00 Mo
	Grade P22	60,000	2.25 Cr-1.0 Mo
A 389	Grade FP21	60,000	3.00 Cr-0.93 Mo
	Grade FP5	60,000	5.00 Cr-0.55 Mo
	Grade FP7	60,000	7.00 Cr-0.55 Mo
	Grade FP9	60,000	9.00 Cr-1.00 Mo
	Grade FP22	60,000	2.25 Cr-1.00 Mo
<b>M-NUMBER 6</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — MARTENSITIC</b>			
A 268	TP-410	60,000	12 Cr-0.15 C Max.
<b>M-NUMBER 7</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — FERRITIC</b>			
A 269	Grade 405	60,000	12 Cr-Al
	Grade 430	60,000	16 Cr
<b>M-NUMBER 8</b> <b>HIGH ALLOY STEEL — AUSTENITIC</b>			
A 213	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb

If the chemical composition of this grade is such as to render it hardenable, qualification under M-Number 6 is required.

ASTM Material Spec.	Tensile Strength Psi Min.	Type of Material	
A 249	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-309	75,000	23 Cr-12 Ni
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-317	75,000	19 Cr-13 Ni-3 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 312	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304L	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-309	75,000	23 Cr-12 Ni-Cb
	Grade TP-310	75,000	25 Cr-20 Ni-Cb
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316L	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-317	75,000	19 Cr-13 Ni-3 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 378	Grade TP-304	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Grade TP-316	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade TP-321	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-321H	75,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade TP-347	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade TP-348H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 430	Grade FP-304	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade FP-304H	70,000	18 Cr-8 Ni
	Grade FP-316	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade FP-316H	70,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Grade FP-321	70,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade FP-321H	70,000	18 Cr-10 Ni-Ti
	Grade FP-347	70,000	18 Cr-10 Ni-Cb
	Grade FP-347H	70,000	18 Cr-10 Ni-Cb
A 452	Type TP-304H	75,000	18 Cr-8 Ni
	Type TP-316H	75,000	18 Cr-12 Ni-2 Mo
	Type TP-347H	75,000	18 Cr-10 Ni-Cb

Table 1 Dimensions and Properties of Steel Pipe

Nominal Size	ASTM Schedule	Diameter		Wall Thickness in.	Surface Area Sq Ft/lin Ft		Section Area Sq In.		Area of Metal Sq In.	Volume Gal/lin Ft	Weight Lbs/lin Ft	Working Pressure P.S.I.
		OD in.	ID in.		OD	ID	OD	ID				
3/8	40 (s)	0.405	0.200	0.068	0.100	0.0704	0.129	0.0368	0.0770	0.00295	0.241	314 <sup>PSI</sup>
	80 (x)	0.405	0.215	0.095	0.106	0.0563	0.129	0.0363	0.0925	0.00169	0.314	1684
1/2	40 (s)	0.540	0.384	0.068	0.141	0.0953	0.229	0.104	0.125	0.00541	0.421	640
	80 (x)	0.540	0.392	0.110	0.141	0.0791	0.229	0.0736	0.187	0.00372	0.536	1353
3/4	40 (s)	0.675	0.493	0.091	0.177	0.129	0.358	0.191	0.167	0.00992	0.667	674
	80 (x)	0.675	0.423	0.120	0.177	0.111	0.368	0.140	0.217	0.00730	0.739	1191
1	40 (s)	0.840	0.622	0.109	0.220	0.163	0.654	0.304	0.250	0.0158	0.800	697
	80 (x)	0.840	0.630	0.147	0.220	0.143	0.654	0.234	0.320	0.0122	1.09	1260
	XX	0.840	0.252	0.294	0.220	0.0660	0.654	0.0409	0.601	0.00259	1.71	3824
1 1/4	40 (s)	1.050	0.824	0.113	0.276	0.210	0.860	0.613	0.333	0.0277	1.13	604
	80 (x)	1.050	0.742	0.124	0.276	0.194	0.860	0.432	0.434	0.0225	1.47	1078
	XX	1.050	0.434	0.309	0.276	0.114	0.860	0.148	0.718	0.00768	2.44	3134
1 1/2	40 (s)	1.315	1.040	0.133	0.344	0.275	1.36	0.864	0.494	0.0440	1.58	651
	80 (x)	1.315	0.957	0.179	0.344	0.251	1.36	0.719	0.639	0.0374	2.17	1053
	XX	1.315	0.599	0.368	0.344	0.167	1.36	0.282	1.08	0.0140	3.66	2963
1 3/4	40 (s)	1.560	1.350	0.140	0.435	0.361	2.10	1.60	0.660	0.0777	2.27	430
	80 (x)	1.560	1.278	0.191	0.435	0.335	2.10	1.28	0.891	0.0600	3.00	603
	XX	1.560	0.800	0.382	0.435	0.235	2.10	0.630	1.63	0.0328	6.21	2319
2	40 (s)	1.900	1.610	0.145	0.497	0.421	2.84	2.04	0.800	0.1058	2.72	417
	80 (x)	1.900	1.540	0.200	0.497	0.373	2.84	1.77	1.07	0.0918	3.65	750
	XX	1.900	1.100	0.400	0.497	0.288	2.84	0.950	1.89	0.0404	6.41	2122
2 1/2	40 (s)	2.375	2.067	0.154	0.622	0.513	4.43	3.36	1.97	0.174	3.65	370
	80 (x)	2.375	1.939	0.219	0.622	0.469	4.43	2.95	1.48	0.153	5.02	690
	XX	2.375	1.603	0.430	0.622	0.393	4.43	1.77	2.66	0.0222	9.03	1861
3	40 (s)	2.875	2.489	0.203	0.763	0.640	6.49	4.79	1.70	0.240	5.79	505
	80 (x)	2.875	2.323	0.270	0.763	0.608	6.49	4.24	2.25	0.220	7.06	806
	XX	2.875	1.771	0.552	0.763	0.394	6.49	2.46	4.03	0.128	13.7	2048
3 1/2	40 (s)	3.500	3.068	0.216	0.910	0.603	9.02	7.30	2.23	0.361	7.57	451
	80 (x)	3.500	2.900	0.300	0.910	0.769	9.02	6.61	3.02	0.313	10.3	734
	XX	3.500	2.300	0.600	0.910	0.602	9.02	4.16	5.47	0.216	18.5	929
4	40 (s)	4.000	3.648	0.228	1.05	0.929	12.0	9.89	2.68	0.514	9.11	425
	80 (x)	4.000	3.361	0.318	1.05	0.881	12.0	8.89	3.08	0.402	12.6	603
	XX	4.000	2.729	0.630	1.05	0.714	12.0	6.83	4.72	0.304	21.9	1699
4 1/2	40 (s)	4.600	4.026	0.237	1.18	1.05	15.0	12.7	3.17	0.661	10.8	403
	80 (x)	4.600	3.826	0.337	1.18	1.00	15.0	11.6	4.41	0.597	14.9	603
	XX	4.600	3.162	0.674	1.18	0.825	15.0	7.80	6.10	0.405	27.6	1602
5	40 (s)	5.563	4.947	0.259	1.40	1.32	24.3	20.0	4.30	1.04	14.6	405 <sup>PSI</sup>
	80 (x)	5.563	4.813	0.375	1.40	1.20	24.3	16.2	6.11	0.945	20.8	625
	XX	5.563	4.053	0.760	1.40	1.00	24.3	13.0	11.3	0.673	39.6	1951
6	40 (s)	6.625	6.065	0.280	1.73	1.59	34.5	28.0	6.58	1.50	19.0	467
	80 (x)	6.625	5.761	0.452	1.73	1.51	34.5	26.1	8.40	1.35	28.6	625
	XX	6.625	4.807	0.864	1.73	1.28	34.5	18.8	16.6	0.978	53.1	1912
8	40 (s)	8.625	8.071	0.277	2.26	2.11	68.4	57.4	17.26	2.68	24.7	361
	80 (x)	8.625	7.881	0.322	2.26	2.00	68.4	50.0	18.40	2.60	28.6	471
	80 (x)	8.625	7.625	0.500	2.26	2.00	68.4	46.7	12.8	2.37	43.4	753
	XX	8.625	6.872	0.676	2.26	1.60	68.4	37.1	21.3	1.93	72.4	1460
10	(s)	10.750	10.192	0.270	2.81	2.67	90.8	81.0	20.18	4.24	31.2	255
	80 (s)	10.750	10.130	0.307	2.81	2.65	90.8	80.7	10.1	4.19	34.2	321
	40 (s)	10.750	10.020	0.365	2.81	2.62	90.8	78.9	11.9	4.10	40.5	405
	60 (s)	10.750	9.730	0.593	2.81	2.65	90.8	74.7	16.1	3.88	61.7	600
12	30 (s)	12.750	12.090	0.330	3.34	3.17	128.	116.	12.9	5.96	43.8	299
	(s)	12.750	12.000	0.375	3.34	3.14	128.	113.	14.6	6.58	50.6	372
	(x)	12.750	11.760	0.500	3.34	3.08	128.	108.	19.2	6.63	66.4	593
14	30 (s)	14.600	13.950	0.275	3.67	3.40	164.	138.	16.0	7.17	54.6	425 <sup>PSI</sup>
	(x)	14.600	13.000	0.600	3.67	3.16	164.	133.	21.2	6.70	72.1	651

Table 1 . . . Dimensions and Properties of Steel Pipe (Concluded)

Nominal Size	ASTM Schedule	Diameter		Wall Thickness In.	Surface Area Sq Ft/Lin Ft		Section Area Sq In.		Area of Metal Sq In.	Volume Gal/Lin Ft	Weight (plain end) lb/Lin Ft	Working Pressure Psi
		OD In.	ID In.		OD	ID	OD	ID				
16	30 (s)	16.000	16.250	0.375	4.18	3.89	201.	183.	18.4	0.48	62.4	8100
	40 (x)	16.000	16.000	0.500	4.18	3.93	201.	177.	24.2	0.18	82.6	570
18	(s)	18.000	17.250	0.375	4.71	4.62	251.	234.	20.7	12.1	70.6	355
	(x)	18.000	17.000	0.500	4.71	4.46	251.	227.	27.4	11.8	91.5	290
20	20 (s)	20.000	19.250	0.375	5.23	4.51	314.	291.	23.2	15.2	78.6	319
	30 (s)	20.000	19.000	0.500	5.23	4.97	314.	284.	30.6	14.7	107.2	451
24	20 (s)	24.000	23.250	0.375	6.29	6.08	452.	420.	26.8	22.1	94.6	265
	(s)	24.000	23.000	0.500	6.29	6.03	452.	416.	36.9	21.6	125.6	378



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

COMPLEMENTO

ING. RAUL GRANADOS G.

JULIO, 1979.









ARMADURA 37-1 D NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2684.
ARMADURA 37-1 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2247.
ARMADURA 37-2 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2247.
ARMADURA 37-2 I NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1480.
ARMADURA 37-3 D NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4244.
ARMADURA 37-4 D NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4248.
ARMADURA 37-4 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2759.
ARMADURA 37-5 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2759.
ARMADURA 37-5 I NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1414.
ARMADURA 37-6 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6052.
ARMADURA 37-7 D NIVEL 3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3078.
ARMADURA 37-7 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3676.
ARMADURA 37-8 D NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2341.
ARMADURA 37-9 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2299.
ARMADURA 37-10 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2276.
ARMADURA 37-11 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11974.
ARMADURA 37-12 D NIVEL 3	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4062.
ARMADURA 37-13 D NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4002.
ARMADURA 37-13 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4192.
ARMADURA 37-14 D NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4192.
ARMADURA 37-14 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6160.
ARMADURA 37-15 D NIVEL 3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	10055.
ARMADURA 37-16 D NIVEL 3	5	5	5	5	4	4	4	4	4	8044.
ARMADURA 37-16 I NIVEL 3	5	5	4	4	3	3	3	3	3	4586.
ARMADURA 37-17 D NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4586.
ARMADURA 37-17 I NIVEL 2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2246.
ARMADURA 37-18 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2246.
ARMADURA 37-18 I NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1827.
ARMADURA 37-19 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1827.
ARMADURA 37-19 I NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2702.
ARMADURA 37-20 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2702.
ARMADURA 37-20 I NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2449.
ARMADURA 37-21 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5404.
ARMADURA 37-22 D NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	5404.
ARMADURA 37-22 I NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0.
ARMADURA 37-23 D NIVEL 3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2460.
ARMADURA 37-23 I NIVEL 3	2	0	0	0	1	1	1	1	1	0.
ARMADURA 37-24 D NIVEL 3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3069.
ARMADURA 37-25 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2946.
ARMADURA 37-26 D NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.
ARMADURA 37-27 D NIVEL 3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.

TOTAL 246 232 226 223 209 206 447607.



		NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2722.
ARMADURA TS- 20	NIVEL 2	6	6	6	6	6	6	6	6	1772.
ARMADURA TS- 250	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	963.
ARMADURA TS- 251	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	963.
ARMADURA TS- 25	NIVEL 2	4	4	4	4	4	4	4	4	3442.
ARMADURA TS- 25	NIVEL 2	7	7	7	7	7	7	7	7	2934.
ARMADURA TS- 3	NIVEL 1	6	6	6	6	6	6	6	6	10020.
	NIVEL 2	6	6	6	6	6	6	6	6	10020.
ARMADURA TS- 31	NIVEL 2	4	4	4	4	4	4	4	4	6680.
ARMADURA TS- 38	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1718.
ARMADURA TS- 4 0	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	2119.
ARMADURA TS- 4 1	NIVEL 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0.
ARMADURA TS- 5 0	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1743.
ARMADURA TS- 6 1	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1743.
ARMADURA TS- 6A	NIVEL 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1822.
ARMADURA TS- 60	NIVEL 2	2	2	2	2	2	2	2	2	3490.
ARMADURA TS- 9	NIVEL 1	1	1	1	1	1	1	1	0	1057.
ARMADURA TS- 9A	NIVEL 2	6	6	6	6	6	6	6	6	9244.
ARMADURA 3V- 1 0	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	1904.
ARMADURA 3V- 1 1	NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	952.
ARMADURA 3V- 2	NIVEL 3	9	9	9	9	9	9	9	9	7920.
ARMADURA 3V- 3 0	NIVEL 3	7	2	2	2	2	2	2	2	1775.
ARMADURA 3V- 3 1	NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	887.
ARMADURA 3V- 6 0	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	1898.
ARMADURA 3V- 6 1	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	1898.
ARMADURA 3V- 7	NIVEL 3	16	16	16	16	16	16	16	16	14064.
ARMADURA 3V- 8 0	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	1774.
ARMADURA 3V- 8 1	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	2	2	1774.
ARMADURA 3V- 9	NIVEL 3	6	6	6	6	6	6	6	6	5280.
ARMADURA 3V-10	NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	888.
ARMADURA 3V-11	NIVEL 3	29	29	29	29	29	19	19	19	25520.
ARMADURA 3V-12	NIVEL 3	1	1	1	1	1	1	1	1	952.
ARMADURA 3V-13	NIVEL 3	4	4	4	4	4	4	4	4	3804.
ARMADURA 3V-14 0	NIVEL 3	6	6	6	6	6	6	6	6	5322.
ARMADURA 3V-14 1	NIVEL 3	6	6	6	6	6	6	6	6	5322.
ARMADURA 3V-15	NIVEL 3	18	18	18	18	18	18	18	18	15858.
ARMADURA 3V-16	NIVEL 3	20	4	4	4	4	4	4	4	2568.
ARMADURA 3V-17	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	1	1	4256.
ARMADURA 3V-19	NIVEL 3	2	2	2	2	2	2	1	1	4266.
ARMADURA 3V-16	NIVEL 3	6	6	6	6	6	6	3	3	12744.
ARMADURA 3V-20	NIVEL 3	20	15	14	14	5	5	5	5	12306.
ARMADURA 3V-21 0	NIVEL 3	2	1	1	1	0	0	0	0	1773.
ARMADURA 3V-21 1	NIVEL 3	2	1	1	1	0	0	0	0	1773.
ARMADURA 3V-22	NIVEL 3	5	5	5	5	5	0	0	0	2980.
ARMADURA 3V-23	NIVEL 3	2	0	0	0	0	0	0	0	0.
	TOTAL	472	439	430	430	349	342			419495.



REPORTE DE AVANCE DE FABRICACION

	1	2	3	4	5
PERCENTAJE	0	0	0	0	0

ARMADO DE COLUMNAS EXTERIORES -----

SOLDADO DE COLUMNAS EXTERIORES -----

PINTADO DE COLUMNAS EXTERIORES -----

ARMADO DE COLUMNAS INTERIORES -----

SOLDADO DE COLUMNAS INTERIORES -----

PINTADO DE COLUMNAS INTERIORES -----

ARMADO DE TRABES PRINCIPALES -----

SOLDADO DE TRABES PRINCIPALES -----

PINTADO DE TRABES PRINCIPALES -----

ARMADO DE TRABES SECUNDARIAS -----

SOLDADO DE TRABES SECUNDARIAS -----

PINTADO DE TRABES SECUNDARIAS -----

MAYO 22 DE 1972  
 REPORTE DE AVANCE DE FABRICACION Y/O MONTAJE DE ACUERDO CON EL PROGRAMA

-----HASTA LA PRECEDENTE SEMANA-----DURANTE ESTA SEMANA-----  
 TOTAL FABRICACION MONTAJE TOTAL FABRICACION MONTAJE  
 PIEZAS ARM. SOLD. PINT. COL. SOLD. PIEZAS ARM. SOLD. PINT. COL. SOLD.

COLUMNAS EXTERIORES	72	72	72	72	72	72	0	0	0	0	0	0	0	0
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
COLUMNAS INTERIORES	72	72	72	72	72	72	0	0	0	0	0	0	0	0
	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(100.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)	(0.0)
TRABES PRINCIPALES	198	222	226	225	205	206	6	40	34	33	13	14		
	(100.0)	(117.1)	(114.1)	(115.6)	(103.5)	(104.0)	(100.0)	(166.6)	(156.6)	(150.0)	(121.6)	(123.3)		
TRABES SECUNDARIAS	333	439	430	430	349	342	15	121	112	112	31	24		
	(100.0)	(131.8)	(129.1)	(129.1)	(104.8)	(102.7)	(100.0)	(105.6)	(104.6)	(104.6)	(106.6)	(102.0)		



CINCO PUNTOS EN LOS QUE HAY QUE FIJAR LA ATENCION PARA ASEGURAR UNA BUENA CALIDAD DE LA SOLDADURA.

- 1) SELECCION DEL PROCESO DE UNA SOLDADURA.
  - A) SOLDADURA DE OPERACION MANUAL
  - B) SOLDADURA SEMI AUTOMATICA
  - C) SOLDADURA AUTOMATICA
- 2) PREPARACION DE LAS JUNTAS.
- 3) ESTUDIO EN DETALLE DEL PROCEDIMIENTO.
  - A) IDENTIFICACION DE LA JUNTA
  - B) DETALLES Y TOLERANCIA DE LA JUNTA
  - C) IDENTIFICACION DEL PROCEDIMIENTO
  - D) TIPO Y TAMAÑO DEL ELECTRODO
  - E) TIPO DE FUENTE (CUANDO SE REQUIERE)
  - F) CORRIENTE Y VOLTAJE
  - G) PRECALENTAMIENTO
  - H) SECUENCIA DE PASES
  - I) COMENTARIOS O INDICACIONES ADICIONALES
- 4) PERSONAL (CALIFICACION Y SELECCION)
- 5) PRUEBAS PREVIAS.

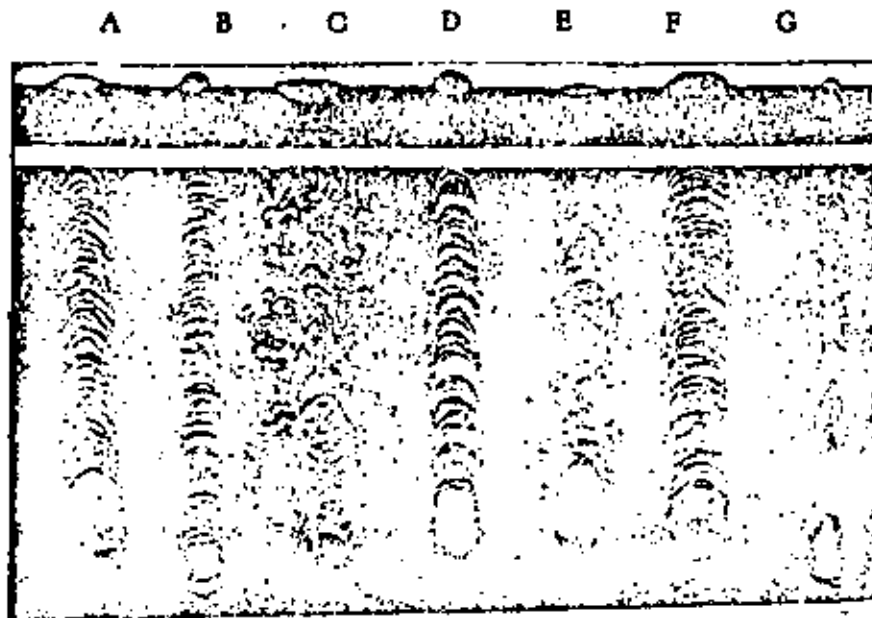


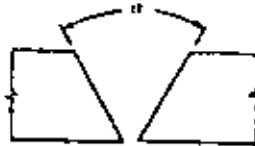
Fig. 2-77. Plan and elevation views of welds made with an E6010 type electrode under various conditions. Conditions are accentuated to illustrate differences. Iron powder type electrodes when used minimize variations shown here. (A) Current, voltage and speed normal. (B) Current too low. (C) Current too high. (D) Arc length too short. (E) Arc length too long. (F) Speed too low. (G) Speed too high.

LISTA DE DETALLES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE UNA SOLDADURA.

REVISION ANTES DE LA SOLDADURA	●	○	○
REVISION DURANTE LA SOLDADURA	○	●	○
REVISION DESPUES DE LA SOLDADURA	○	○	●

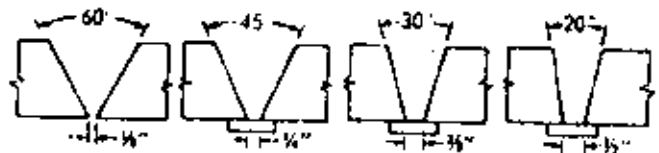
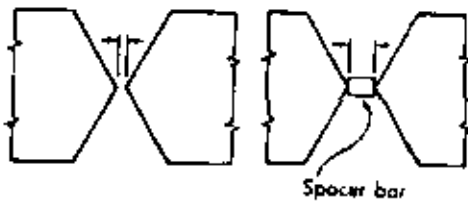
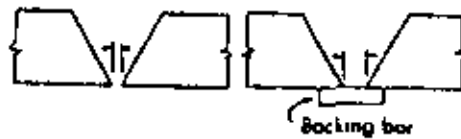
1) ANGULO DE LA PREPARACION

● ○ ○



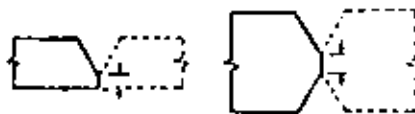
2) ABERTURA DE LA RAIZ.

● ○ ○

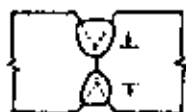


3) PERFIL DE LA RAIZ.

