



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

### INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

AÑO 1

OCTUBRE 2009

NÚMERO 03

#### CONTENIDO

Editorial.....1

#### PAPERS

1. Tecnología de Excavación de Túneles: Perforación- Voladura & TBM .....3
2. Evaluación de la Performance en Edificios Mediante el Uso de un Sistema de Base de Datos.....9
3. Gestión de Pérdidas y Desperdicios en el Uso del Concreto Premezclado en Obras de Edificaciones de Gran Altura .....14
4. El Método Delphi en la Ingeniería Civil (Un camino para la previsión tecnológica).....20
5. Efecto de la Temperatura en la Presión Lateral del Encofrado Empleando Concreto Autocompactante.....26

#### INFORMATIVOS

- A) Convenio con empresas.....30
- B) Actividades IIFIC.....32
- C) Entrevistas.....36



# BOLETÍN DE INVESTIGACIÓN



## Editorial

El Grupo Graña y Montero, consecuente con su Política Corporativa de Responsabilidad Social, donde declara su compromiso con la gestión del conocimiento, tiene como uno de sus ejes rectores principales la prioridad a la educación en temas que incluyen los vínculos con universidades y escuelas técnicas entre otros.

Dentro de ese marco ha iniciado una importante relación con la Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC), con un programa de soporte a los alumnos de dicho claustro para el desarrollo de sus tesis de grado.

Este convenio permite que alumnos ó ex alumnos, de reciente egreso, de la UNI desarrollen sus tesis con el soporte de alguna de las empresas del Grupo y participen dentro de un proyecto para que contando con los ingenieros de la organización sean orientados en sus temas. El Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil les brinda el soporte académico en las tesis. Los temas a desarrollar son coordinados para que tengan el rigor académico y sean de utilidad práctica.

Consideramos que esta relación empresa-universidad debe ser una semilla para que, en el futuro, se desarrolle y permita al crecer que, se incentiven los trabajos de investigación, se desarrollen currículas universitarias que reflejen las necesidades de las empresas, se generen docentes universitarios preparados, en fin, que sea beneficiosa para el crecimiento del país y colabore a mejorar la calidad de vida de los peruanos.

Los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios para Graña y Montero, los participantes han tenido, no sólo un buen nivel de conocimientos, sino una actitud de compromiso y pro-actividad que demuestran la orientación impulsada por la UNI en sus aulas

Este éxito nos motiva y compromete para seguir ampliando los convenios de esta relación Universidad-Empresa

Luis Díaz Imiela Gentimur

Octubre, 2009

**Director del Instituto de Investigación – FIC**

**DR. VICTOR SÁNCHEZ MOYA**

**Jefe de Proyecto**

**DR. TEÓFILO VARGAS SAAVEDRA**

**Colaboradores:**

Santa María Dávila, Edward

**Cuerpo Editor**

Arellano Castillo, Guillermo

Castillo Sánchez, Richard

De la Cruz Díaz, Antony

Meléndez Bernardo, Walter

Navarro Hayashida, Javier

Núñez Tolentino, Néstor

Ríos Morales, Marco

Soto Rosado, Jonathan

Tengan Shimabukuro, César

Tinoco Yurivilca, Nilda

Torres Rodriguez, Ronal

Vila Común, Alfredo

---

Av. Túpac Amaru 210 El Rímac, Lima Perú  
Universidad Nacional de Ingeniería  
Apartado postal 1301 Lima 100 – Perú  
Telefax (511) 481-9845  
Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 424  
[contacto@iific.edu.pe](mailto:contacto@iific.edu.pe)

## ÍNDICE

Editorial.....1

### PAPERS

1. Tecnología de Excavación de Túneles:  
Perforación- Voladura & TBM .....3

2. Evaluación de la Performance en Edificios  
Mediante el Uso de un Sistema de Base de  
Datos.....9

3. Gestión de Pérdidas y Desperdicios en el  
Uso del Concreto Premezclado en Obras de  
Edificaciones de Gran Altura.....14

4. El Método Delphi en la Ingeniería Civil (Un  
camino para la previsión tecnológica)... ..20

5. Efecto de la Temperatura en la Presión  
Lateral del Encofrado Empleando Concreto  
Autocompactante.....26

### INFORMATIVOS

A) Convenio con empresas.....30

B) Actividades IIFIC.....32

C) Entrevistas.....36

# Tecnología de Excavación de Túneles: Perforación-Voladura & TBM

Alfredo Vila Común\*

**Sinopsis:** Los túneles son obras de ingeniería cuyas aplicaciones prácticamente no han variado, pero las técnicas de construcción y la magnitud de estas, si lo han hecho. El mejor entendimiento del comportamiento del terreno donde se construyen, ha permitido grandes progresos en su construcción. El presente artículo hace una descripción del estado del arte, en el Perú y el mundo, de dos de las metodologías predominantes: Perforación & Voladura y TBM, revisando sus ventajas, desventajas, así como su influencia en la productividad de proyectos tuneleros.

