

# 3

---

---

## ANALISIS ESTRUCTURAL

---

---

### **3.- CAPITULO 3 ANALISIS ESTRUCTURAL**

En este capítulo se tratarán las principales acciones que se presentan en un cárcamo de bombeo, así como los valores numéricos que se utilizarán en el modelo tridimensional.

Los valores y procedimientos específicos de cálculo se refieren principalmente a lo estipulado por el RCDF.

#### **3.1.- CARGA MUERTA**

Se llama carga muerta al conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción: incluye el peso de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, empuje del suelo, el peso de las tuberías, bombas y atraques. La carga muerta es, por tanto, la principal acción permanente.

#### **3.2.- CARGA VIVA**

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. Entran así en la carga viva el peso debido a herramientas especiales, personas y el agua necesaria para la operación del cárcamo de bombeo. Las cargas vivas de diseño no están especificadas en el RCDF así que tendrán que ser observadas en estructuras similares.

### 3.3.- HUNDIMIENTOS DIFERENCIALES

La magnitud de los hundimientos de los apoyos de una estructura debido a las cargas que en ella actúan, depende de las características del subsuelo y de las rigideces relativas entre estructura, cimentación y suelo. El cálculo requiere consideraciones conjuntas de teoría de las estructuras y de mecánica de suelos.

Si se conocen los hundimientos que van a sufrir los apoyos, la cuantificación de sus efectos en la estructura es un problema estándar de análisis, cuando puede suponerse un comportamiento elástico de la misma. Sin embargo, debido a que los hundimientos ocurren en general muy lentamente en el tiempo, se producen efectos no lineales que modifican radicalmente los resultados que se obtendrían de un análisis elástico resuelto empleando las mismas propiedades de rigidez de la estructura usadas en el análisis por cargas gravitacionales.

Hay que tener bien claro que los efectos de las deformaciones impuestas tienden a disiparse a medida que se deforma más la estructura: por tanto, fenómenos como agrietamiento y flujo plástico en estructuras de concreto pueden liberar total o parcialmente la estructura de los efectos de los movimientos diferenciales de sus apoyos.

El cárcamo de bombeo no se revisará para los efectos de los hundimientos diferenciales, sino que se diseña apropiadamente de manera que los hundimientos se mantengan dentro de límites tales que sus efectos puedan ser disipados por deformaciones inelásticas de la estructura. El RCDF especifica que para estructuras de concreto las deformaciones a largo plazo se calculen como las determinadas para cargas de corta duración multiplicadas por el factor:

$$\frac{2}{1+50\rho'}$$

en el que  $\rho'$  es la cuantía de refuerzo de compresión. Esto equivale a que en secciones simplemente armadas ( $\rho'=0$ ) las deformaciones diferidas son el doble de las de corto plazo y que para el análisis ante cargas de larga duración se debe emplear un módulo de elasticidad de un tercio del que se emplea para el de análisis por cargas de corta duración.

Las fuerzas internas que resultan por efecto de hundimientos diferenciales deben considerarse como efectos de acciones permanentes. Por ello, deben intervenir tanto en las combinaciones de acciones comunes, como en las excepcionales. Sin embargo, el factor de carga para sus efectos puede tomarse como la unidad.

### **3.4.- CARGAS DE NIEVE, LLUVIA, GRANIZO Y HIELO.**

Por las condiciones climatológicas de la ciudad de México no es necesario considerar el efecto ocasionado por la nieve y por ello no se toma en cuenta.

La lluvia puede producir cargas importantes al inundar por completo el cárcamo, en recipientes o en estructuras total o parcialmente sumergidas debe considerarse como acción el empuje estático del líquido. Cuando el líquido tiene una superficie libre que no está sujeta a presión superior a la atmosférica, ejerce una presión adicional a la atmosférica y en dirección normal a la superficie de contacto con el objeto sumergido, dada por

$$\rho = \gamma h$$

Donde  $\gamma$  es el peso volumétrico y  $h$  la profundidad del punto considerado, a partir de la superficie libre del líquido. Esto implica que en una pared sumergida la

presión aumenta linealmente con la profundidad y que el diagrama de presiones será triangular.