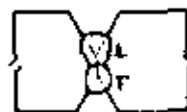
● ○ ○



(a) Too small root face; burn-through



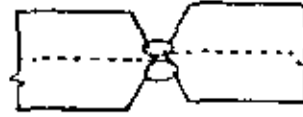
(b) Too large root face; lack of penetration



(c) Proper root face; proper penetration

## 4) ALINEAMIENTO DE LAS PLACAS

• • •



## 5) LIMPIEZA DE LA JUNTA

• • •

## 6) TIPO Y TAMAÑO DE ELECTRODO

• • •

## 7) INTENSIDAD Y POLARIDAD DE LA CORRIENTE

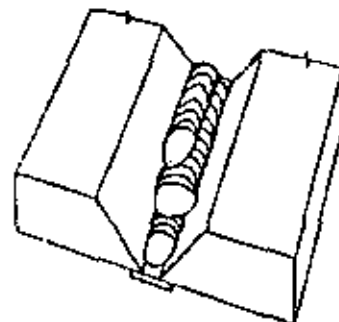
• • •

## 8) PUNTOS DE SOLDADURA.

• • •

## 9) FUSION ADECUADA

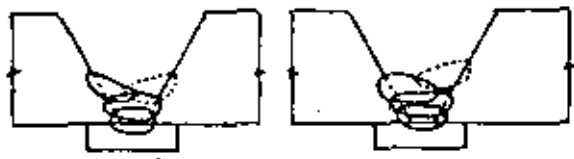
• • •



## 10) PRECALENTAMIENTO

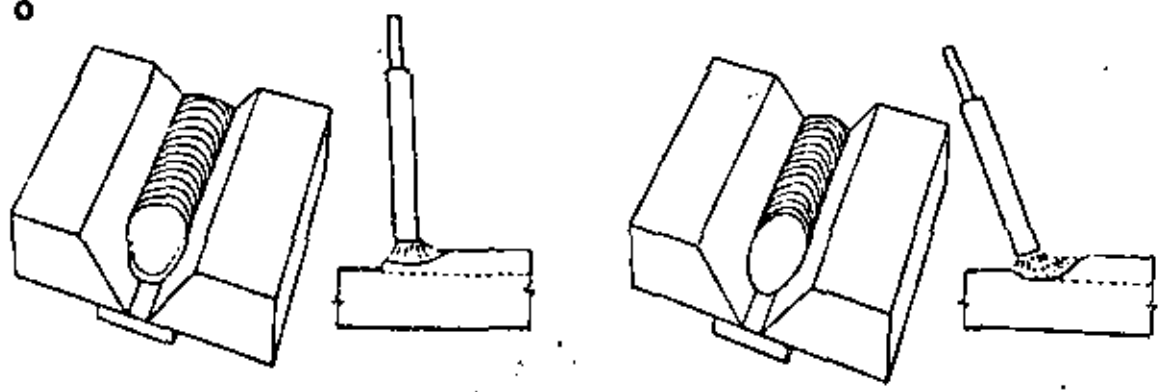
• • •

11) SECUENCIA ADECUADA DE PASES

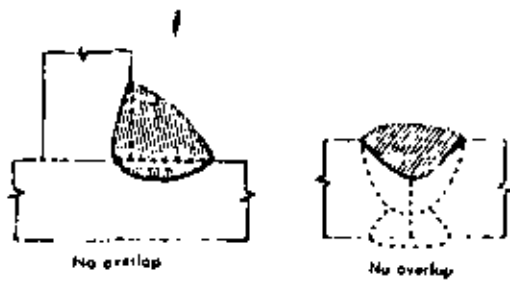
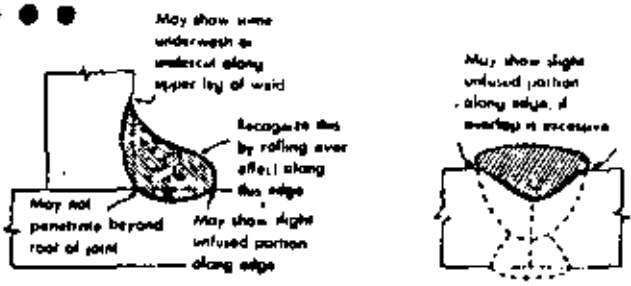


(a) No problem for next pass to fuse properly into side of joint and weld  
(b) Not enough room left between side of joint and last pass, will not fuse properly, may trap slag

12) VELOCIDAD CORRECTA DE MOVIMIENTO DEL ELECTRODO

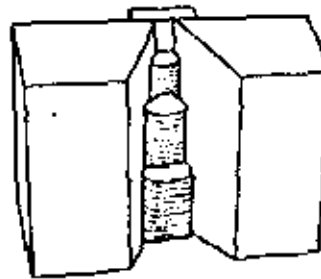


13) AUSENCIA DE SOLAPADURAS ( OVERLAP )



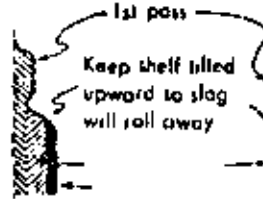
14) INCLINACION DEL CRATER EN SOLDADURAS VERTICALES

● ● ●



Spend enough time at middle of weld so extra weld metal here will keep shell tilted upward

Weaving technique



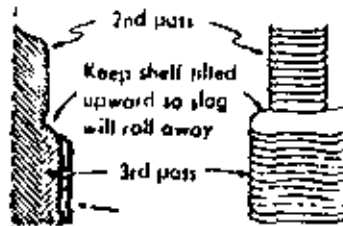
Cross-section of weld



Front view of weld

Hold rod momentarily at sides; will build up weld to full size and will provide proper weld shape

Weaving technique

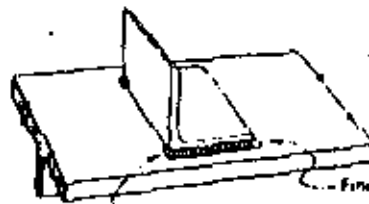


Cross section of weld



Front view of weld

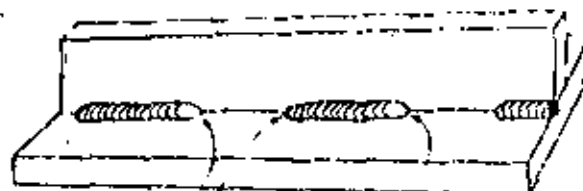
15) RELLENO DE CRATERES



Start weld here

Finish weld here, crater is in low stressed area, not harmful

● ● ●

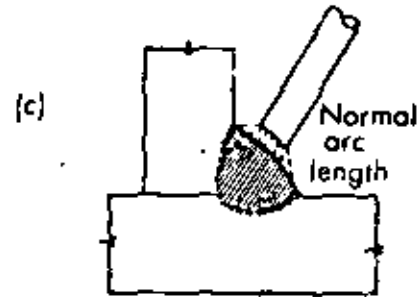
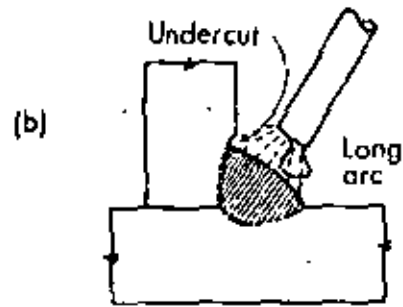
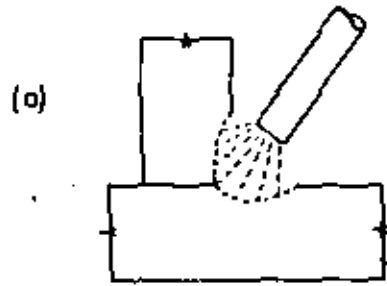


Notch effect of crater is no worse than that of start of weld

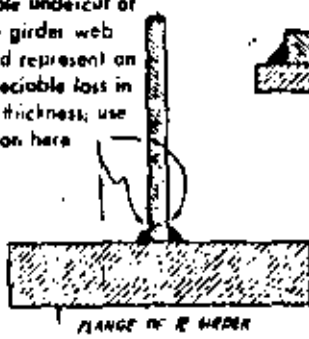
Banking crater up to full throat stress will reduce its notch effect at end of weld

16) AUSENCIA DE SOCAVACIONES

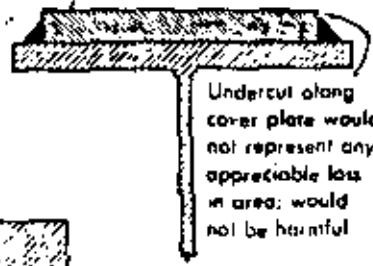
● ● ●



Double undercut of plate girder web would represent an appreciable loss in web thickness; use caution here



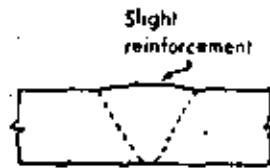
Cover R of rolled beam



Undercut along cover plate would not represent any appreciable loss in area; would not be harmful

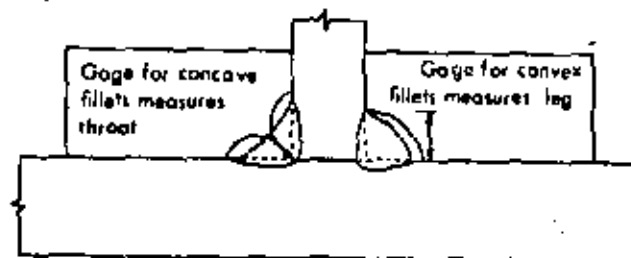
## 17) REFUERZO ADECUADO EN SOLDADURAS A TOPE

● ● ●



## 18) TAMAÑO CORRECTO DE SOLDADURAS DE FILETE.

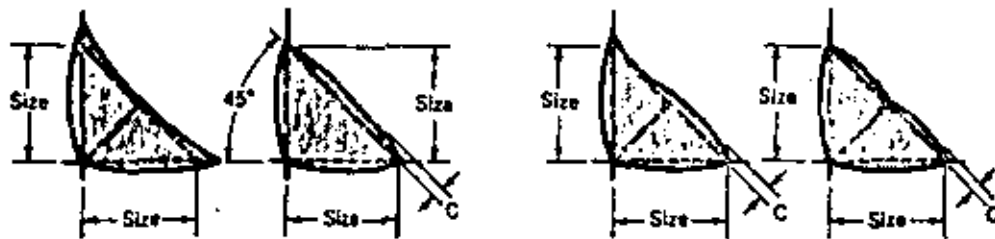
● ● ●



## 19) AUSENCIA DE GRIETAS

● ● ●

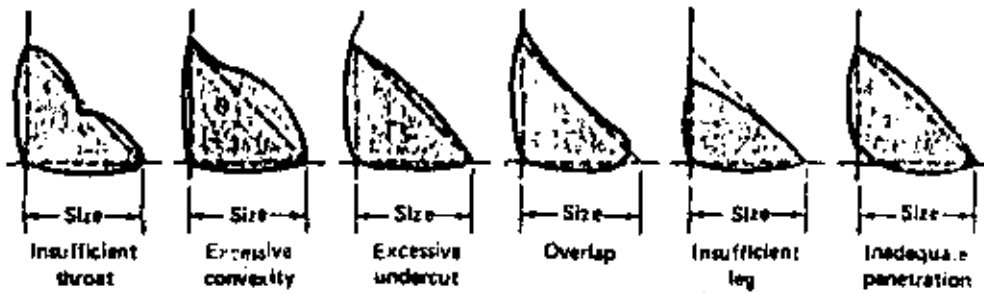




Note: Convexity C shall not exceed 0.1 actual size + 0.03 in.

(A) Desirable fillet weld profiles

(B) Acceptable fillet weld profiles

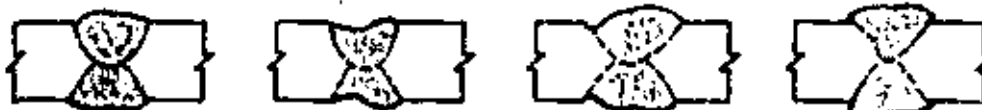


(C) Unacceptable fillet weld profiles



Note: Reinforcement R shall not exceed 1/8 in. See 3.6.2.

(D) Acceptable butt weld profile



Excessive convexity  
See 3.6.2

Insufficient throat  
See 3.6.3

Excessive undercut  
See 3.6.4 and 3.6.5

Overlap  
See 3.6.6

(E) Unacceptable butt weld profiles

Fig. 3.6—Acceptable and unacceptable weld profiles

**GRIETAS EXTERIORES**

**CAUSAS PROBABLES**

GRAN RESTRICCIÓN DE LAS PARTES  
POR SOLDAR

ENFRIAMIENTO BRUSCO

EL PRIMER CORDON MUY PEQUEÑO

FALTA DE PRECALENTAMIENTO

ALTO CONTENIDO DE AZUFRE  
EN LA PLACA ACENTUADO POR  
EXCESO DE PENETRACION

ALTO CONTENIDO DE CARBONO

**CONSECUENCIAS**

FALLA COMPLETA DE LA JUNTA

REDUCCION DE LA RESISTENCIA



GRIETAS EN EL CRATER  
DE UNA SOLDADURA DE  
FILETE



GRIETA LONGITUDINAL  
EN UNA SOLDADURA A  
TOPE



GRIETA EN UNA SOLDA-  
DURA DE TRASLAPE



GRIETA EN UNA  
SOLDADURA DE  
FILETE POR  
FALTA DE PENE-  
TRACION



GRIETA POR PENETRACION  
EXCESIVA

## POROSIDAD EXTERIOR

## CAUSAS PROBABLES

CONTENIDO EXCESIVO DE  
AZUFRE EN EL ELECTRODO  
O EN EL METAL BASE  
SE NOTAN TAMBIEN BUR-  
BUJAS Y POROSIDADES  
TUBULARES

## CONSECUENCIAS

REDUCCION DE LA RESISTENCIA  
( NO ES MUY GRAVE SI LA POROSI-  
DAD NO ES EXCESIVA )

APARIENCIA IRREGULAR



POROSIDAD EXCESIVA  
POR EXCESO DE AZUFRE.

## QUEMADURAS

## CAUSAS

INICIO INCORRECTO DEL  
ARCO ELECTRICO ( SOBRE  
LA PLACA )



QUEMADURA ( PLANTA )

## SOLAPADURAS ( OVERLAP )

## CAUSAS

MANEJO INADECUADO DEL ELECTRODO

BAJA CORRIENTE

BAJA VELOCIDAD

MUCHO DEPÓSITO EN UN SOLO CORDON



## CONSECUENCIAS

POSIBLES GRIETAS EN  
ACEROS DE ALEACION

REDUCCION DE LA RESIS-  
TENCIA POR EFECTO DE  
NUESCA



( CORTE )

## CONSECUENCIAS

REDUCCION DE LA RESIS-  
TENCIA POR CONCENTRACION  
DE ESFUERZOS

SOLDADURA DE FILETE  
SOLAPADA

SOCAVACIONES

CAUSAS

- CORRIENTE EXCESIVA
- ALTA VELOCIDAD
- LONGITUD DEL ARCO MUY GRANDE
- ANGULO DEL ELECTRODO INCORRECTO
- ELECTRODO INADECUADO
- HUMEDAD EN EL ELECTRODO.

CONSECUENCIAS

REDUCCION DE LA RESISTENCIA EN ALGUNOS CASOS.



SOCAVACION EN LA PARTE SUPERIOR DE LA PLACA



SOCAVACION EN LA PARED DE UNA SOLDADURA A TOPE SIN PREPARACION Y CON PLACA DE RESPALDO



SOCAVACION EN LAS PAREDES DE LA RAIZ DE UNA SOLDADURA A TOPE DE BISEL



PLANTA Y CORTE DE UNA UNION A TOPE. (NOTESE LA REDUCCION DE LA SECCION.)

CAUSAS

- BAJA CORRIENTE
- ALTA CORRIENTE
- BAJA VELOCIDAD
- AVANCEO INADECUADO DEL ELECTRODO
- POSICION DIFICIL
- MALA PREPARACION

CONSECUENCIAS

- REDUCCION DE RESISTENCIA
- CONCENTRACION DE ESFUERZOS

SOLDADURAS DE FILETE



CONVEXIDAD EXCESIVA POR BAJA CORRIENTE

TAMANO INSUFICIENTE POR EXCESO DE CORRIENTE

TAMANO INSUFICIENTE POR POSICION INADECUADA DEL ELECTRODO

PERFIL IRREGULAR POR BAJA CORRIENTE Y ELECTRODO MUY PEQUEÑO

SOLDADURAS A TOPE



REFUERZO EXCESIVO

GARGANTA INSUFICIENTE

REFUERZO IRREGULAR

PENETRACION EXCESIVA

QUEMADURAS EN LA ORILLA DEL METAL BASE

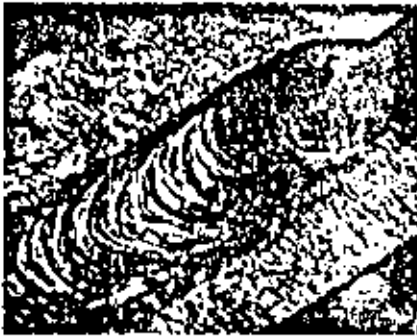
CAUSAS

ELECTRODO MUY GRANDE

MANEJO INADECUADO DEL ELECTRODO

CONSECUENCIAS

REDUCCION DE LA RESISTENCIA



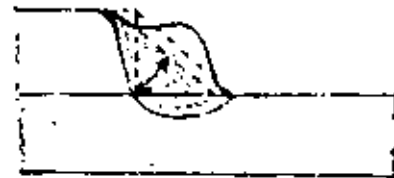
QUEMADURA EN LA ORILLA DE UNA SOLDADURA DE FILETE



COPE QUE MUESTRA EL DEFECTO



CORDON REPARADO



ESQUEMA EXPLICATIVO

## APARIENCIA IRREGULAR

24

### CAUSAS

- 1) ONDULACIONES
  - MANEJO INADECUADO DEL ELECTRODO
  - ACCESO DIFICIL
  - BAJA CORRIENTE
  - ALTA CORRIENTE
  - LONGITUD INADECUADA DEL ARCO
  
- 2) SALPICADURAS
  - ALTA CORRIENTE
  - LONGITUD GRANDE DEL ARCO
  - INTERRUPCION DEL ARCO
  - ELECTRODOS DAÑADOS
  
- 3) OTRO TIPO DE IRREGULARIDAD
  - ARRANQUE EN FRIJO CUANDO SE EMPLEAN MAQUINAS DE GASOLINA.

### CONSECUENCIAS

REDUCCION DE LA RESISTENCIA  
APARIENCIA DESAGRADABLE



ONDULACIONES



ONDULACION Y SALPICADURAS.



**PENETRACION INCOMPLETA**

**CAUSAS**

PREPARACION INADECUADA

TAMAÑO INADECUADO DEL ELECTRODO

BAJA CORRIENTE

VELOCIDAD EXCESIVA

**CONSECUENCIAS**

REDUCCION IMPORTANTE DE LA RESISTENCIA

ROTURA DE LA RAIZ



RADIOGRAFIA DE UNA UNION A TOPE CON FALTA DE PENETRACION

FALTA DE PENETRACION POR CORRIENTE BAJA

FALTA DE PENETRACION CON INCLUSION DE ESCORIA

RADIOGRAFIA DE UNA FALLA POR FALTA DE PENETRACION



FALTA DE PENETRACION POR MALA PREPARACION

RADIOGRAFIA DE UNA UNION A TOPE CON FALTA DE PENETRACION

FALTA DE PENETRACION EN SOLDADURAS DE FILETE

## GRIETAS INTERIORES

## CAUSAS

COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL BASE

ENFRIAMIENTO BRUSCO

ALTA VELOCIDAD

CORDON INICIAL PEQUEÑO

LAPSOS GRANDES ENTRE LA COLOCACION DE DOS CORDONES CONSECUTIVOS

PENETRACION INCOMPLETA

FALTA DE FUSION

INCLUSION DE ESCORIA

## CONSECUENCIAS

FALLA TOTAL DE LA JUNTA DEPENDIENDO DEL TAMAÑO DE LAS GRIETAS



GRIETA EN LA RAIZ POR EXCESO DE AUSTENITA



GRIETA EN LA RAIZ DE UNA SOLDADURA A TOPE



GRIETA EN UNA UNION A TOPE ASOCIADA CON INCLUSION DE ESCORIA



GRIETA EN LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR



GRIETA EN LA RAIZ EN LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR



GRIETA EN LA RAIZ EN MATERIAL DE GRUESO



GRIETA POR INCLUSION DE ESCORIA

CAUSAS

LIMPIEZA DEFICIENTE ENTRE CORRONES

PRESENCIA DE ESCAMAS, PINTURA, ETC.

SUPERFICIES IRREGULARES

ELECTRODO HUMEDO, CON RECUBRIMIENTO  
ROTO, ETC.

CORRIENTE INADECUADA

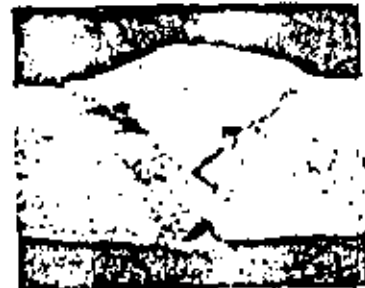
CONSECUENCIAS

REDUCCION DE RESISTENCIA  
SI LAS INCLUSIONES SON  
GRANDES Y NUMEROSAS

POSIBILIDAD DE GRIETAS SI  
SE LOCALIZAN EN LA UNION DE  
SOLDADURA Y EL METAL BASE.



INCLUSION DE ESCORIA EN  
SOLDADURA DE VARIOS PASES



INCLUSION DE ESCORIA EN  
RAIZ Y PAREDES



LINEAS DE ESCORIA EN  
LA RAIZ DE UNA UNION A TOPE

FALTA DE FUSION

CAUSAS

- PRESENCIA DE ESCANAS, RAYOS
- FALTA DE REMISION DE LA FERRIA ENTRE DOS CONJUNTOES CONSECUTIVOS
- CORRIENTE BAJA
- ALTA VELOCIDAD
- COMPOSICION QUIMICA

CONSECUENCIAS

REDUCCION IMPORTANTE DE LA RESISTENCIA



FALTA DE FUSION ENTRE CORDONES DE ACERO AUSTENITICO



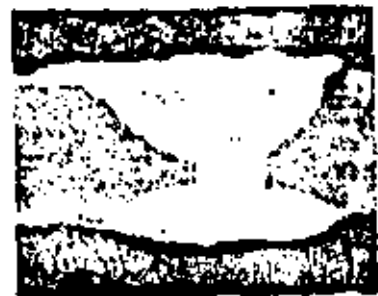
FALTA DE FUSION EN LA RAIZ



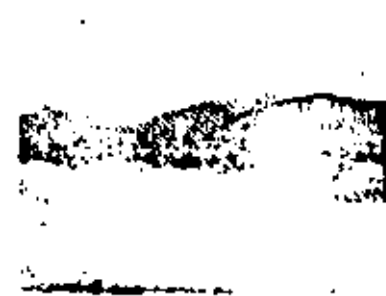
FALTA DE FUSION EN UNA SOLDADURA A TOPE



FALTA DE LA FUSION EN LA RAIZ



FALTA DE FUSION EN LOS CORNOS DE LA RAIZ



RACIONALIZACION DE UNA REPARACION LOCAL

## POROS Y BURBUJAS INTERIORES

## CAUSAS

ALTO CONTENIDO DE AZUFRE  
 HUMEDAD EN EL ELECTRODO  
 LONGITUD DEL ARCO INCORRECTO  
 POLARIDAD EQUIVOCADA



POROS IDEAS EN UNA  
 UNIÓN A TOPE

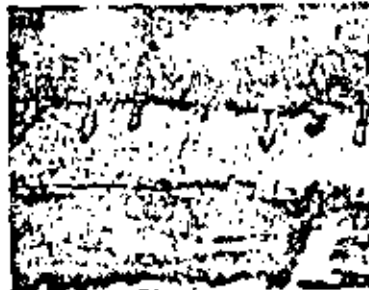
## CONSECUENCIAS

POROS IDEAS TUBULARES  
 REDUCEN LA RESISTENCIA



POROS IDEAS TUBULAR EN  
 UNA SOLDADURA DE FILETE

POROS IDEAS TUBULAR EN  
 UNA SOLDADURA DE FILETE



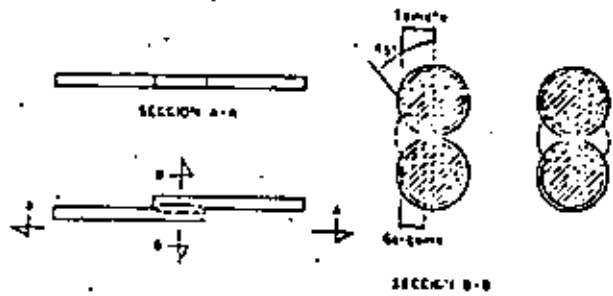


FIG 1 UNION DE BARRAS TRASLAPADAS

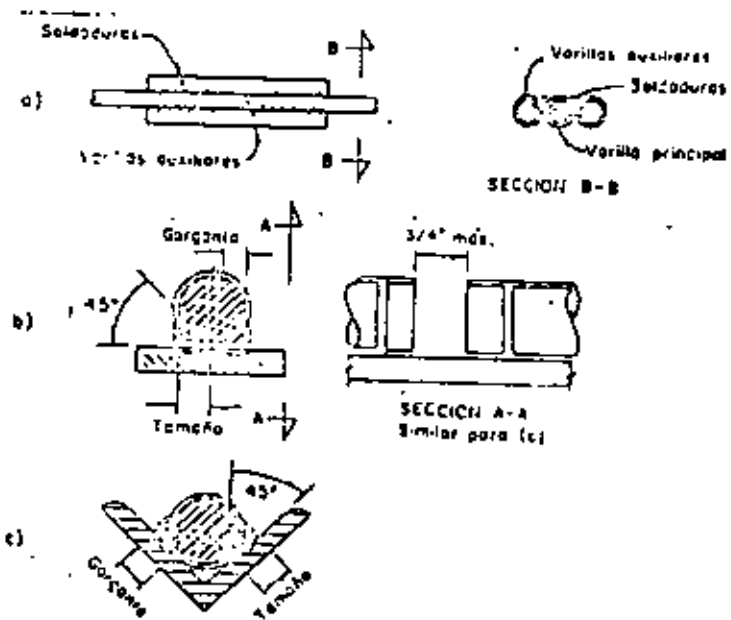
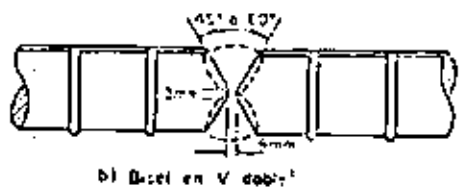
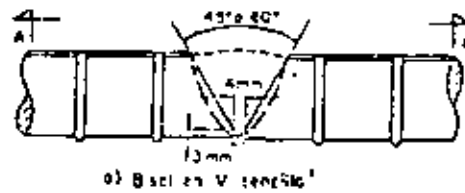
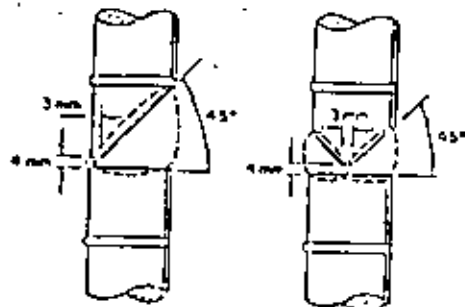


FIG 2 UNIONES EFECTUADAS CON ELEMENTOS DE RESPALDO



Preparación empleada normalmente para barras en posición horizontal



c) Bisel en V sencilla

d) Bisel en V doble

Preparación empleada normalmente para barras en posición vertical

FIG 3 PREPARACION DE LOS EXTREMOS DE LAS BARRAS

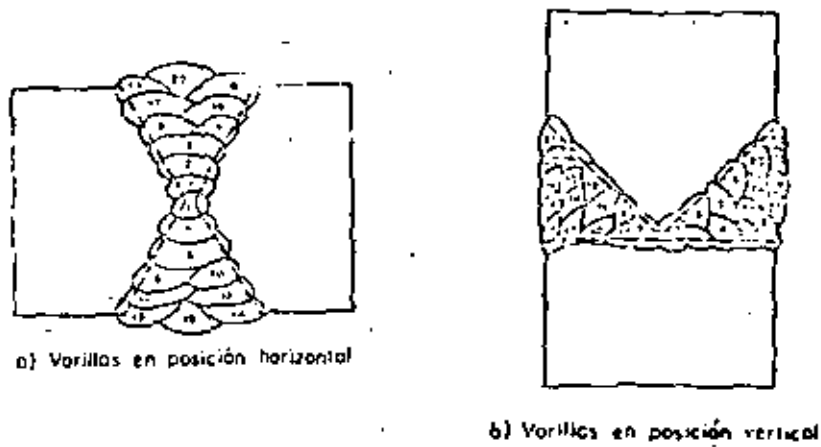


FIG 5 SECUELA PARA LA COLOCACION DE LOS CORDONES DE SOLDADURA

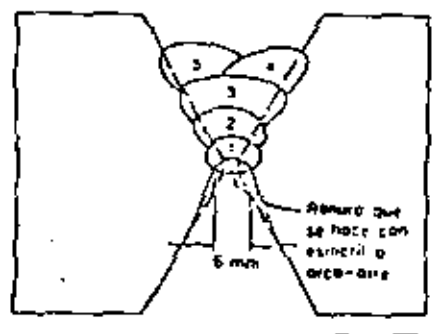


FIG 6 PREPARACION DE LA RAIZ DE LA JUNTA ANTES DE EMPEZAR A SOLDAR POR EL SEGUNDO LADO

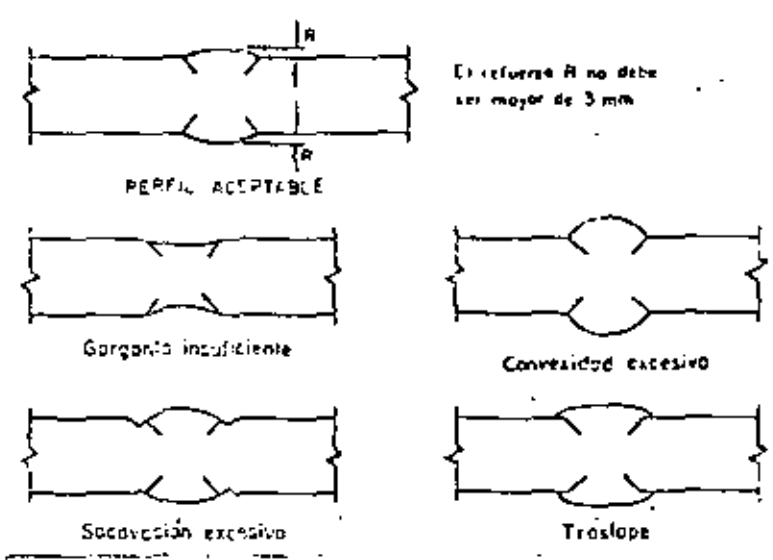


FIG 4 PERFILES INACEPTABLES



0127

Tabla 1. TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRECALENTAMIENTO

Designación	Tipo de la junta	Composición química nominal, %	Grupo	Temperatura mínima de precalentamiento	Espesor de la junta	Temperatura mínima de precalentamiento, en grados Celsius		Temperatura mínima de precalentamiento, en grados Fahrenheit
						Pos. de la varilla	Electrodo	
DGN 10-104	Varillas comunes y tipos de acero al carbono en laminación y perfilado en el momento de la soldadura	0.05 en carbono, el resto en hierro	30	3000	3000	2, 3, 3, 3 4, 3, 4 7 8 9 10 11, 12	11 12 11 10 9 8 7	100
			42	4200	4200	2, 3, 3, 4, 4, 3, 4 7, 8 9, 10, 11, 12	8 8 7	100
			52	4800	5200	2, 3, 3, 3 4, 3, 4 7, 8, 9, 10 11, 12	8 8 7 5	100
DGN 110-1174	Varillas especiales y tipos de acero al carbono en laminación y perfilado en el momento de la soldadura		30	3000	3000	2, 3, 3, 3 4, 3, 4 7 8 9, 10, 11, 12	4 7 6 5 5	100
			42	4200	4200	2, 3, 3, 3 4, 3, 4 7 8, 10, 11, 12	4 4 4 4, 3 4, 3	100
DGN 122-1274	Varillas especiales y tipos de acero al carbono en laminación y perfilado en el momento de la soldadura		30	3000	3000	2, 3, 3, 3 4, 3, 4 7 8 9 10 11, 12	11 12 11 10 9 8 7	100
			42	4200	4200	2, 4, 3, 3 4, 3, 4 7 8 9 10 11, 12	8 8 8 7 7 7	100
DGN 124-1274	Varillas especiales y tipos de acero al carbono en laminación y perfilado en el momento de la soldadura	La cantidad de carbono en el acero es de 0.05 hasta 0.08, el resto en hierro	42	5200	4200		4	100
			50	6000	5000		8	100
			60	7000	6000		8	1110

1.231

Tabla 2. TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRECALENTAMIENTO<sup>(1)</sup>

CONTENIDO de C y Mn, en porcentaje	ELECTRODO <sup>(2)</sup>	TRATAMIENTO TÉRMICO REQUERIDO
C, hasta 0.30 Mn, hasta 0.60	Cualquiera	No se requiere precalentamiento, excepto cuando la temperatura de las barras es menor de -10°C; en ese caso, se precalentarán a 40°C.
C de 0.31 a 0.35 Mn, hasta 0.90	Cualquiera	Las varillas se precalentarán a 40°C.
	De baja contenido de hidrógeno	No se requiere precalentamiento, excepto cuando la temperatura de las barras es menor de -10°C; en ese caso, se precalentarán a 40°C.
C, de 0.36 a 0.40 Mn, hasta 1.30	De baja contenido de hidrógeno	Las varillas se precalentarán a 95°C.
C, de 0.41 a 0.50 Mn, hasta 1.30	De baja contenido de hidrógeno	Las varillas se precalentarán a 200°C.

(1) Estas temperaturas mínimas deben conservarse durante todo el proceso de colocación de la soldadura, es decir, el metal de aportación ya depositado y el metal base adyacente deben estar a una temperatura no menor que la indicada al iniciar la colocación de cordones sucesivos.

(2) La resistencia del electrodo se fijará de acuerdo con la tabla 1. La longitud de la zona precalentada será de tres (3) diámetros a cada lado de la junta, como mínimo.

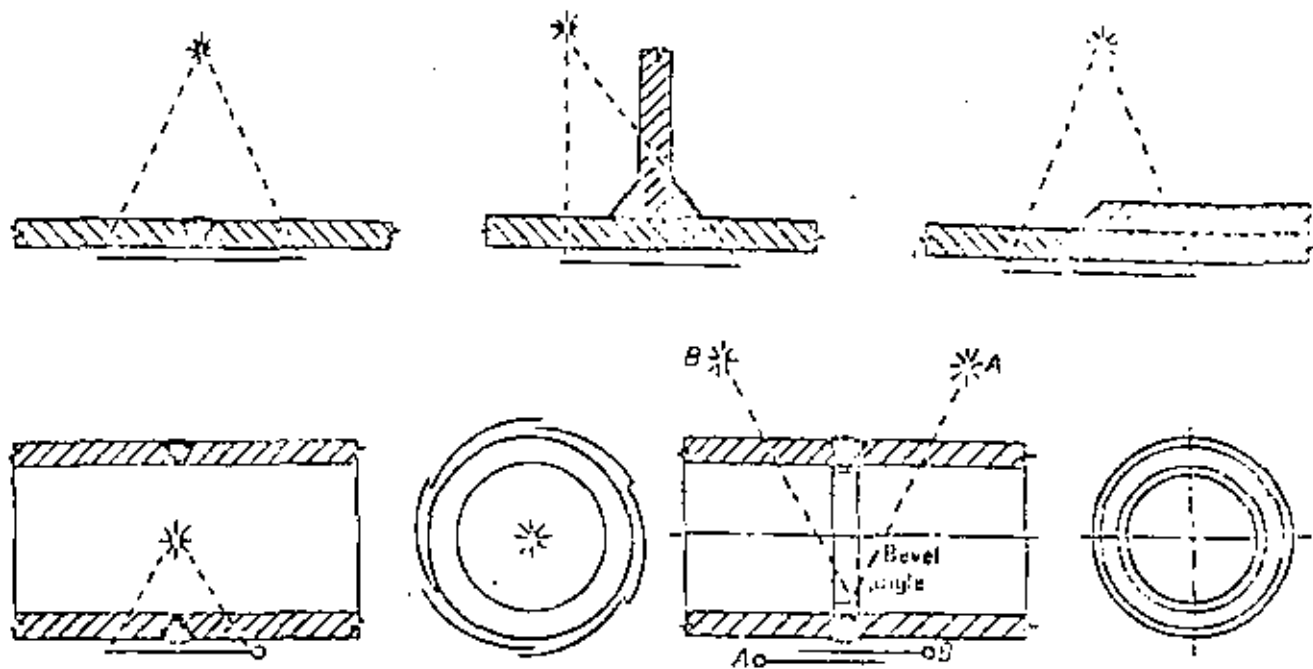


Fig. 11-16. Typical arrangements of X-ray source and film in radiography of welds. The angle of exposure and the geometry of the weld influence interpretation of the negative. Note that multiple exposure may be necessary for pipe welds. Of the several welds shown above, fillet welds are the most difficult to x-ray and the most difficult to interpret.

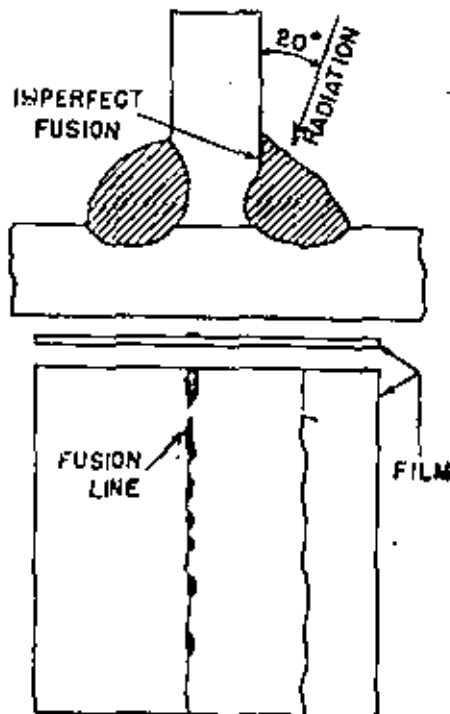
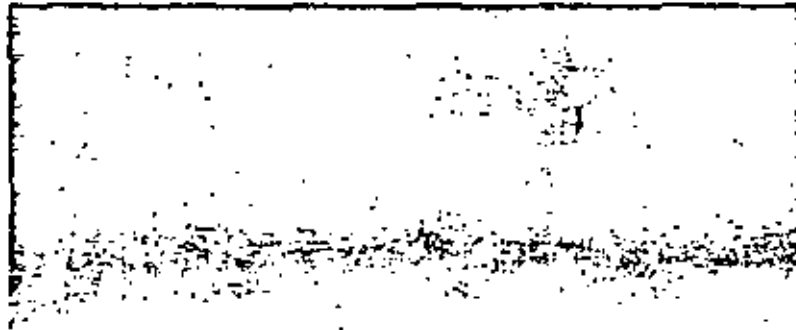


Fig. 90—Lack of Fusion

Illustrating lack of fusion at interface of a fillet weld as seen on a radiograph and as it actually appears (diagrammatically).

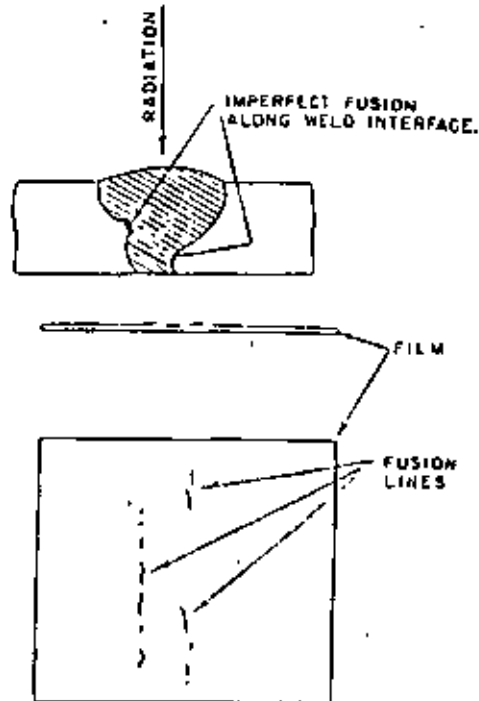
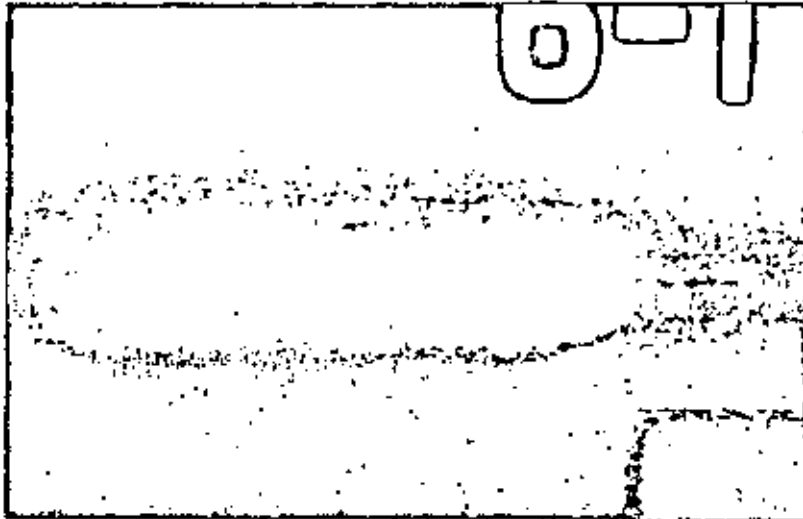


Fig. 91—Lack of Fusion

Illustrating the presence of lack of fusion at the interface of a groove weld as seen on a radiograph and as it actually appears (diagrammatically).

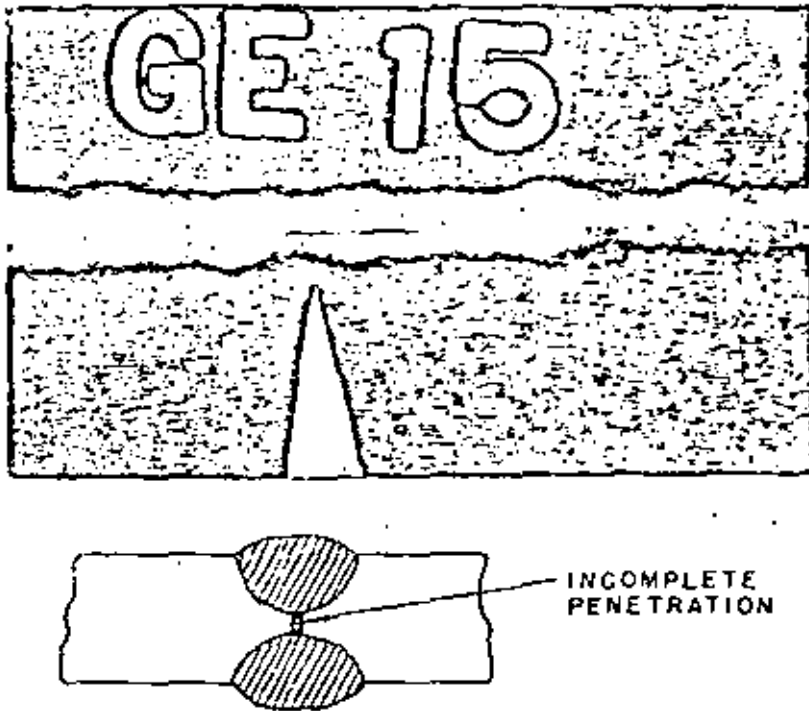
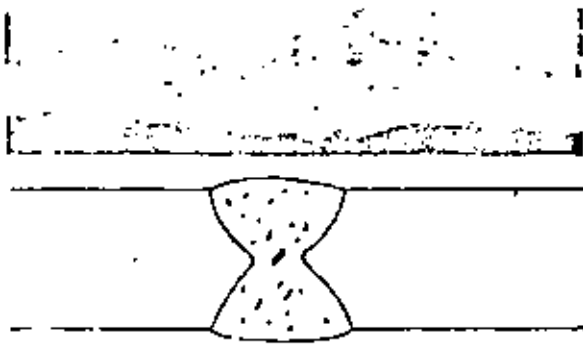


Fig. 89—Incomplete Penetration

Illustrating the presence of incomplete penetration at the root of a groove weld as it appears on a radiograph and as it actually appears (diagrammatically).

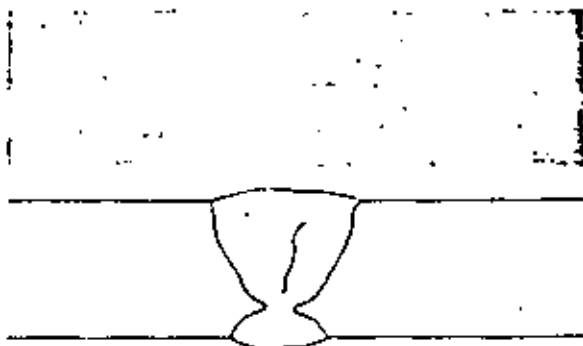
TABLE 11-3. Radiographs of Weld Defects



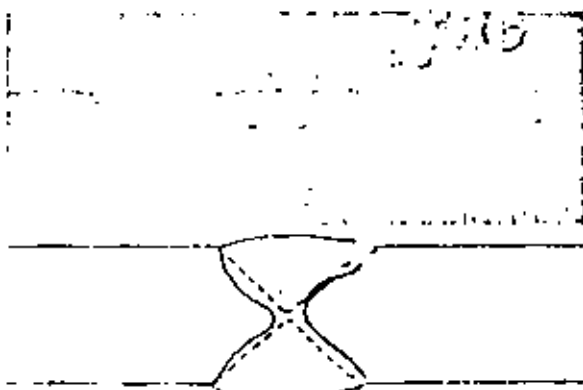
Porosity is shown as rounded shadows of varying size and density, occurring singly, in clusters, or randomly scattered.



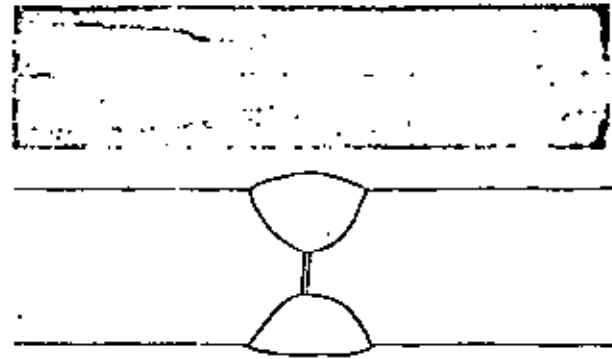
Nonmetallic Inclusions are usually indicated by elongated shadows of irregular shape, occurring singly, in a linear distribution, or scattered randomly.



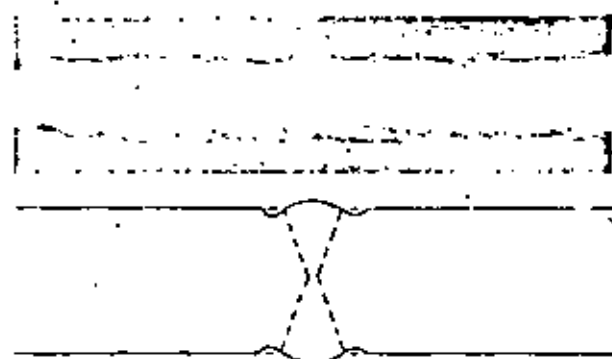
Cracks appear as fine, dark lines, which may be straight or wandering.



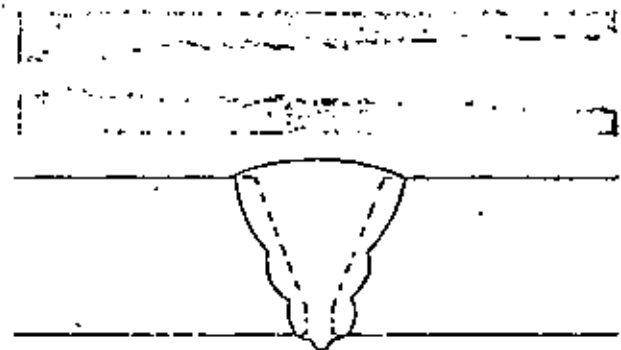
Incomplete Fusion gives dark shadows, usually of elongated shape.



Incomplete Root Penetration is usually indicated as a straight, dark, continuous or intermittent line, often at the center of the weld.