### 3.5.- MÉTODO SIMPLISTA DE ANÁLISIS SÍSMICO:

Aunque es poco probable que ocurra un sismo al mismo tiempo que el cárcamo este inundado, se realizará un análisis sísmico para observar los efectos del agua en los muros del cárcamo.

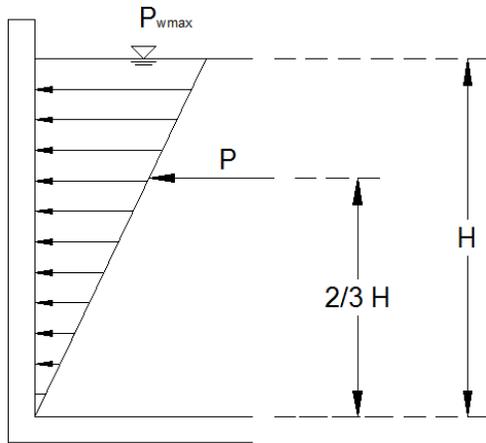
El cálculo de la fuerza hidrodinámica  $P$  sobre el muro del cárcamo se calculará por el método simplista y que consiste en multiplicar el coeficiente sísmico de diseño por el peso del volumen de agua alojada en media longitud del tanque. Como si la mitad del volumen total de agua chocara contra el muro, con una aceleración igual a:

$$P : hL\gamma(c.s) \quad (2.21)$$

Donde

$P$	Fuerza hidrodinámica del agua
$h$	Altura del cárcamo
$L$	Longitud en la dirección del análisis
$\gamma$	Densidad del agua
$c.s$	Coeficiente sísmico

En el método simplista se propone una distribución lineal de presiones con un valor máximo en la superficie original del agua ( Al revés de la distribución estática).



**Figura 14 Presión hidrodinamica**

$$P = \frac{\rho_{w\max} h}{2} \quad (2.22)$$

$$\rho_{w\max} = \frac{2P}{h} \quad (2.23)$$

El momento de volteo del muro en una franja unitaria es:

$$G = \frac{2}{3} hP \quad (2.24)$$

### 3.6.- RESUMEN Y TABLA DE CARGAS.

A continuación se hará un resumen de lo presentado en párrafos anteriores así como los valores a utilizar.

Tipo de carga	Acción	Valor unitario
Carga muerta	Empuje del suelo	Realizar análisis geotécnico
	Peso propio	Depende de la geometría
	Tuberías y equipo electromecánico	1500 kg/m <sup>2</sup> en losa tapa 500 kg/m <sup>2</sup> en losa de fondo
Carga viva	Agua	1000 kg/m <sup>2</sup> / m
	Personas	150 kg/m <sup>2</sup>
Cargas Accidentales	Fuerza	Realizar análisis
	hidrodinámica	

### 3.7.- COMBINACIONES DE CARGA

Se consideraron 4 condiciones independientes de carga (2 de ellas estáticas y 2 dinámicas) y 12 combinaciones de carga.

Las 4 condiciones de carga estáticas utilizadas son:

PoPo:                   Peso propio de elementos estructurales

Cv máx:                Carga viva máxima

En el caso del análisis dinámico se consideraron 2 condiciones de carga:

Sx:                      Sismo en dirección X

Sy:                      Sismo en dirección Y

Las combinaciones de diseño consideradas fueron las definidas en la siguiente tabla de multiplicadores de carga

Combinación	Estados de carga con factor			
1	1.4 CM	1.4 C.V		
1 <sup>a</sup>	1.4 CM	1.4 CV		
2	1.1 CM	1.1 C.V	1.1 SX	0.33 SY
3	1.1 CM	1.1 C.V	1.1 SX	-0.33 SY
4	1.1 CM	1.1 C.V	-1.1 SX	0.33 SY
5	1.1 CM	1.1 C.V	-1.1 SX	- 0.33 SY
6	1.1 CM	1.1 C.V	0.33 SX	1.1 SY
7	1.1 CM	1.1 C.V	0.33 SX	- 1.1 SY
8	1.1 CM	1.1 C.V	-0.33 SX	1.1 SY
9	1.1 CM	1.1 C.V	-0.33 SX	-1.1 SY
12			Envolvente X	
13			Envolvente Y	