Undercutting shows up as a dark, linear shadow of wavy contour, occurring adjacent to the edge of the weld. This defect is usually detected visually, but its correct identification on the radiograph is needed to prevent misinterpretation as another type of defect.



Lenticles and Blowholes give individual light circular indications or dark areas of irregular or rounded contour that may be surrounded by light rings.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de Ingeniería, unam



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

SIMBOLOS DE SOLDADURA

JULIO, 1979.





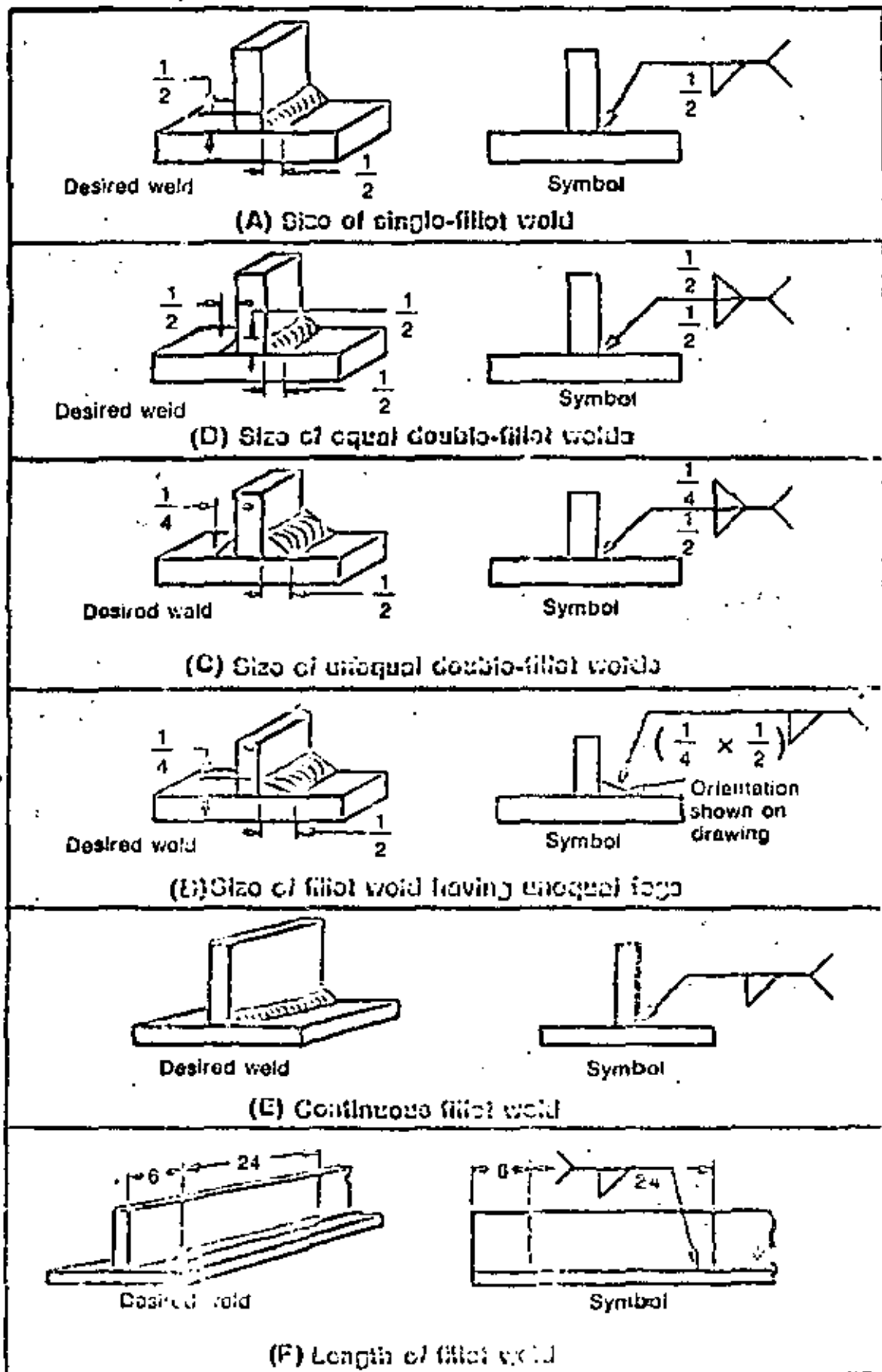


Fig. 13--Application of dimensions to fillet weld symbols.

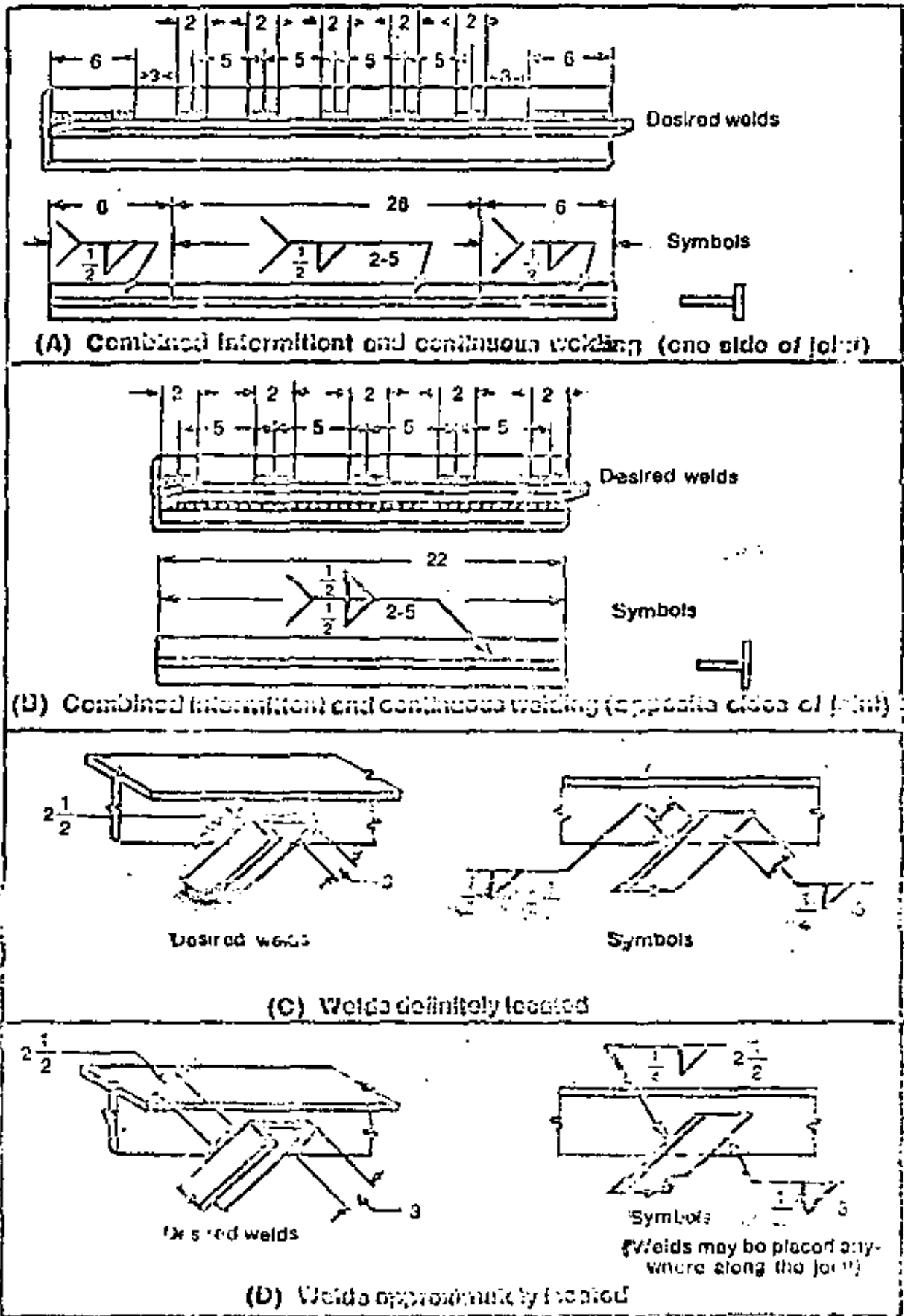
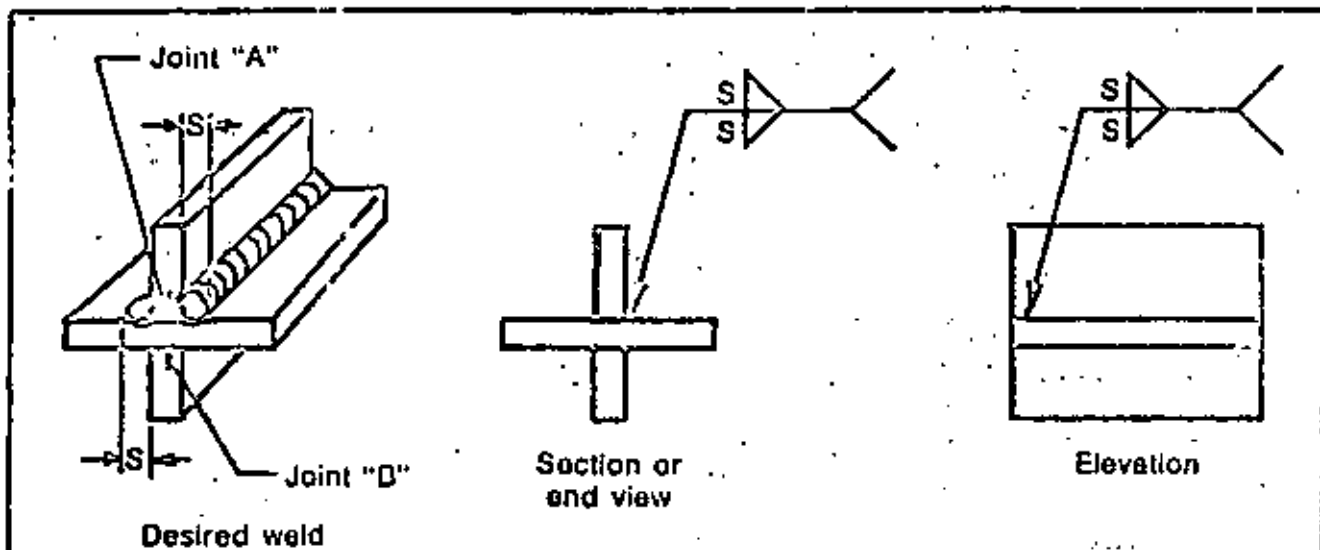
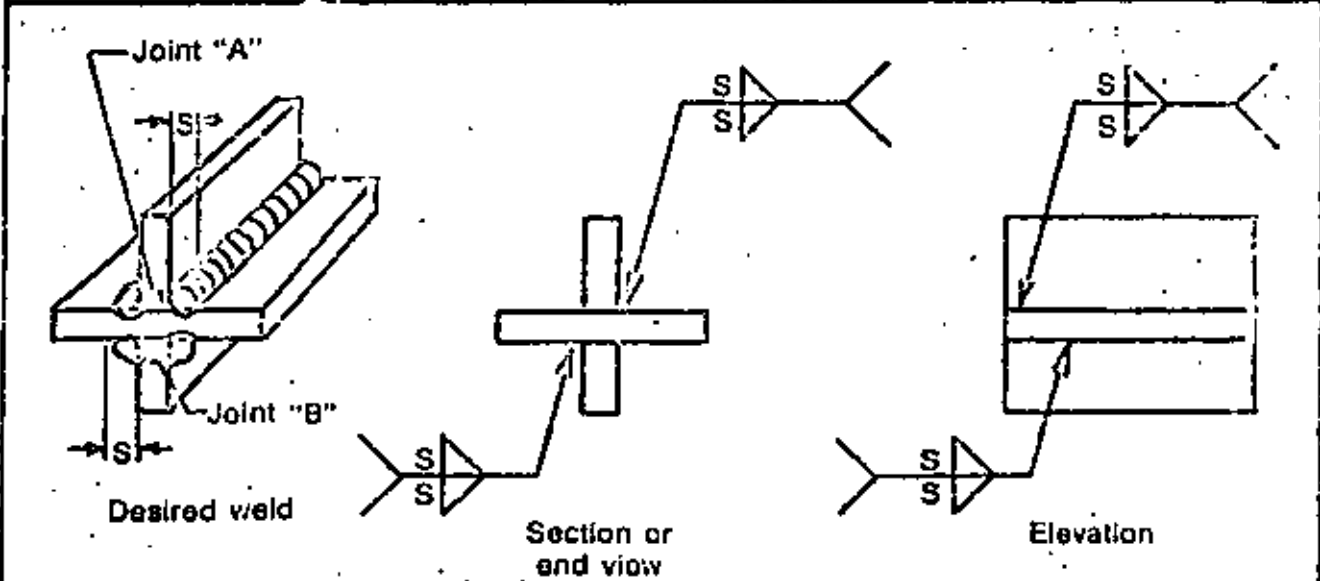


Fig. 7--Designation of location and extent of fillet welds.



(C) Both sides fillet weld symbols for one joint



(D) Both sides fillet weld symbols for two joints

Fig. 15 (cont.)—Application of fillet weld symbols.

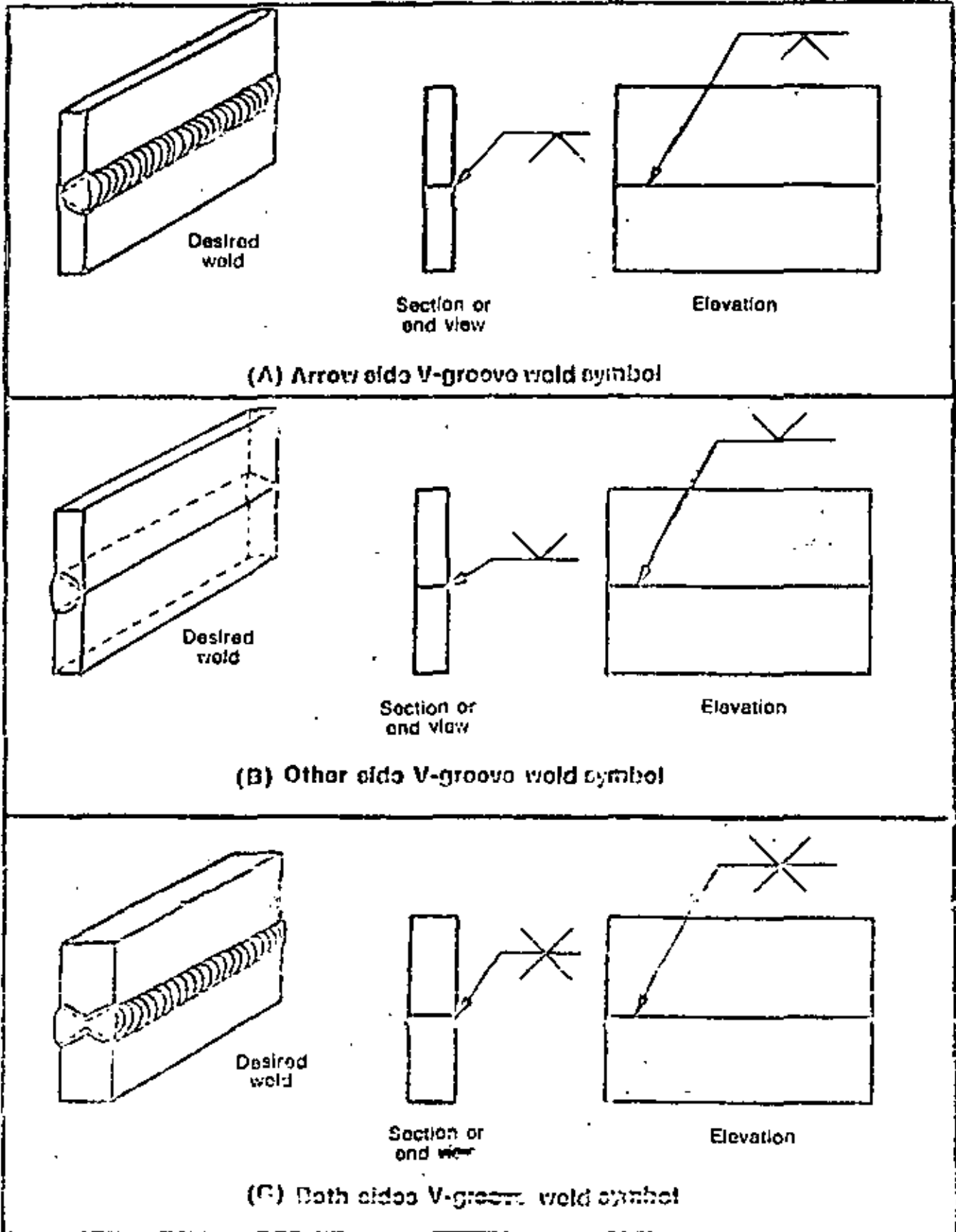


Fig. 5—Application of arrow side and other side convention.

## 52/WELDING SYMBOLS

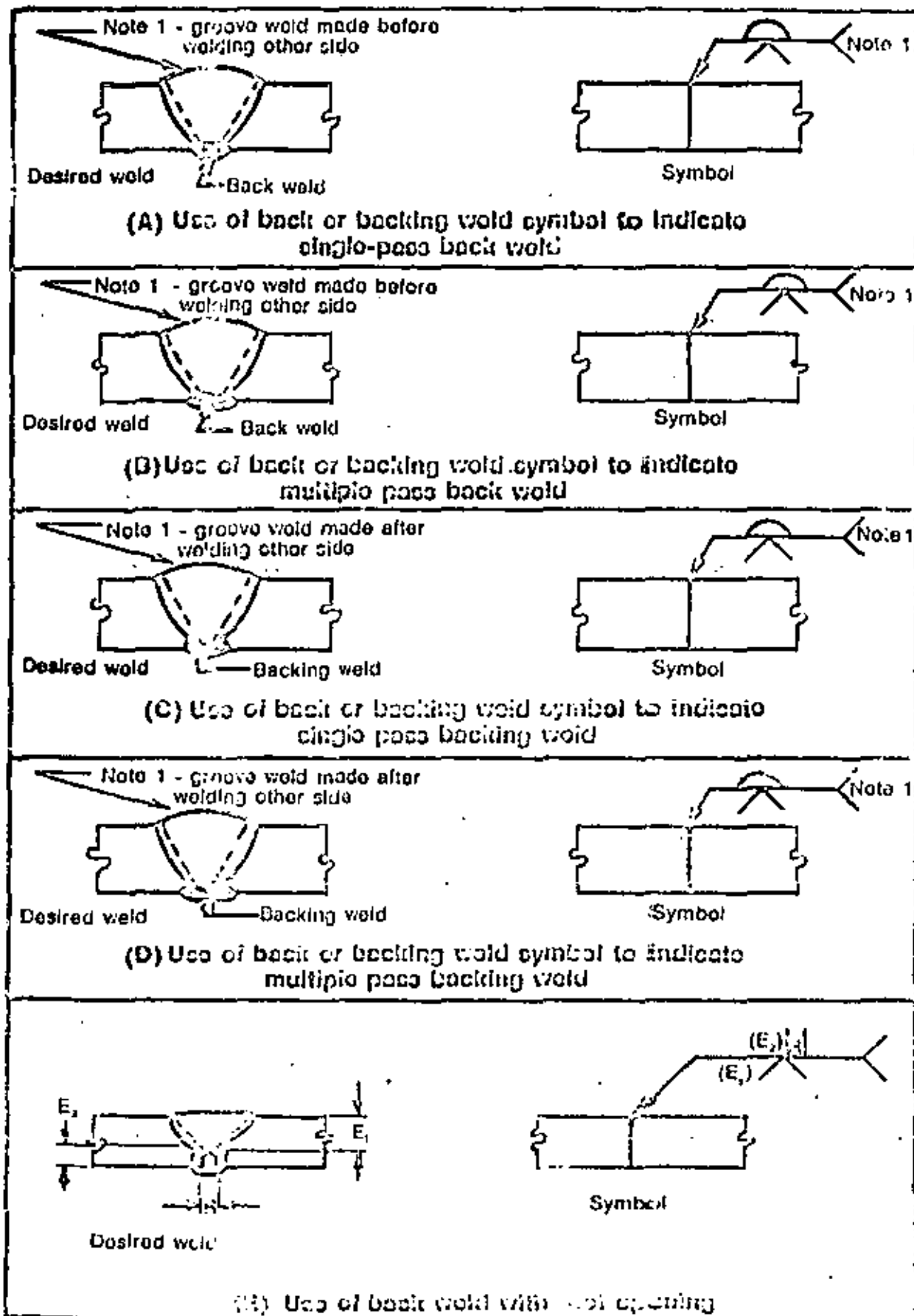
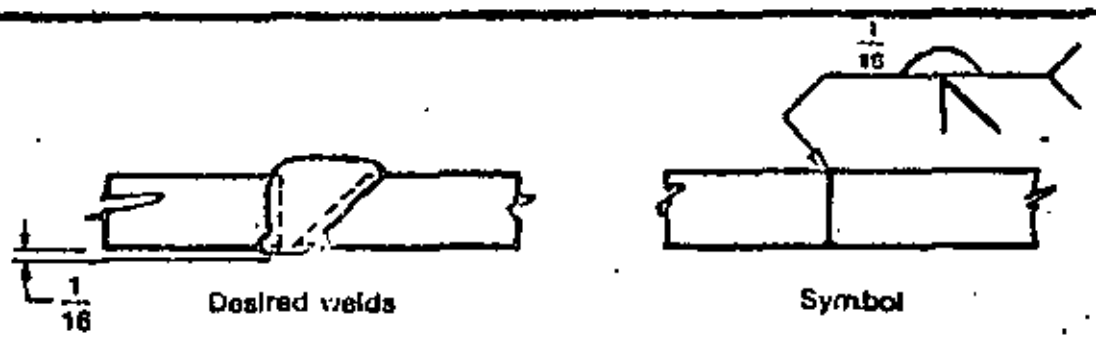
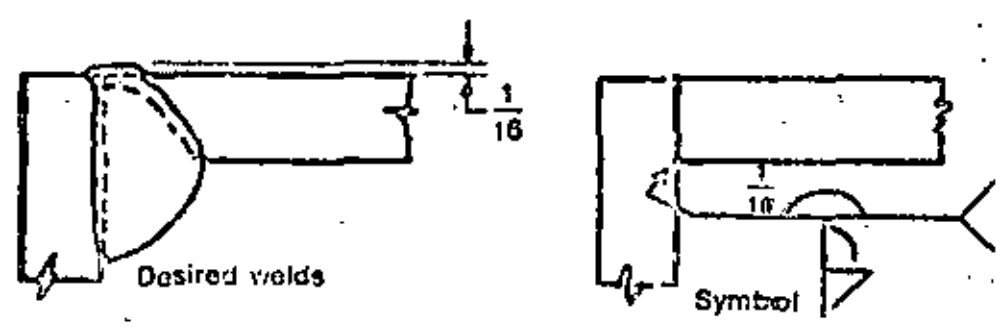


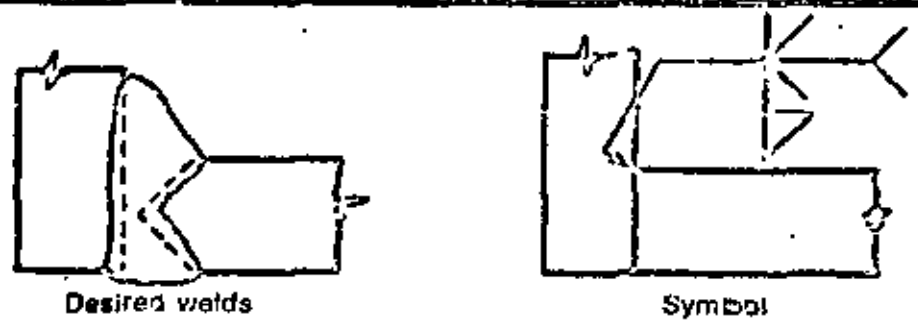
Fig. 55 - Application of back or backing weld symbol.



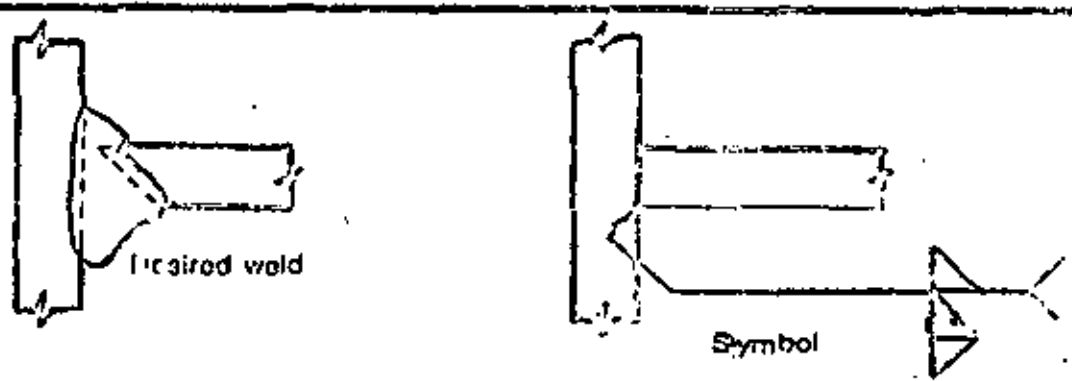
(A) Single-bevel-groove and back or backing weld symbols



(B) Back or backing, single-J-groove and fillet weld symbols



(C) Fillet and double-bevel-groove weld symbols



(D) Single-bevel-groove and double-fillet weld symbols

Fig. 11—Continuation of weld symbols showing break in arrow.



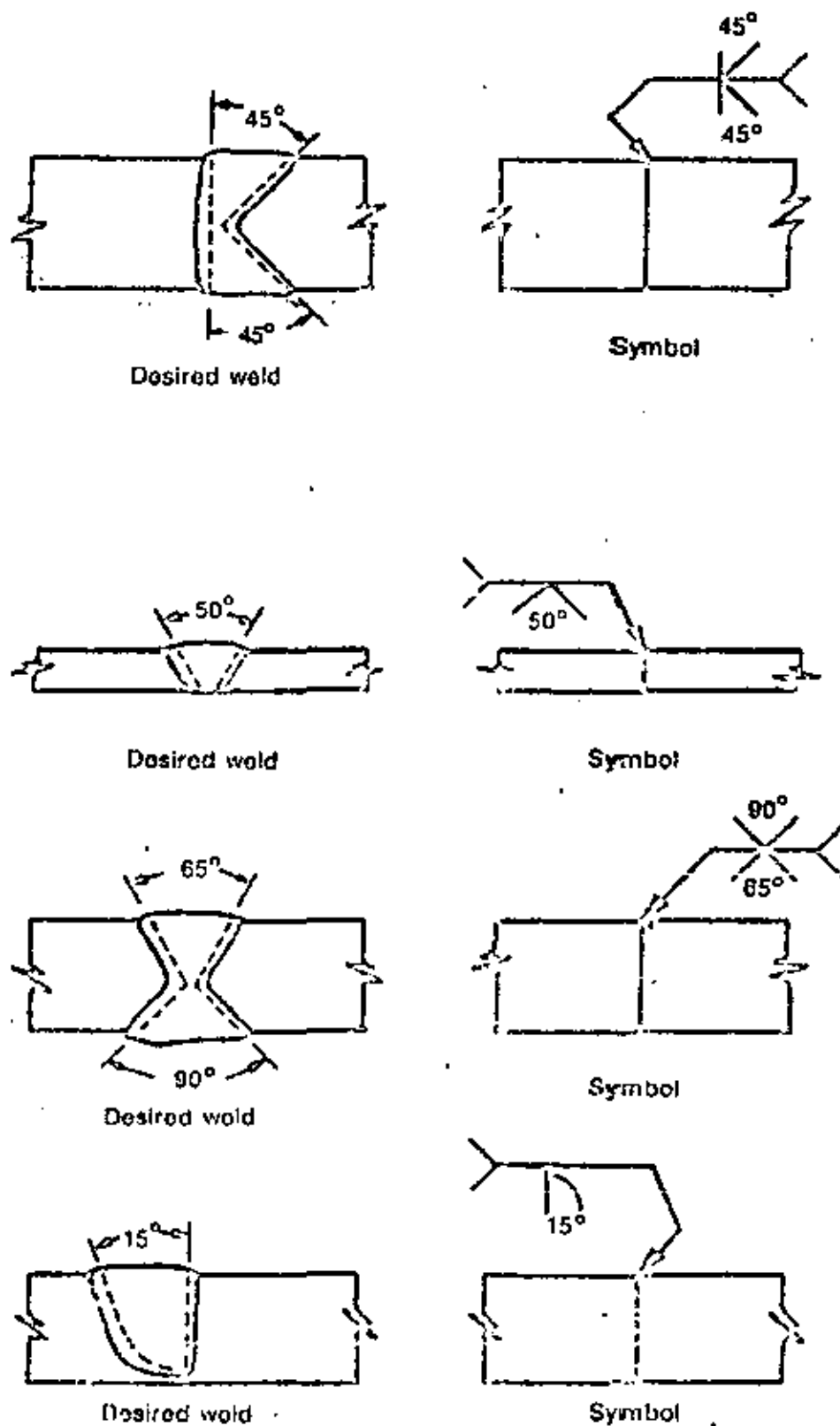


Fig. 33--Designation of groove angle of groove welds.



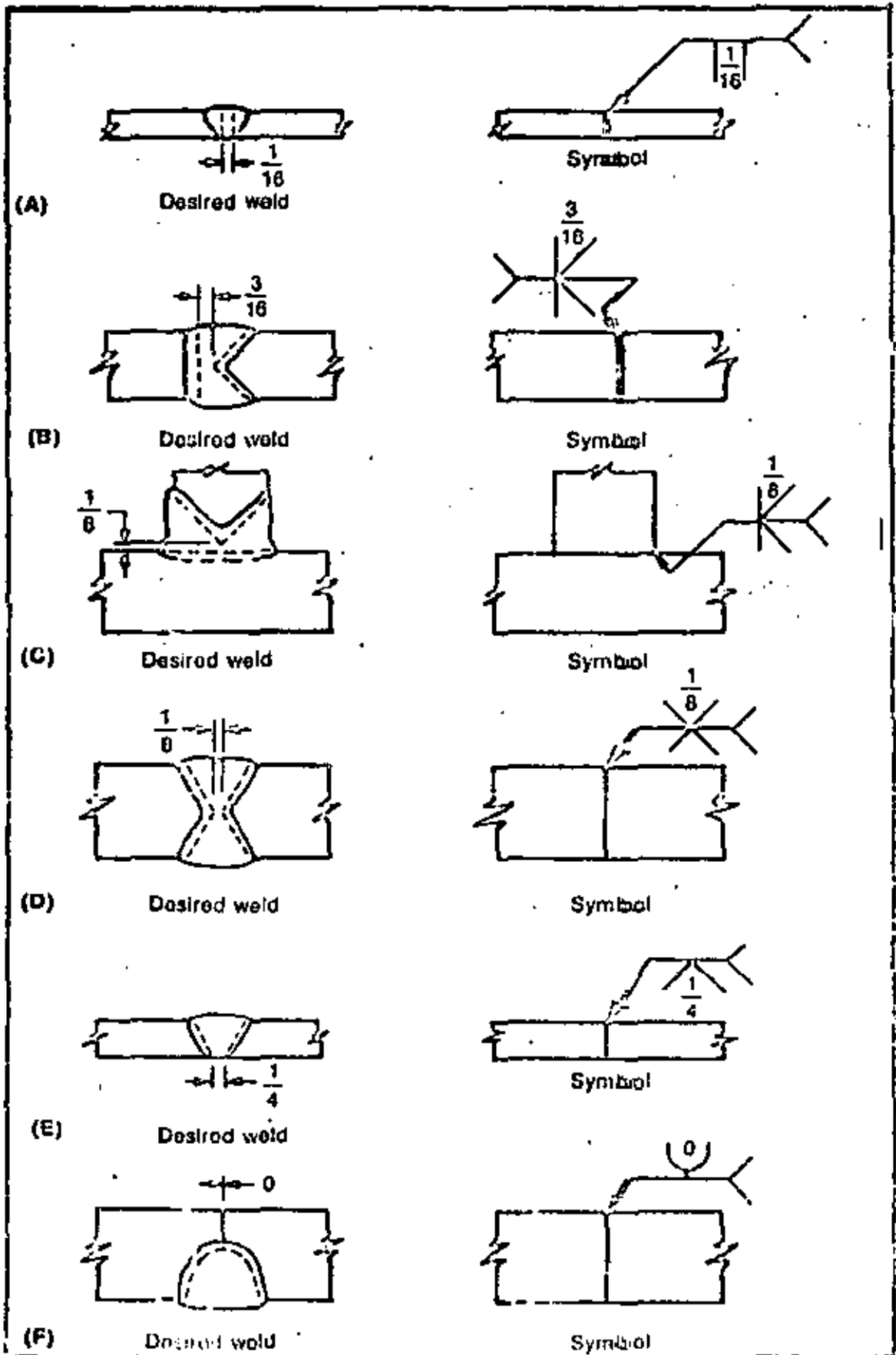


Fig. 12—Designation of root opening of groove welds.

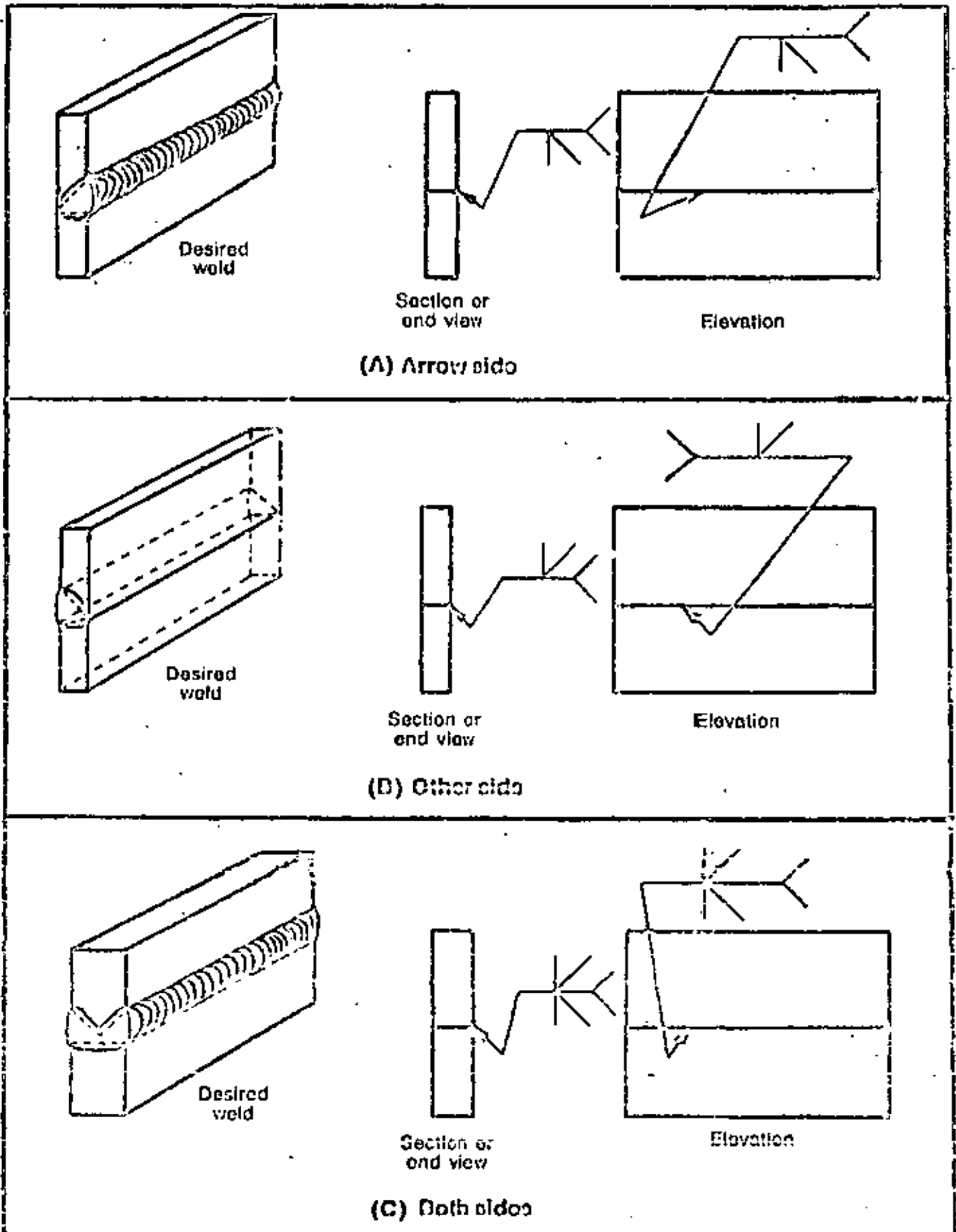


Fig. 9—Application of break in arrow of welding symbol (bevel-groove weld).

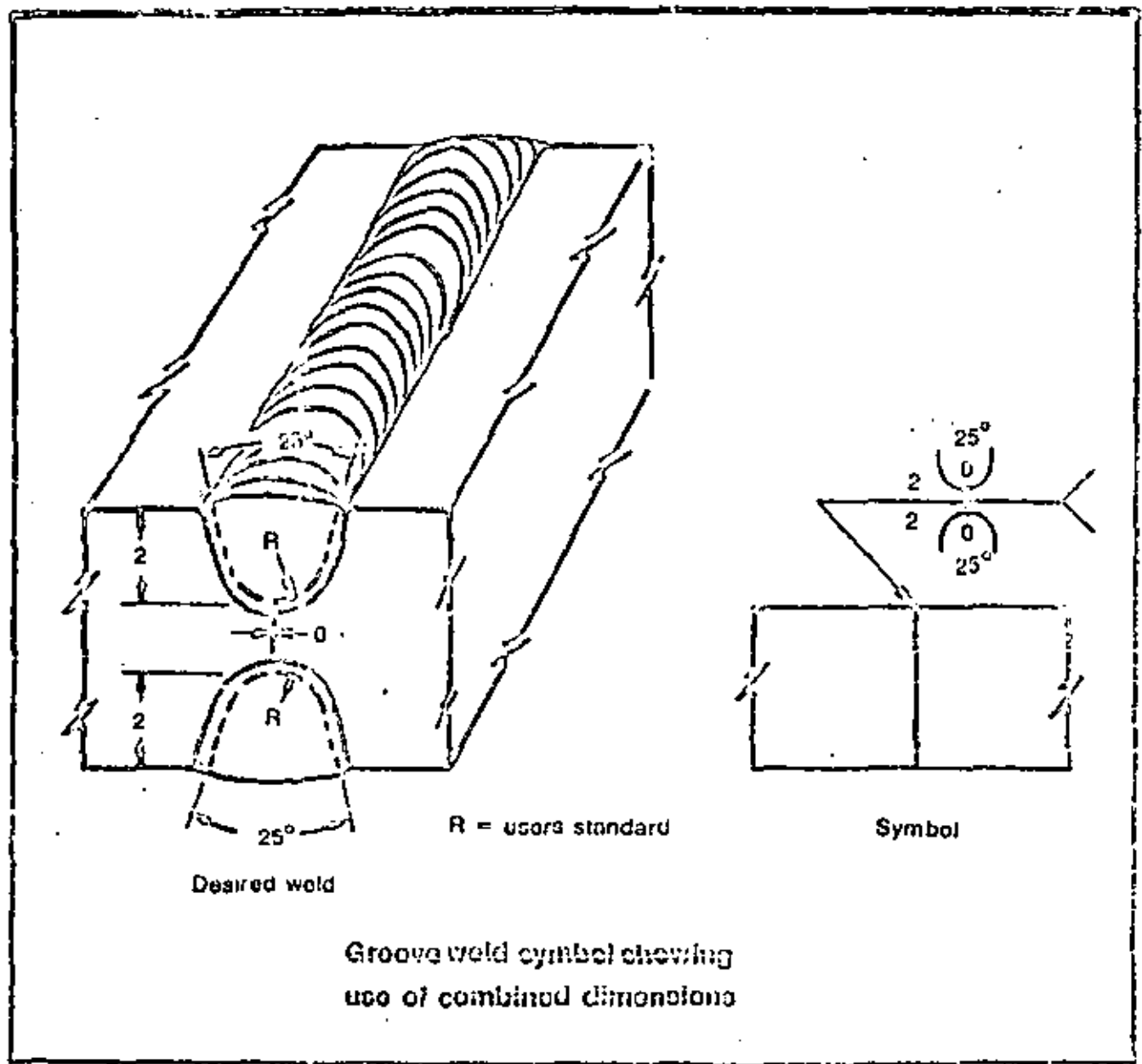


Fig. 24--Application of dimensions to groove weld symbols.

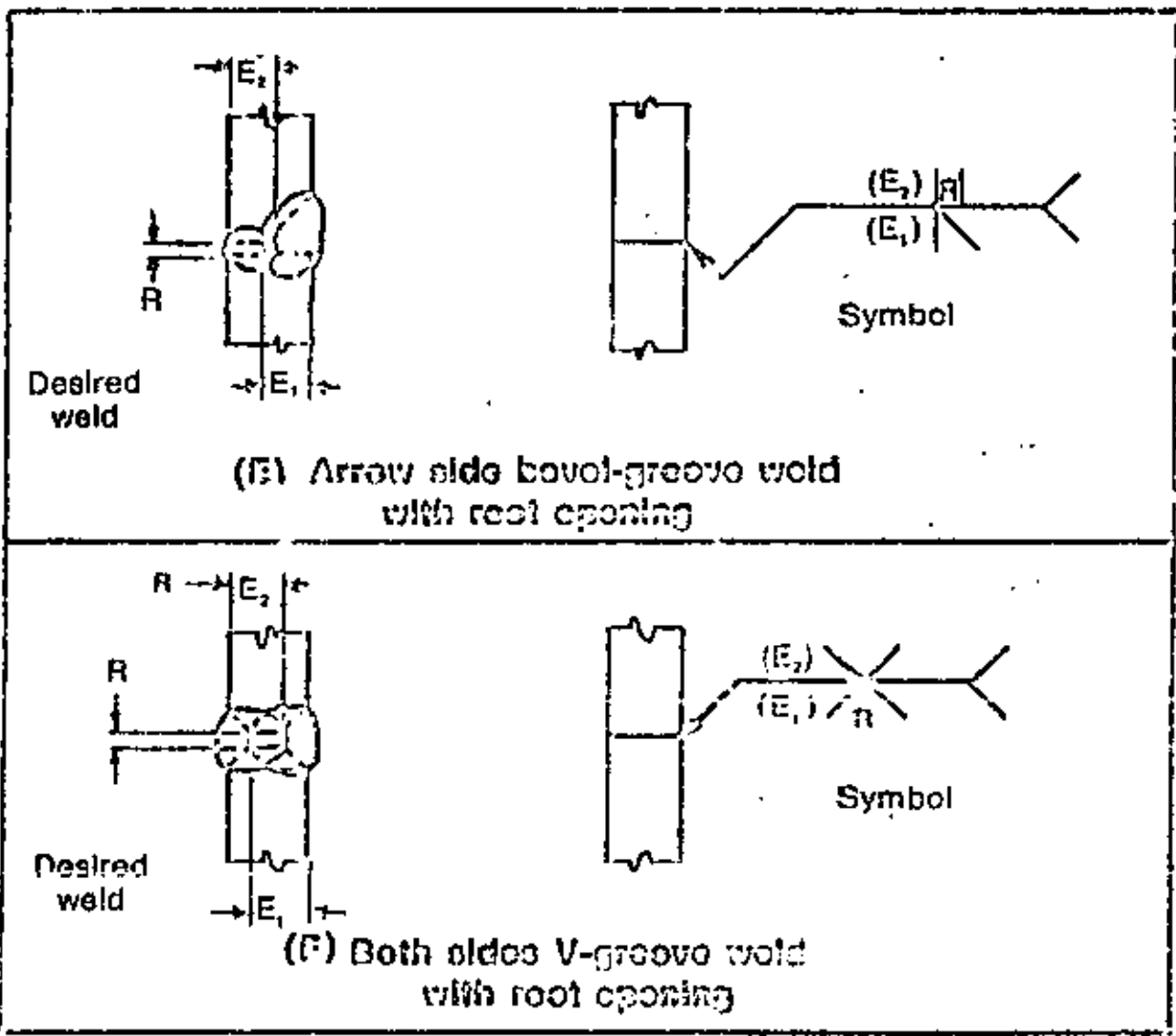


Fig. 26 (cont.)—Designation of effective throat of groove welds with specified joint preparation.

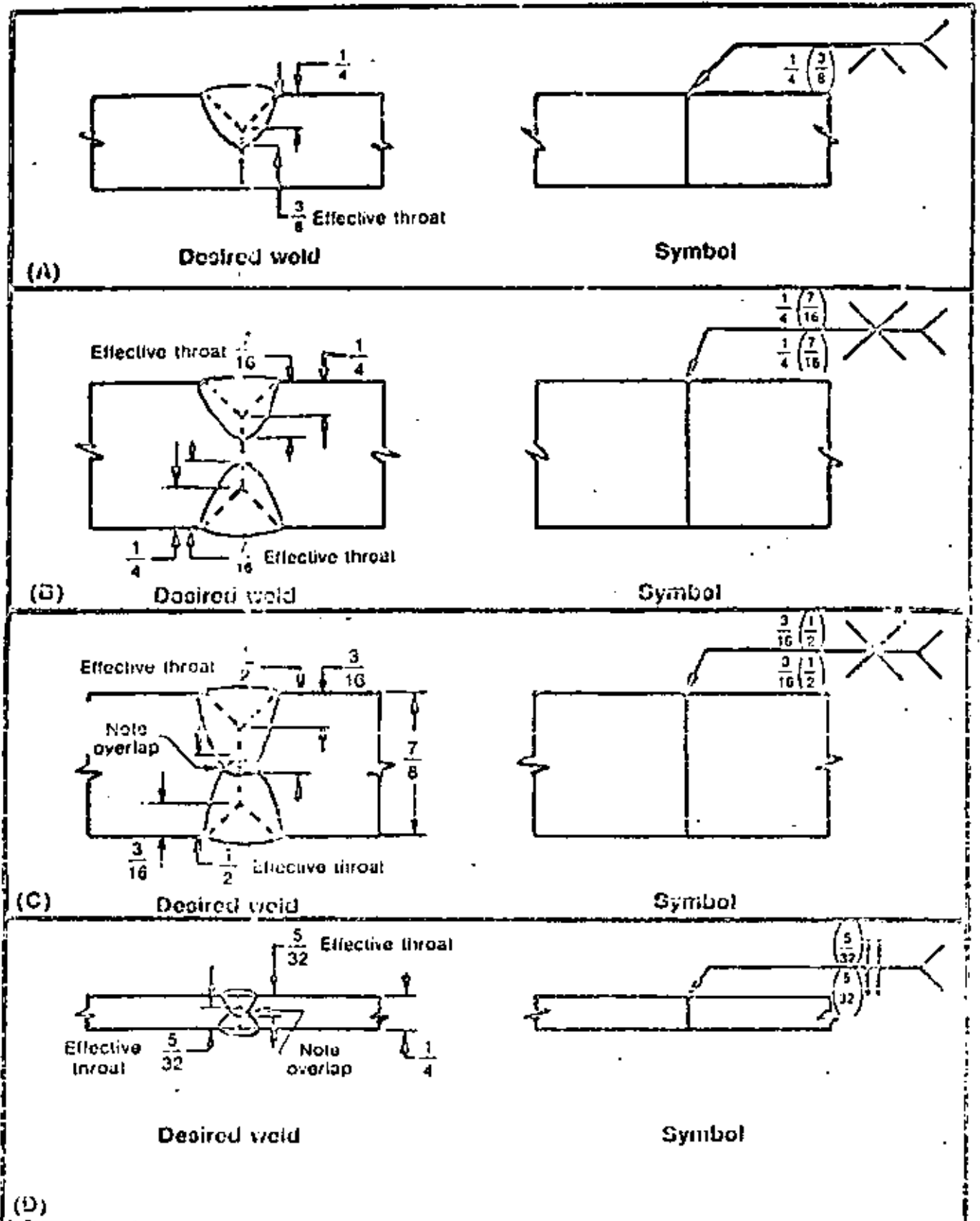


Fig. 26—Designation of effective throat of groove welds with specified joint preparation.

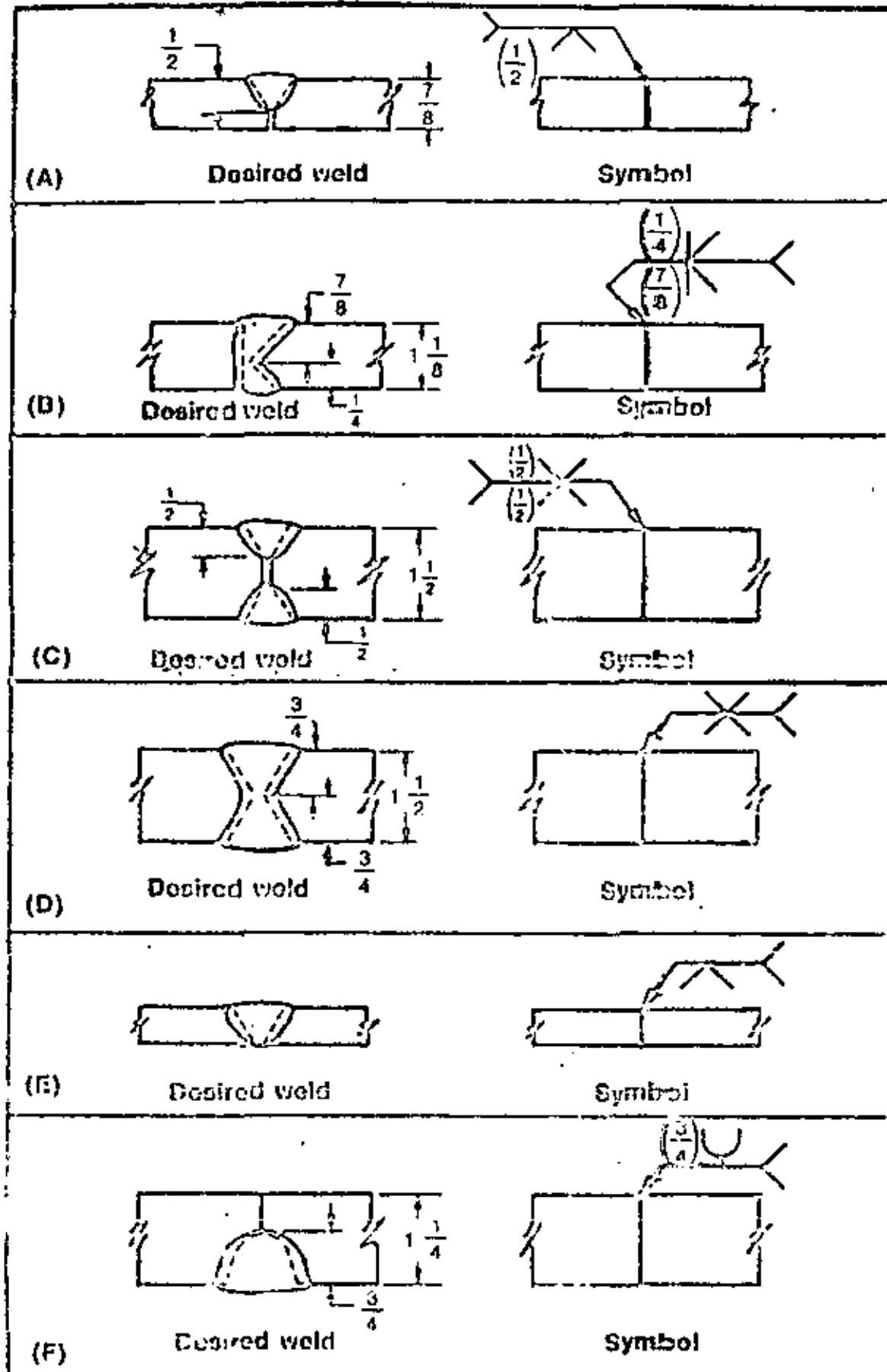


Fig. 25—Designation of effective throat of groove welds, size of bevel not specified.

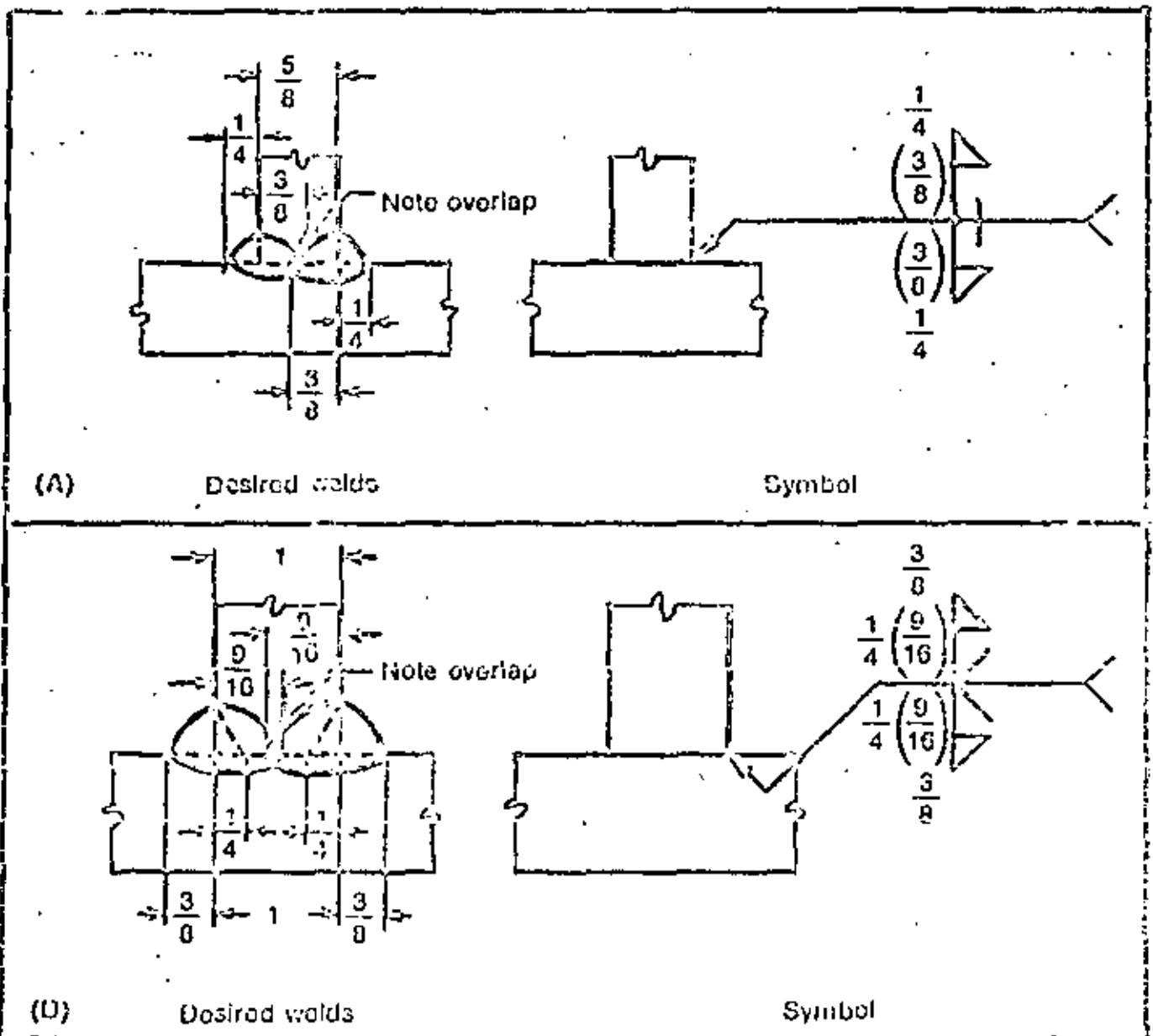


Fig. 27—Designation of effective throat of combined welds.







centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam.



RESIDENTES DE CONSTRUCCION

I M P E R M E A B I L I Z A N T E S

ING. ARTURO SEDAS P.

AGOSTO, 1979





impermeabilizantes  
impermundi s.a.

DIVERSOS PROCEDIMIENTOS Y PRODUCTOS IMPERMEABILIZANTES  
DENTRO DEL MEDIO DE CONSTRUCCIÓN

INTEGRALES

Impermeabilización del concreto empleado en el colado de losas de cimentación, muros bajo nivel cisternas, fosos, contra trabes, muros de contención, losas en techos, tinacos integrales, albercas, jardinerías, espejos de agua, etc.

Se emplean productos que se adicionan a los componentes del - concreto durante su manufactura, a razón de 1 litro o kilo por cada saco de cemento, aproximadamente

- Tipos
- a. en forma líquida
  - b. en polvo
  - c. en pasta

Estos productos obturan la red capilar del concreto. Para lograr una total impermeabilidad es necesario llevar un control cuidadoso del tipo y tamaño de los agregados pétreos, de la cantidad de agua a emplear, del revenimiento necesario, del vibrado, curado, etc.

SUPERFICIALES

Impermeabilización del concreto en dalas de cimentación, muros bajo nivel, losas de piso, losas de techo, marquesinas, bóvedas, trabe losas, cúpulas paraboloideas, etc.

Se emplean recubrimientos impermeabilizantes o sistemas impermeabilizantes

- Tipos
- a. productos asfálticos
    - a. en caliente
    - b. en frío
  - b. productos elastoméricos
    - hule sintético en forma de membrana prefabricada



Impermeabilizantes  
Impermundi S.A.

- |                            |   |
|----------------------------|---|
| b. productos elastoméricos | productos que vulcanizan en el sitio      |
| c. productos pétreos       | colocados directamente sobre el concreto. |

**IMPERMEABILIZACION DE CONCRETO EN CISTERNAS  
TANQUES, MUROS BAJO NIVEL, ALBERCAS, JARDI-  
NERAS, ESPEJOS DE AGUA, ETC.**

- Se emplean barniz o pinturas de tipo
- |                |
|----------------|
| a. epóxico     |
| b. poliuretano |

Se emplean productos pétreos

Hay productos epóxicos que pueden aplicarse sobre superficies húmedas sin que esta condición afecte la adhesión.

Los productos de poliuretano unicamente pueden aplicarse sobre superficies secas.

Sellan la red capilar y pueden obturar grietas. Los epóxicos pueden aplicarse dentro de espacios con poca o mínima ventilación. Los de poliuretano al contrario requieren de buena ventilación por contener solvente. Los productos pétreos se colocan sobre superficies húmedas sin que requiera ninguna ventilación sellando también la red capilar y obturando las grietas.

**IMPERMEABILIZACION DE MUROS APARENTES DE -  
BLOCK DE CEMENTO, TABIQUE O BLOCK DE BARRO  
TABIQUE SILICO-CALCAREO, ETC.**

Se emplean recubrimientos incoloros y transparentes

- |      |   |
|------|---|
| Tipo | a. repelente de agua a base de dilución en solvente de resina de silicón. Da aspecto mate, ausente de brillo      |
|      | b. recubrimiento de base acrílica emulsionado. Produce película plástica, ligeramente flexible, con débil brillo. |



impermeabilizantes  
impermundi S.A.

- Tipo
- c. recubrimiento de base acrílica en solvente. Produce película plástica, flexible y con brillo.
  - d. recubrimiento de base poliuretano en solvente. Produce película plástica, flexible y de alto brillo.

#### IMPERMEABILIZACION DE TECHUMBRES DE LÁMINAS ACANALADAS DE ASBESTO CEMENTO, DE ALUMINIO, GALVANIZADAS, DE PLÁSTICO, ETC.

- Se emplean
- a. pasta selladora para las cabezas de los birlos o tornillos de sujeción con tuerca para ondas en techumbres ya colocadas, anclas alrededor de tuberías, ductos, etc.
  - b. sellador extruido en forma de cordón para colocarse entre las láminas durante su instalación.

#### IMPERMEABILIZACION DE VENTANERÍA Y CANCELTIA DE ALUMINIO

Se emplean productos selladores en forma de pasta, los cuales toman consistencia sólida, flexible y elástica

- Tipo
- a. base acrílica emulsionada
  - b. base hule polisulfuro
  - c. base hule poliuretano
  - d. base hule silicón

Para emboquillar ventanería, para las juntas entre los marcos de ventanería y la mampostería.

Para sellar juntas entre vidrios y sus marcos de ventanería, entre vidrio y vidrio en juntas a tope o en escuadra.

Para juntas entre los elementos mismos de aluminio



Impermeabilizantes  
Impermundi S.A.

#### IMPERMEABILIZACION DE JUNTAS ENTRE PRECOLADOS ARQUITECTONICOS EN FACHADA

Se emplean productos selladores que vulcanizan a temperatura ambiente y al entrar en contacto con el aire, tomando consistencia sólida, flexible y elástica.

- Tipos
- a. base acrílica emulsionada
  - b. base hule polisulfuro
  - c. base hule poliuretano
  - d. base hule silicón

#### IMPERMEABILIZACION CON PRODUCTO ASFALTICO EN CALIENTE

Se emplea asfalto oxidado con punto de reblandecimiento adecuado a la pendiente de la losa de concreto o techo prefabricado o de madera.

Es el tipo de producto impermeabilizante de menor costo relativo.

#### IMPERMEABILIZACION CON PRODUCTOS ASFALTICOS EN FRIO

Se emplean productos procesados a base de:

- a. emulsión asfáltica, cargas y fibras minerales, base acuosa.
- b. asfalto oxidado, plastificante y aceites minerales, en dilución de solvente.

Los primeros pueden aplicarse sobre superficies secas o húmedas tomando consistencia flexible, seca al tacto.

Los segundos unicamente pueden aplicarse sobre superficies secas o con un mínimo de humedad atrapada.. Mantienen su consistencia plástica, suave y ligeramente pegajosa al tacto.



Impermeabilizantes  
Impermundi S.A.

Terminado aparente con:

Una o más capas de pintura reflectiva

base acrílica, color a. blanco

b. rojo

base asfáltica, color aluminio

El empleo de gravilla de mármol, basalto, loseta de barro, etc. sirve para ayudar a disipar el calor en la superficie.

En techos planos tiene el inconveniente de no permitir el fácil deslizamiento del agua de lluvia hacia las coladeras. Atrapa polvo y basura. Si se transita sobre de ella podrá penetrar dentro de la capa impermeabilizante.

Puede terminarse también con:

Ultima capa a base de membrana prefabricada (gruesa) con gravilla de color.

Esta ultima capa deberá estar perfectamente adherida al resto del sistema para evitar abolsamientos y ampollas.

Puede terminarse también con:

Mortero y ladrillo, cuidando que el mortero sea rico en cemento. El escobillado deberá ser de buena calidad y en espesor suficiente para cubrir al ladrillo.

El empleo de loseta de barro comprimido colocado a hueso presentará problemas si no se cuida lo siguiente:

a. Que la capa de mortero para recibir a la loseta sea bien proporcionada en su relación agregados-cemento-agua.

b. Que sea incluido adhesivo integral acrílico para mejorar la adhesión.



Impermeabilizantes  
Impermundi S.A.

- c. Que el ancho de las juntas entre las losetas sea suficiente para que pueda penetrar la lechada de cemento-arena cernida adhesivo integral-agua para el junteo.
- d. En superficies muy amplias, proyectar y ejecutar juntas constructivas, calafateando con sellador de hule vulcanizable.

En caso de techos ya construidos, inclinados o planos, con grietas en el revestimiento de losetas de barro comprimido, opaco o vidriado, pueden sellarse dichas grietas con barniz, pasta o mortero epóxico, hule sintético de silicon, etc.

#### IMPERMEABILIZACION DE TERRAZAS AZOTEAS, PATIOS ESTACIONAMIENTOS CON OFICINAS O AREAS DE HABITACION BAJO DE ELLAS

Es particularmente importante que este tipo de impermeabilizaciones sean hechas empleando el mayor número posible de capas y membranas de refuerzo o barreras de humedad, ya que generalmente se presentan pendientes mínimas, tránsito de personas o vehículos. Las uniones, traslapes, remates, etc., deberán reforzarse cuidadosamente.

Los chaflanes perimetrales deberán hacerse con revoltura de cemento y de ninguna manera con mezcla pobre de cal, pedacería.

Será conveniente considerar el empleo de membrana impermeabilizante a base de hule butilo vulcanizado o productos elastoméricos aplicables in situ los cuales no forman intersecciones ya que logran una membrana continua sin juntas o proteger la impermeabilización con carpeta asfáltica para tránsito formada por emulsion asfáltica tipo cationica slurry seal y cemento portland.

Tratamiento de bolsas, ampollas, grietas en los sistemas aparentes:

Son causadas por humedad atrapada, falsa adhesión, insuficiente cantidad de asfalto o productos asfálticos.

Solución:

Abrir en cruz, eliminar el agua, permitir la evaporación y reforzar con producto asfáltico en base





# impermeabilizantes impermundi S.A.

de solvente, volviendo a cerrar y reforzando sobre de dichos lugares con cpas adicionales de impermeabilizante y membrana de refuerzo.

Una de las causas de falla en la impermeabilización de azoteas es la deficiente compactación del material de relleno para formar el casco.

Se deberá usar tezontle homogéneo, libre de piedras grandes - que obliguen a " enhuacalamiento " Preferentemente fino, apisonando por capas. Puede emplearse también tierra lama seca, bien apisonada.

El mortero para cubrir el relleno deberá ser rico en cemento, bien proporcionado para evitar fracturas por contracción. En caso de presentarse dichas grietas antes de proceder a la impermeabilización, se deberá obturar por medio de lechadas de cemento o cemento plástico asfáltico.

Otro de los sistemas de terminación para dar pendientes que se podría seguir sería el de eliminar los rellenos. Elaborando un firme de concreto ligero a base de cemento, cal, arena, tezontle como agregado grueso en vez de grava dándole como máximo - el 1 1/2 % de pendientes hacia las bajadas de agua pluvial.

En esas condiciones aparte de eliminar los rellenos y entortados se evitan riegos de bastante consideración puesto que en el caso de que sufriera el impermeabilizante alguna rotura nunca se nos formaría un tirante de agua entre la losa de concreto y el impermeabilizante pudiéndose localizar fácilmente la humedad que pudiera existir ya que tendríamos un firme de concreto ligero y sólido que permitiría el almacenamiento del agua pudiéndose tapar y garantizar los productos a un costo mínimo.

En el caso de tener traves invertidas la solución es dejar desde el colado los pasos para los desagües dejándolos con la amplitud necesaria.

Las juntas frías de colado deberá realizarse con mortero adicionado con adhesivo integral acrílico para asegurar la continuidad.

En el empleo de sistemas impermeabilizantes aparentes deberá recordarse que una de las partes más importantes para su conservación y buen funcionamiento es el empleo de la pintura reflectiva ya que ésta por sí misma es un elemento impermeabilizante. Por otra parte evita que el sol y la intemperie degraden rápidamente a los productos asfálticos debido a la acción destructora de los rayos ultravioleta y el ozono que tienden a oxidarlos.



impermeabilizantes  
impermundi s.a.

Es indispensable una buena Especificación por parte del proyectista del sistema a emplear, indicando el tipo y calidad de los productos así como la cantidad a emplear de cada uno. No dejar al libre arbitrio del Contratista la Especificación ya que al tratarse el aspecto económico podrá forzarlo a querer obtener un bajo precio en el trabajo, realizario en forma pobre o insuficiente.

Desafortunadamente en este giro empresarial como en otros, existen personas, lo mismo es que sean físicas que morales, que en plan oportunista y con una falta total de ética y de técnica, causan serios y graves problemas al prestigio de quienes verdaderamente estamos preocupados de cumplir con una función tan importante, como la que nos hemos hechado auestas. Existe un gran desconocimiento de lo que es la verdadera impermeabilización y de la gran importancia que ésta tiene, y es por ello que este día me he impuesto la tarea de orientarlos para que puedan escoger los elementos mas adecuados e idóneos para un cometido específico.

Los impermeabilizantes, selladores y recubrimientos como productos de diseño técnico, no constituyen una fórmula mágica aplicable caprichosamente en cualquier caso, sino que, y precisamente como productos del avance tecnológico, han sido diseñados para usos específicos en los que, si bien existe una gran versatilidad, no debe llevarse al extremo de violar las normas aceptadas y experimentales mundialmente.

La técnica de la protección a las construcciones no debe ni puede ser improvisada, ya que es el resultado de una experiencia y una especialización muy exclusivas.

Trato así de contribuir con una aportación técnica positiva dentro de una rama especializada, a difundir un conocimiento que ya en estos momentos se hace imprescindible en el ámbito de aplicación de los diferentes productos.

A T E N T A M E N T E

Ing. Arturo Sedas Pasini.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. FRANCISCO ADOLFO ABRAJAN UTRILLA Calz. de Guadalupe No. 632 Col. Industrial México 14, D.F. Tel. 781-02-58	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO (D.D.F.) Av. Juárez No. 42 Edif. B-1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11 Ext. 205
2. GREGORIO AGUILAR CASIANO Dulce Oliva No. 75 Col. Coyoacán México 21, D.F. Tel.	C O V I T U R (D.D.F.) Av. Juárez No. 42 Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11
3. ING. LEONIDAS ALARCON ALARCON Lorenzo Boturini No. 176 Col. Obrera México 8, D.F. Tel. 588-45-40	C O V I T U R (D.D.F.) Av. Juárez No. 42 Edif. B-1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11 Ext. 205
4. ROBERTO BARBA Y SANCHEZ CASTELLANOS Progreso No. 124-102 Col. Escandón México 18, D.F. Tel. 516-14-04	SERVICIOS DE INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE, S.A. Palmas No. 755-401 Col. Tomas Chapultepec México 10, D.F. Tel. 540-70-17
5. José Manuel Barcenás Rodríguez Tomasa Esteves No. 269 Col. Los Angeles San Luis Potosí, S.L.P. Tel. 4-07-73	S. A. R. H. Mariano Otero No. 600 San Luis Potosí Tel. 349-88

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENCIAS DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
6. LUIS BARRADAS BALLESTEROS Ensenada No. 4 Col. Hipódromo Condesa México, D.F. Tel. 553-32-95	CONSTRUCTORA INMOBILIARIA COATZACOALCOS, S.A. Durango No. 225 Desp. 101 México 7, D.F. Tel. 533-21-53
7. HECTOR BECERRA RODRIGUEZ Ret. 34 Genaro Garcia No. 42-5 Col. Jardín Balbuena México 9, D.F. Tel. 571-36-57	GALCO CONSTRUCCIONES, S.A. Insurgentes Sur No. 634-401 Col. Del Valle México 12, D.F. Tel. 543-41-12
8. ARQ. SALVADOR BERNAL LOPEZ Fray Bernardino de Sahagún No. 104 Col. San Bernardino Toluca, Edo. de Méx. Tel. 5-87-50	GRUPO "GAROCA" Oaxaca No. 81 Col. Roma México 5, D.F. Tel. 5-25-75-62
9. NAPOLEON BELLO ALARCON Poniente 106 No. 210-6 Col. Defensa de la República México 15, D.F. Tel.	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. José Sotero Castañeda No. 604 Col. Vista Alegre México 13, D.F. Tel. 530-94-97
10. ING. JOSE RAUL BRAVO GARCIA Tajín No. 618 Bis Col. Narvarte México 13, D.F. Tel. 575-16-45	D. D. F. Goya No. 63 Col. Mixcoac México, D.F. Tel. 598-62-52

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
11. LEONARDO CALOCA GALINDO Ote. 182 No. 162-4 Col. Sta. Cruz Aviación México 9, D.F. Tel.	CONSTRUCTORA LAS TORRES, S.A. San Lorenzo No. 153-402
12. ING. JAVIER CRUZ FARIAS Beethoven No. 46 Col. Ex-Hipódromo de Perálvillo México 2, D.F. Tel. 568-89-00	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO (D.D.F.) Av. Juárez No. 42 Edif. B México 1, D.F. Tel. 518-61-57
13. ARQ. ENRIQUE X. DE ANDA ALANIS Bvo. Ruiz Cortines No. 3301 Edf. Pleyabes 103 Col. Resid. Fuentes de Pedregal México 20, D.F. Tel. 568-46-64	DESPACHO PARTICULAR Porfirio Díaz No. 131-3 Oriente Col. Del Valle México 12, D.F. Tel. 559-96-73
14. LUIS ARTURO DONG GUEVARA Real de los Reyes No. 87 E-302 Col. Coyoacán México 21, D.F. Tel. 544-12-83	OPERADORA MEXICANA DE MAQUINAS, S.A. Autopista México Oro. 3043 Col. Tlalnepantla Edo. de Méx. Tel. 565-48-00
15. RAUL GERARDO ESTRADA GENESTA Av. Universidad No. 279 Col. Narvarte México 12, D.F. Tel. 568-86-12	E. S. I. N. C. O. Gral. Aureliano Rivera No. 1 Col. San Angel México 20, D.F. Tel. 550-16-66
16. ARQ. MA. ANTONIETA ESTRADA LOPEZ Montealbán No. 282-402 Col. Narvarte México 12, D.F. Tel. 579-31-23	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO Av. Juárez No. 42 Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11

DIRECCIONARIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
17. RAUL FLORES MONTEIL Calle Bugambilia No. 16 Col. Sn. Miguel Chalma Tlanepantla, Edo. de Méx. Tel. 392-55-97	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO Av. Juárez No. 42 Edif. B 1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11 Ext. 205
18. ISAIAS FRIEDMAN Mazatlán No. 22 Col. Condesa México 11, D.F. Tel. 514-22-41	EMPRESA PARTICULAR Mazatlán No. 22 Col. Condesa México 11, D.F.
19. JOSE LUIS GARAY GARCIA Edif. 48 "C" 202 Col. Unidad Cuicahuac México 16, D.F. Tel. 556-05-43	PHILIPS MEXICANA, S.A. Norte 45 No. 699 Col. Industrial Vallejo México 16, D.F. Tel. 567-21-11 Ext. 153
20. LUIS GARCIA LOERA Av. Victoria No. 3719 Col. A. Inguaran México 14, D.F. Tel. 760-31-64	C O V I T U R (D.D.F.) Av. Juárez No. 42-B 1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11
21. ING. RUFINO GARCIA MARTINEZ Edif. M-304 U. H. Barrio Santiago Col. Reforma Iztaccihuatl México 13, D.F. Tel. 696-24-99	C O V I T U R (D.D.F.) Av. Juárez NO. 42-A Col. Centro México 1, D.F. Tel. 518-61-57
22. ING. ANTONIO GONZALEZ FUENTES Av. Jalisco No. 258-49 Col. Tacubaya México 18, D.F. Tel. 516-90-05	ECSA ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES Minería No. 145 Col. Escandón México 18, D.F. Tel. 516-45-00

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
23. ING. ARQ. ANTONIO GONZALEZ GOMEZ Circuito Río Florido No. 57 Col. Paseos de Churubusco México 13, D.F. Tel. 657-10-41	C E C Y T No. 7 "CUAUHTEMOC I.P.M. Calz. Ermita Iztapalapa y Calle Jalisco Col. Sta. Ma. Astahuacán México 13, D.F. Tel.
24. ING. CARLOS GONZALEZ VELAZQUEZ Bosques de Líbano No. 35 Col. Bosque Aragón Netzahualcoyotl Tel.	JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL EDO. DE MEXICO Av. Carmelo Pérez No. 739 Col. Benito Juárez Netzahualcoyotl Tel. 765-83-66
25. JORGE LUIS GRAJALES Norte 87-A No. 13 Col. Clavería México 16, D.F. Tel. 527-92-55	S. A. R. H. Ignacio Ramírez No. 20-2o. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 566-26-59
26. ALFONSO GUTIERREZ DUARTE José de Teresa No. 62 Col. San Ángel México 20, D.F. Tel. 548-70-64	SERVICIOS DE INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE, S.A. Av. Palmas No. 755-401 Col. Lomas de Chapultepec México 10, D.F. Tel. 540-70-17
27. ING. ROMULO HUERTA P. Av. Coyoacán No. 1043-3 Col. Del Valle México 12, D.F. Tel.	S. A. H. O. P.
28. SERGIO LARA TIENDA Jardines No. 69 Fracc. Plazas de la Colina Satélite, Edo. Méx. Tel. 3097-36-10	PICA CONSTRUCCIONES, S.A. Insurgentes Sur No. 1673-601 Col. Sn. José Insurgentes México 20, D.F. Tel. 534-54-01 534-55-27

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

	<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
29.	ING. ROLANDO LEDESMA GONZALEZ Cerro Mezontepac No. 115 Col. Campestre Churubusco México 21, D.F. Tel. 549-75-96	C R Y L S A Cerro Crestón Col. Campestre Churubusco México 21, D.F. Tel. 549-09-34
30.	ARQ. CARLOS LOPEZ GUTIERREZ Hortencias No. 101 Col. Hda. Ojo de Agua Edo. de Méx. Tel. 8-23-48	E C I G A CONSTRUCCION Av. Chapultepec No. 318-502 Col. Roma México, D.F. Tel. 535-03-34
31.	ALFONSO LOPEZ LAUX Calle 15 No. 50 Col. Sn. Pedro de los Pinos México 18, D.F. Tel.	CONSTRUCTORA CARAPAN, S.A. Londres No. 75-101 Col. Juárez México 1, D.F. Tel. 514-12-60
32.	ING. ENRIQUE MAGAÑA AGUILAR Xicotencatl No. 62-201 Col. Coyoacán México, D.F. Tel. 549-75-07	INGENIERIA Y EDIFICACIONES, S.A. Av. Insurgentes Sru No. 591-2o México, D.F. Tel. 536-05-28
33.	ARQ. RAFAEL MANDUJANO ROMERO Edificio 16 A No. 302 Unidad Loma Hermosa Col. Irrigación México 10, D.F. Tel. 557-80-22	SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO J. Ma. Izazaga No. 38-2o. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 521-56-04
34.	ING. JUAN MARISCAL FLORES Juárez No. 62 Tejupilco, Méx.	JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL EDO DE Juárez No. 62 Tejupilco, Méx.



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

	<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
35.	ING. ALFONSO MARTINEZ PUENTE Pablo A de la Garza No. 37 Col. Huizachal México 10, D.F. Tel. 589-06-33	CONSTRUCTORA INMOBILIARIA COATZACOALCOS, S.A. Durango No. 225 Desp. 101 México 7, D.F. Tel. 533-21-53
36.	ING. ASCENSION MEDINA NIEVES Calle 12 No. 176 Col. Progreso Nacional México 14, D.F. Tel. 392-30-35	CONSTRUCTORA IGNACIO PEREZ GONZALEZ Cerro del hombre No. 69 Col. Romero de Terreros México, D.F. Tel. 554-28-49
37.	ING. ROBERTO MANUEL MOSQUEDA MATA Agrupación 26 Edif. 2 Depto 22 Col. Unidad Vicente Gro. México 13, D.F. Tel. 691-29-62	CONSTRUCTORA TENAYO Baja California No. 255-B Desp.103 Col. Hipódromo Condesa México, D.F. Tel. 574-49-21
38.	EDGAR JUAN MUÑOZ Venezuela No. 25 Depto 4 Col. Centro México 1, D.F. Tel.	LIBRA, ASESORES, S.A. Extremadura No. 11 Col. Ins. Mixcoac México 18, D.F. Tel. 598-07-23
39.	ING. ALBERTO NAVARRETE ALARCON Hda. de la Condesa No. 32 Col. Prados del Rosario México 16, D.F. Tel. 352-40-62	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Melchor Ocampo No. 171 Col. Anáhuac México 17, D.F. Tel. 565-09-65
40.	ING. ADALBERTO NAVARRETE ZAVALA And. No. 35 Ent. 8 Casa 3 Col. Unid. Hab. Acueducto de Gpe. México 14, D.F. Tel. 392-55-66	CIA. CONSTRUCTORA L.S. Chiclayo No. 689 Col. Lindavista México 14, D.F. Tel. 754-30-17

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
41. JUAN MANUEL OLAC CRUZ 2a. Cda. Armas Norte No. 1 Col. Pte. de Vigas México, D.F. Tel. 352-34-86	C O V I T U R Av. Juárez No. 42 Edif.. B 1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11 585-07-80
42. ING. ROBERTO RAFAEL PATIÑO GUAJARDO Emilio Rabasa No. 23 Cd. Satélite Edo. de Méx. Tel. 572-87-66	INGENIERIA Y EDIFICACION,S.A. Insurgentes Sur No.591-2 Col. Nápoles México 18, D.F. Tel. 536-05-28
43. DAVID PEREZ DE LA GARZA Av. Independencia No. 610 Ote. Toluca, Méx. Tel. 4-33-94	JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL EDO. DE MEXICO Toluca, Méx. Tel. 4-03-99
44. ING. OSCAR PINEDA SALINAS Cinco de Febrero No. 433-9 Col. Algarín México 8, D.F. Tel. 538-22-60	INGENIEROS Y CONTRATISTAS,S.A. Darwin No. 102-3er. Piso Col. Anzures México 5, D.F. Tel. 533-18-00
45. ING. MIGUEL ADALBERTO QUINTANA VEGA Valle del Loira No. 63-4 Col. Valle de Aragón Edo. de Méx. Tel. 577-71-97	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO (COVITUR) D.D.F. Av. Juárez No. 42 Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11
46. ADOLFO REYES BUENO Edif. 6 Depto 604 H.H. Miguel Hidalgo Col. Azcapotzalco México 16, D.F. Tel. 382-38-95	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO Av. Juárez No. 42-B 1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

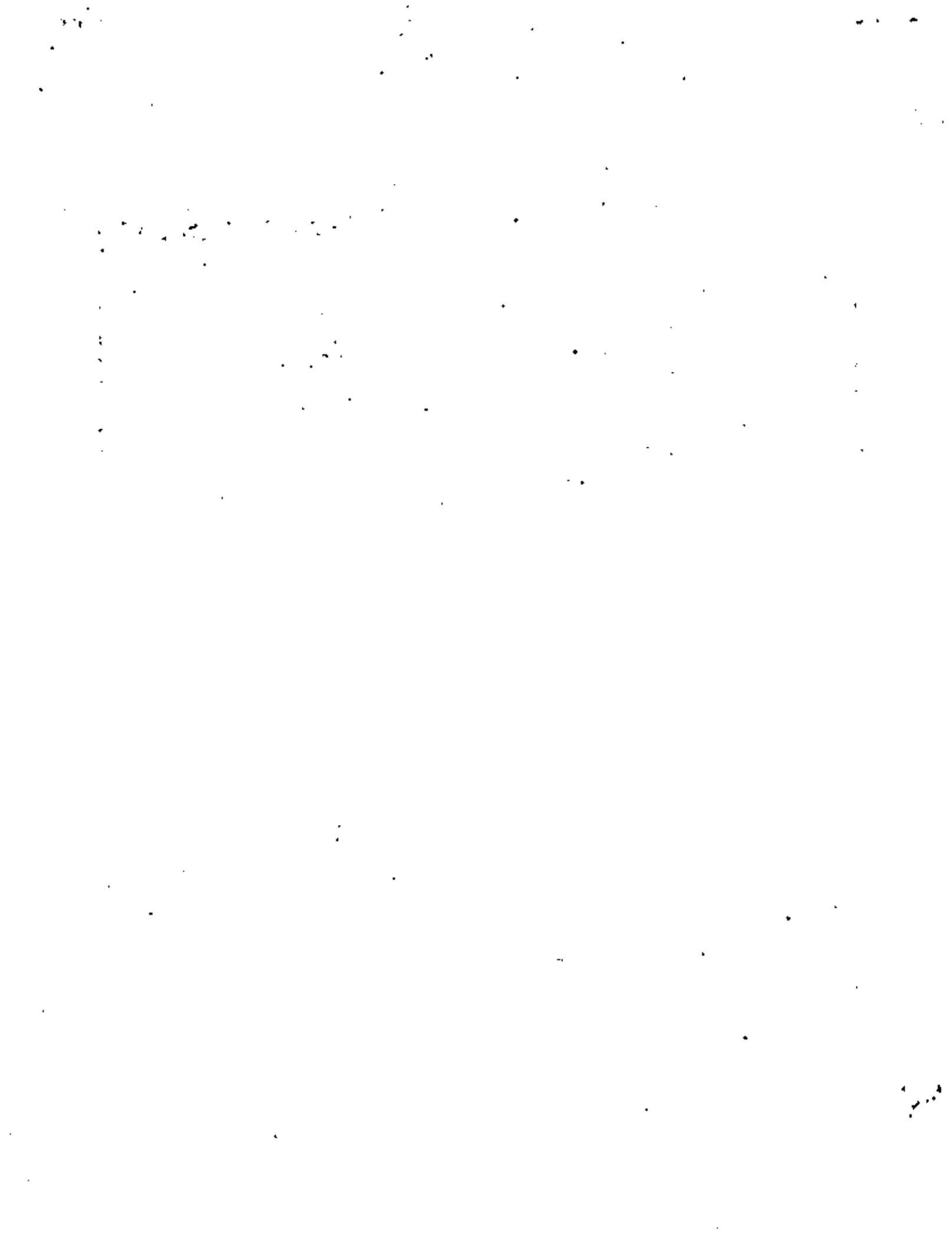
<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
47. ING. ALFONSO REINA VILLEGAS Pilares No. 45-502 Col. Del Valle México 12, D.F. Tel. 559-88-07	F O N A T U R Isabel la Católica No. 24-4 Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-30-44 Ext. 198
48. ING. LEONARDO CESAR LUIS SIBAJA Lotos No. 47 Col. Las Margaritas Tlanepantla, Edo. de Méx. Tel. 398-38-80	JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL Jardines de Sta. Mónica No. 42 Tlanepantla, Edo. de Méx. Tel. 3-98-38-80
49. ING. MIGUEL ANGEL RICO ZEPEDA A. A . de Quevedo No. 711-1 Col. Coyoacán México 21, D.F. Tel. 554-57-71	COMITE ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA FEDERAL DE ESCUELAS Vitto Alessio Robles No. 380 Col. Tecoyotitla México 20, D.F. Tel. 554-65-67
50. ARTURO RICO OYARZABAL Plaza Principal Sur No. 8 Jerez, Zacs. Tel. 520-63	
51. ING. RAFAEL ARTURO RODRIGUEZ MONTAÑO Manz. 4 Calle B No. 14 Col. Educación México 21, D.F. Tel. 549-69-69	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO Ciudad Universitaria México 20, D.F. Tel. 550-52-15
52. ING. GPE REYES ROLDAN RODRIGUEZ Guinea No. 93- Depto. 5 Col. Romero Rubio México 9, D.F. Tel. 789-22-18	COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO (D.D.F.) Av. Juárez No. 42-B 1er. Piso Col. Centro México 1, D.F. Tel. 585-10-11

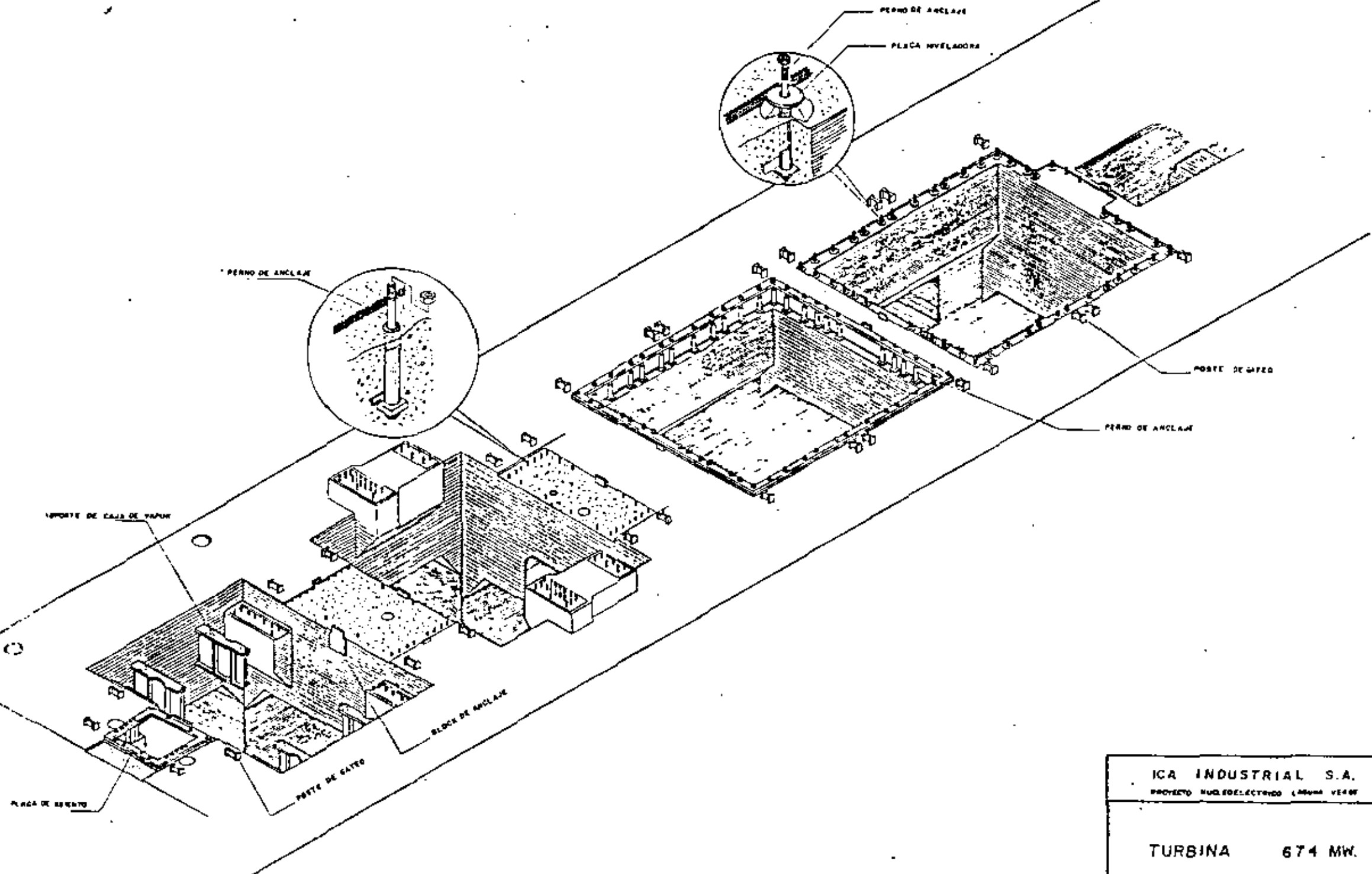
DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
53. MA. PATRICIA ROJAS SUAREZ Norte 89 No. 473 Col. Electricistas México 16, D.F. Tel. 561-34-82	
54. PATRICIA SANCHEZ BOTELLO Cerro Gordo No. 126 Fracc. Pirules Tlalneantla, Edo. Méx. Tel. 379-85-09	I C A T E C, S.A. Heriberto Frias No. 939 Col. Del Valle México, D.F. Tel. 536-89-26
55. LUIS RAUL SANCHEZ TAPIA Av. Juárez Sur No. 206 Texcoco Tel. 5-10-71	
56. ING. FRANCISCO SERRANO REYES Sánchez Colín No. 302 Col. Valle Verde Toluca, Edo. de Méx. Tel. 459-00 Ext. 3	JUNTA LOCAL DE CAMINOS DEL ESTADO DE MEXICO Toluca
57. ING. JOSE DAVID VALDES HERRERA Laguna de Terminos No. 196 Col. Anahuac México 17, D.F. Tel. 531-74-04	SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO C. Delicias Col. Centro México 1, D.F. Tel. 522-88-66
58. ARQ. CARLOS VALDIVIA CHAVEZ Redes No. 13-102 Co. U. Inf. Iztacalco México 8, D.F. Tel.	SERVICIOS DE INGENIERIA DEL MEDIO AMBIENTE, S.A. Av. Paseo de las Palmas No. 755-401 Col. Lomas de Chapultepec México 10, D.F. Tel. 540-70-17

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO: "RESIDENTES DE CONSTRUCCION"  
(DEL 9 DE JUNIO AL 4 DE AGOSTO 1979)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
59. BERNARDO VILLEGAS ALVAREZ P. de la Reforma Nte. No. 616-1606 Col. Tlatelolco México 3, D.F. Tel. 529-90-80	
60. ING. IGNACIO YANEZ CRUZ Calle de la Luz No. 10 Casa 3 Col. Chapultepec Cuernavaca, Mor. Tel. 3-30-44	SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS Av. Universidad S/Número Col. Sta. Ma. Ahuacatitlán Cuernavaca, Mor. Tel. 3-10-87





ICA INDUSTRIAL S.A.  
 PROYECTO NUCLEO-ELECTRICO LA MORA VERDE

---

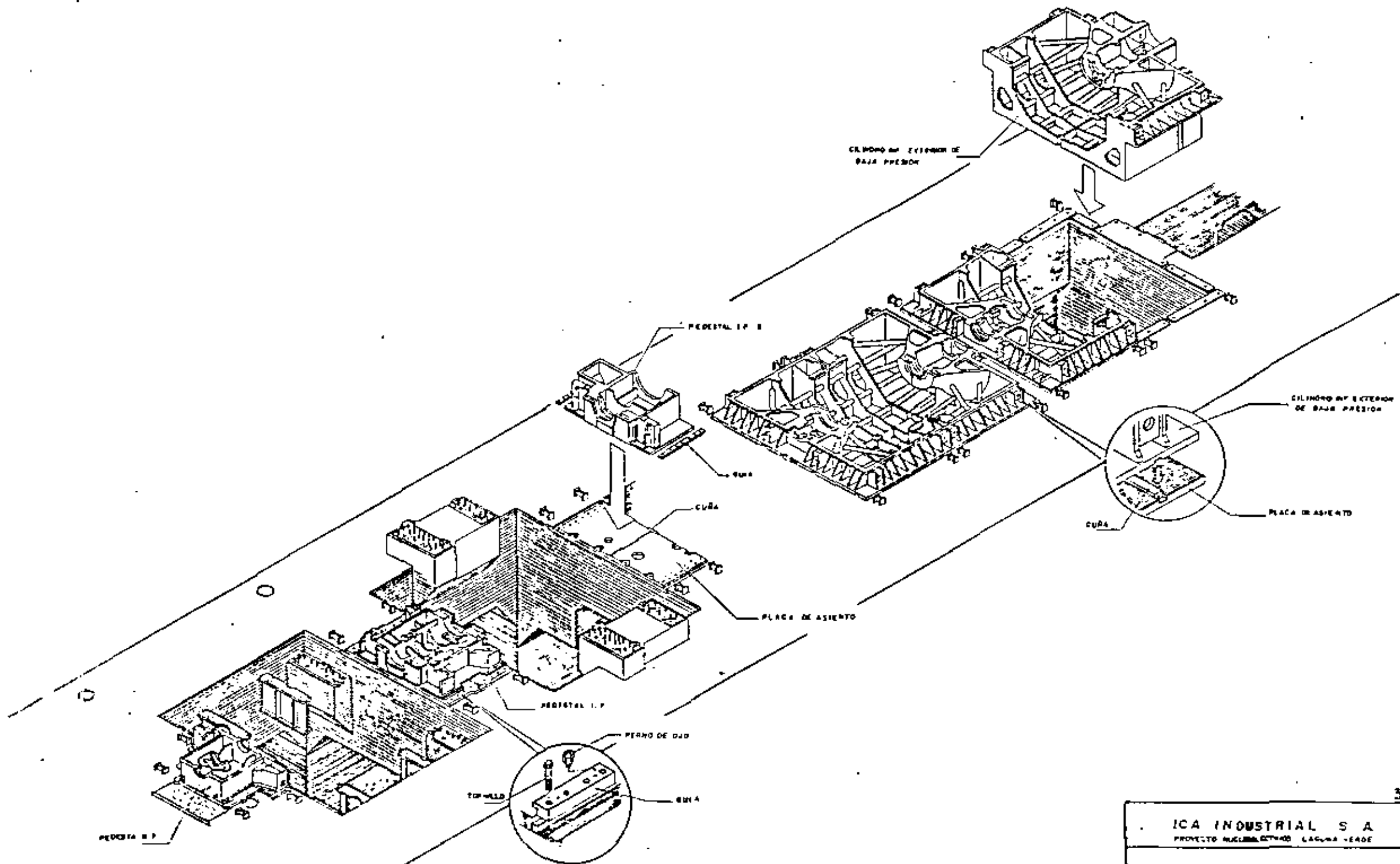
TURBINA 674 MW.



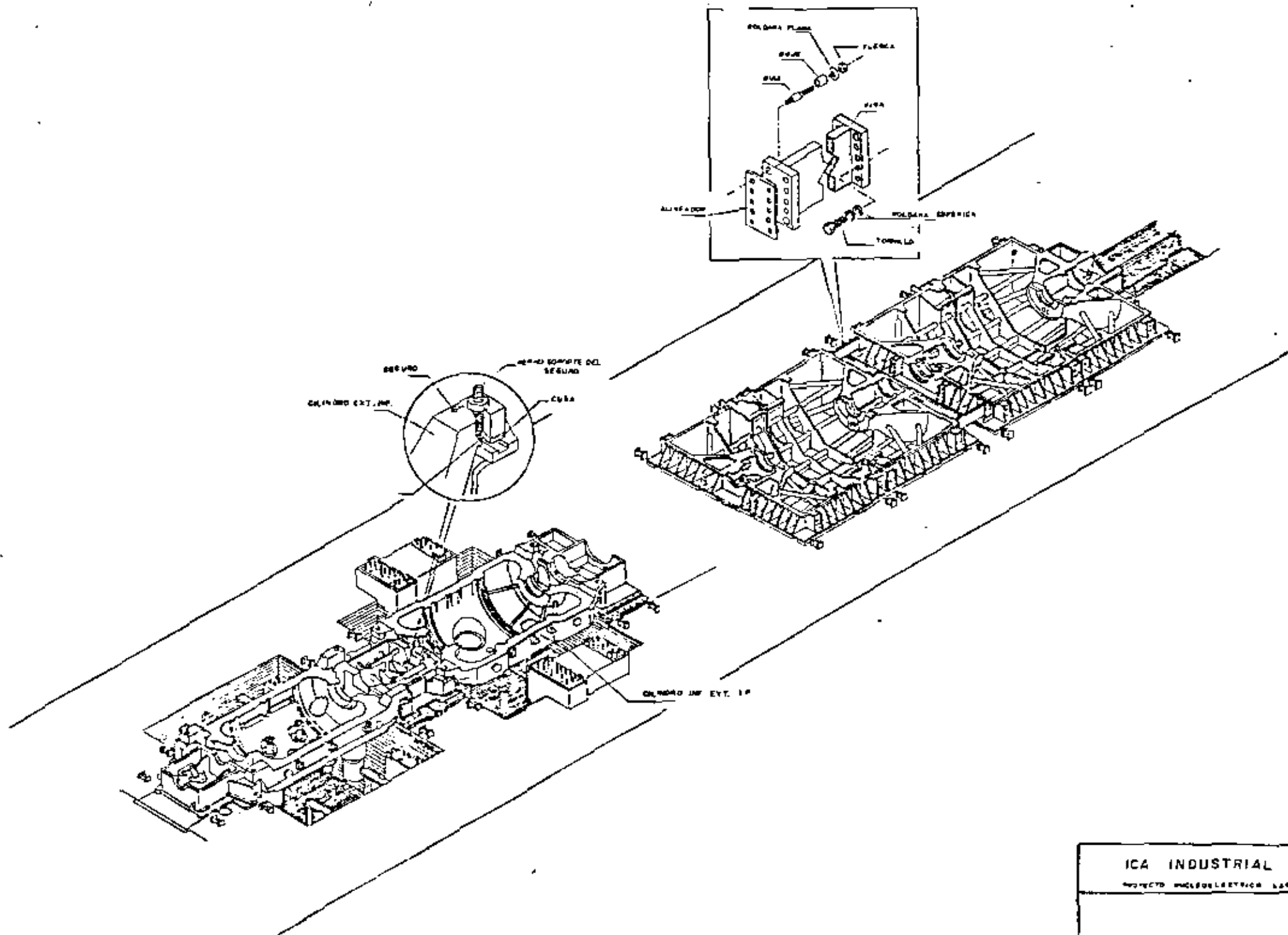






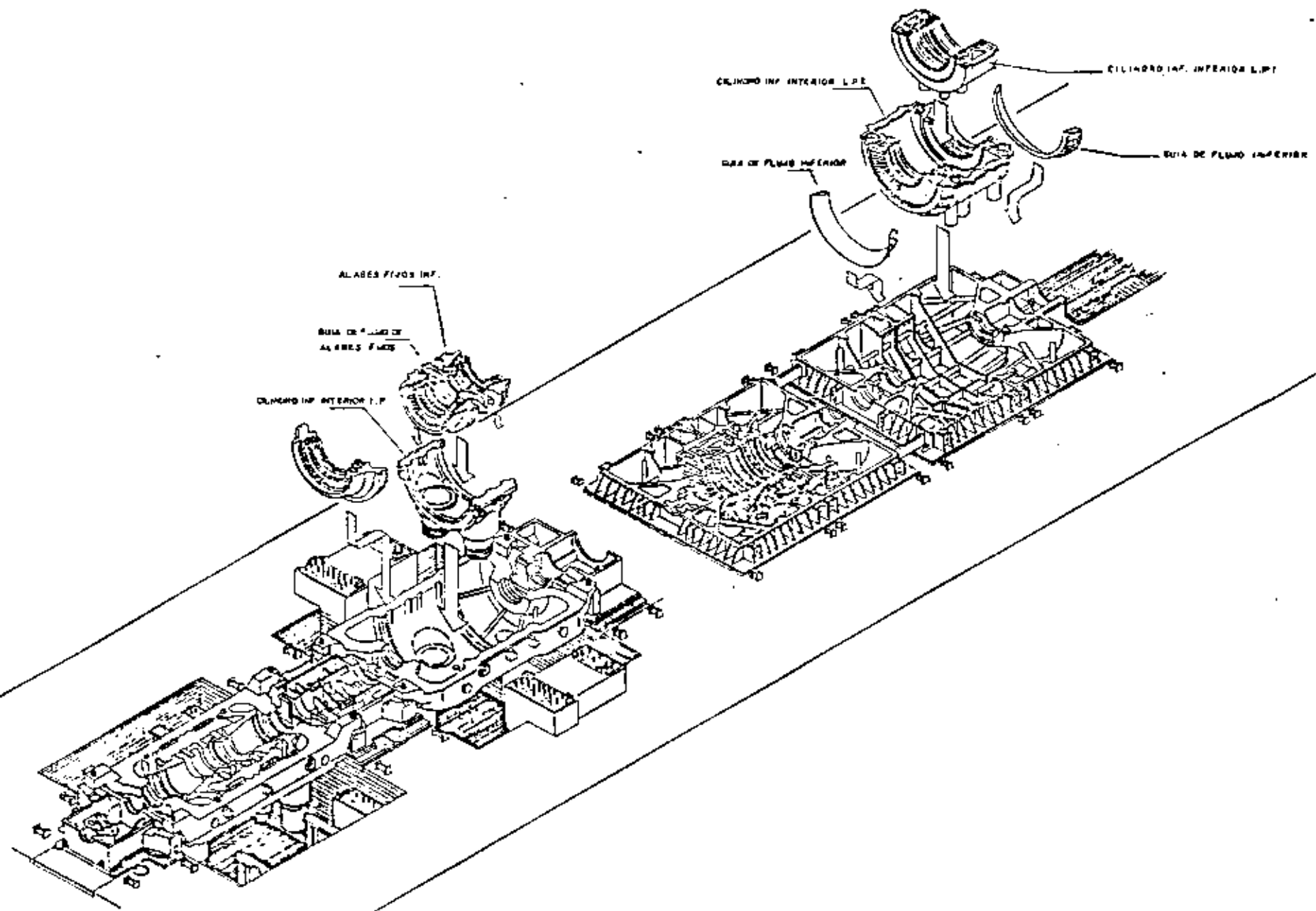






ICA INDUSTRIAL S. A.  
 PROYECTO INGENIERIA ELECTRICA LAMINA 1000  
 TURBINA 674 MW.

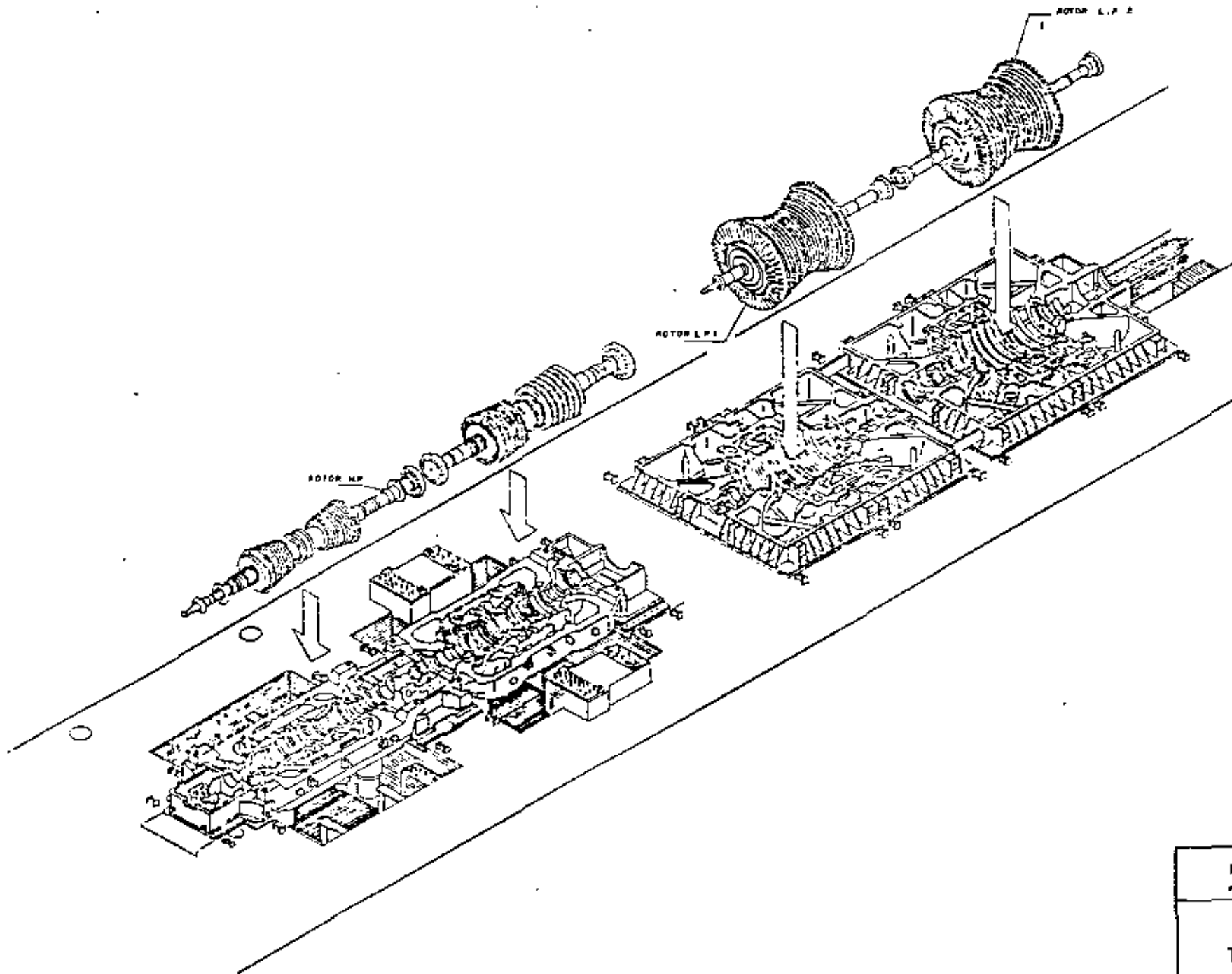




ICA INDUSTRIAL S. A.	
PROYECTO HIDROELECTRICO LA GUAJAYMA	
TURBINA	674 MW.



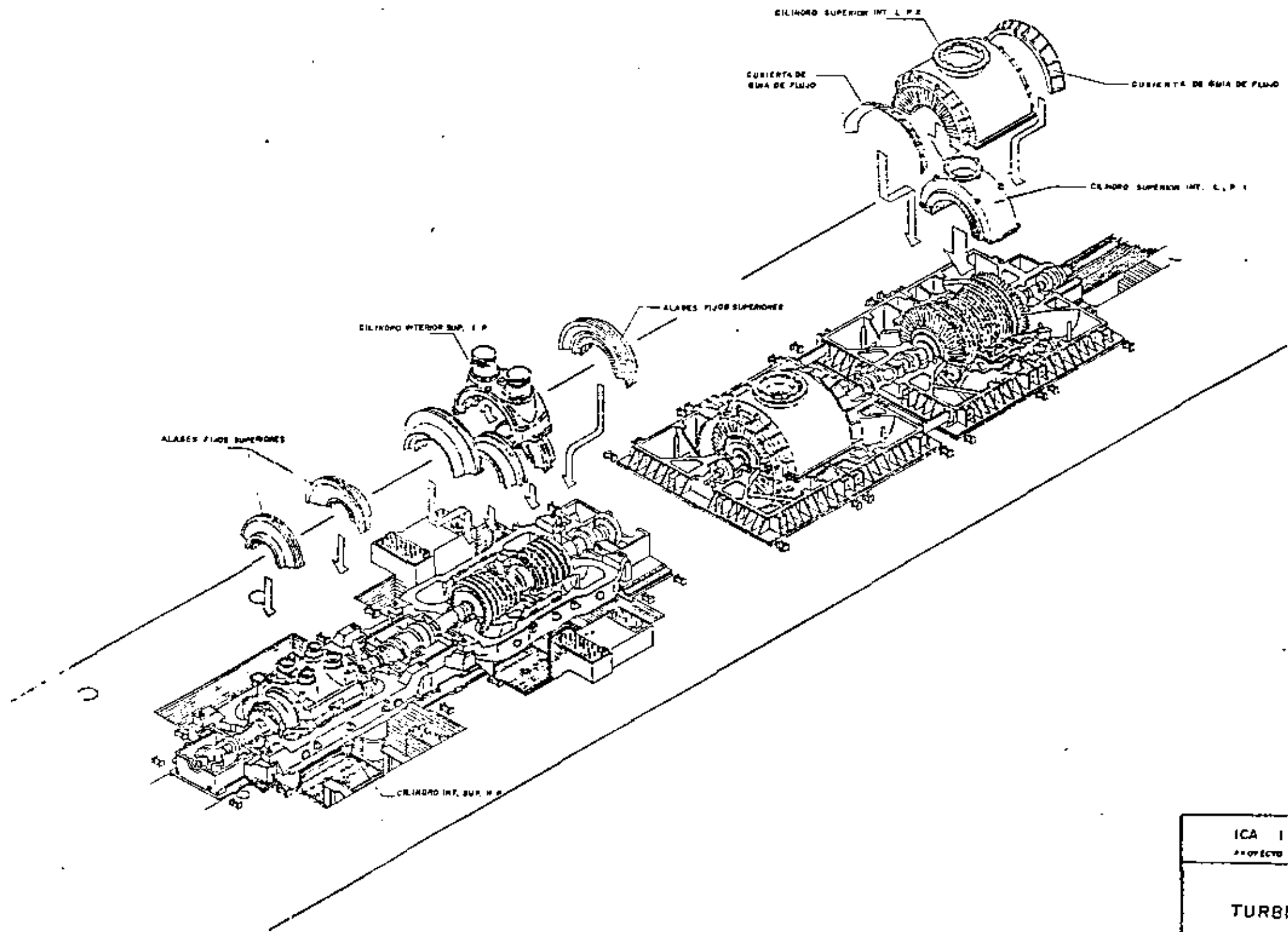




ICA INDUSTRIAL S. A.  
PROYECTO NUCLEOELÉCTRICO LA BELLA VISTA

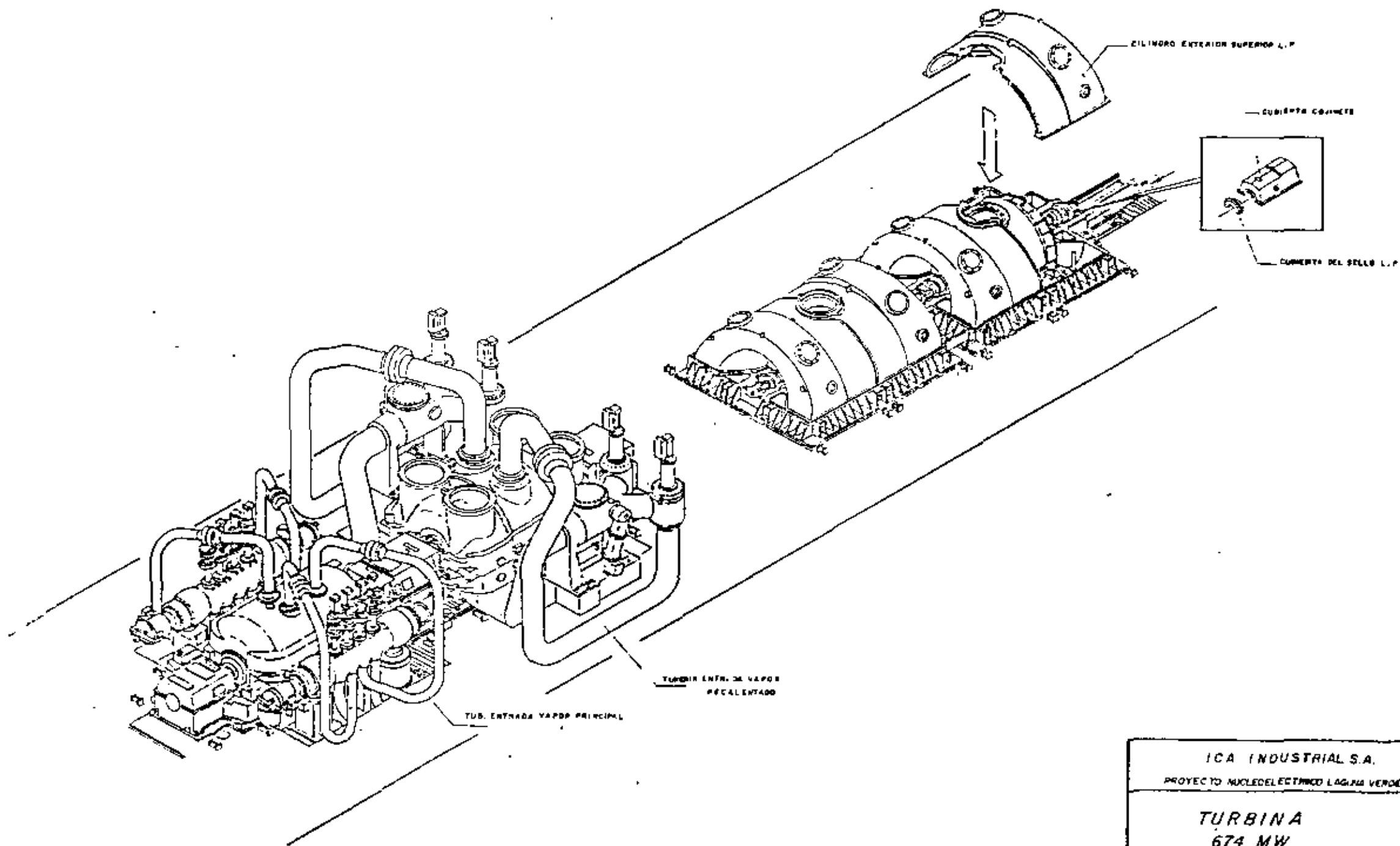
TURBINA 674 MW.



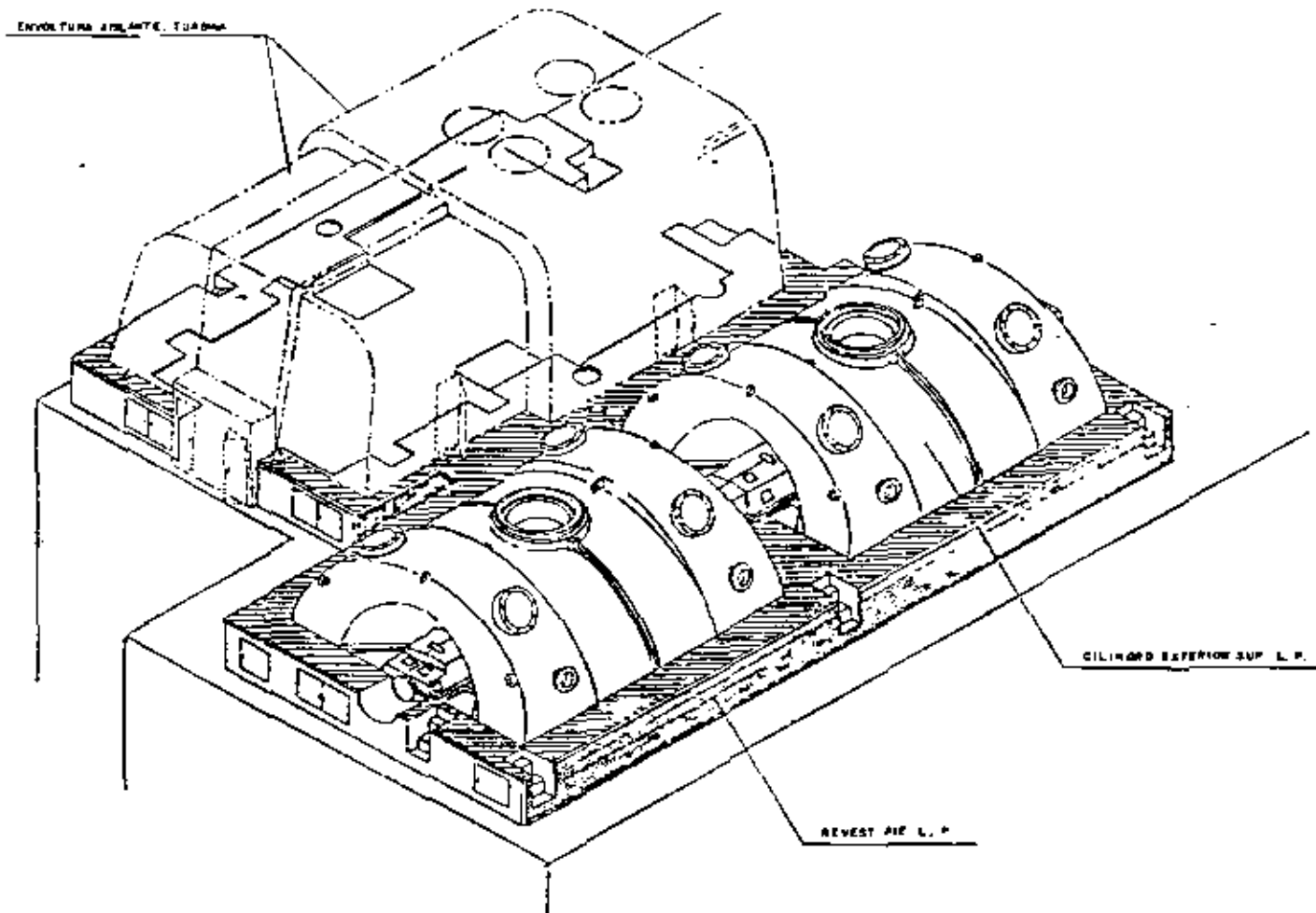


ICA INDUSTRIAL S. A.	
PROYECTO NUCLEOELECTRICO LARSEN VERDE	
TURBINA	674 MW.









ICA INDUSTRIAL S. A.  
PROYECTO NUCLEOELECTRICO LAGUNA VERDE

TURBINA 674 MW.