**Palabras Clave:** Túneles, perforación, voladura, TBM, productividad.

## 1.- Introducción

Las primeras excavaciones subterráneas de las que se tienen registros, muestran que se usaban huesos y piedras, como herramientas para realizar esta labor. Luego se pasó a la excavación con herramientas rudimentarias hechas de metal.

Con el descubrimiento del fuego, la técnica de las excavaciones dio un gran avance. Se usaba el fuego para calentar la roca y luego se alteraba bruscamente la temperatura con agua fría. Esta expansión y contracción artificial producía el fracturamiento de la roca y facilitaba su excavación.

Pero fue sólo luego de la invención de la pólvora y la necesidad de extracción de minerales preciosos, con las que nació la primera muestra del método conocido como Perforación & Voladura.

Por otro lado, la historia de las máquinas perforadoras de túneles (TBM por sus siglas en inglés), empieza su desarrollo a inicios del siglo XIX, con la necesidad de construir túneles largos, cuando la evolución de la industria civil ocasiona el desarrollo y la aceleración del transporte terrestre de bienes y personas por ferrocarril<sup>1</sup>. Por tal motivo fue necesario construir vías nuevas y más seguras.

Se requiere de un equipo de alta inversión y personal especializado, pero es poco flexible para aceptar variaciones en secciones.

Se realiza a continuación una descripción de sus características y las tendencias del futuro de la construcción de túneles.

## 2.-Objetivos

- Mostrar el desarrollo de dos de los métodos de excavación de túneles predominantes.
- Revisar las características, ventajas y desventajas, así como ejemplos de su uso en el Perú y en el mundo.

## 3.-Contenido

### 3.1.-Métodos de Excavación

Los métodos de excavación de túneles dependen en primer lugar y en forma general del tipo de terreno a atravesar. Es así que se puede hablar por separado de excavación de túneles en roca y excavación en terrenos blandos.

La perforación en terrenos blandos es un tema muy complejo en el que se mezcla la excavación y el tratamiento del terreno, existiendo un gran número de sistemas de ejecución: escudos, precorte mecánico, prebóveda de jet grouting, congelación y sostenimiento con concreto proyectado, similar a los túneles en roca<sup>2</sup>.

Los métodos de excavación de túneles en roca son básicamente dos: Perforación & Voladura y Perforación Mecánica, principalmente TBM, y máquinas de ataque puntual, rozadoras o martillos de impacto.

El primero de ellos, luego de casi seis décadas de continuo desarrollo y refinamiento, ha alcanzado un nivel de madurez confiable. Gracias a ello su lugar dentro del mundo de la tunelería está garantizado.

Más joven en edad pero con una mejora acelerada, las máquinas de tunelería mecanizada han tenido un rápido e intenso desarrollo en el mundo, principalmente en túneles urbanos.

Sin embargo las metodologías no están en conflicto, simplemente sirven para requerimientos de: geología, geografía, topografía y ambientales, distintos.

#### 3.1.1.-Método de Perforación & Voladura

El método de Perforación y Voladura, es el más utilizado en túneles en roca y el único posible cuando la roca es muy abrasiva, muy resistente o se encuentra en estado masivo<sup>3</sup>.

Básicamente consiste en realizar taladros<sup>4</sup> en el frente de excavación, cargarlos con explosivos y hacerlos detonar. La energía en forma de vibración y gases, producida por la explosión, quebranta de la estructura de la roca.

#### Antecedentes

El empleo de explosivos marcó un hito importante en la excavación de túneles. La Pólvora Negra se introduce en el año 1613, proveniente del Oriente y parece haber sido utilizada por

\* Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.

Universidad Nacional de Ingeniería,  
Av. Túpac Amaru 210 – Rímac, Lima, Perú.

E-mail: [vico.alfredo@gmail.com](mailto:vico.alfredo@gmail.com)

Miembro del IIFIC-UNI

Miembro del Convenio UNI-GyM

Página web: <http://iifc.blogspot.com>;

<http://www.iifc.edu.pe>



<sup>1</sup> Parcher 1999

<sup>2</sup> Se detalla en la sección 3.1.2, la forma de uso de las TBM en la excavación de túneles en terreno blando.

<sup>3</sup> Sinha R.S. (Editor): "Underground Structures. Design and Construction", Elsevier, 1991

<sup>4</sup> Taladro: perforación manual y mecánica sobre roca.

primera vez en la mina Freiburg. A partir de entonces, el empleo de explosivos se difundió rápidamente en la actividad minera y luego en la construcción de túneles de transporte

Inicialmente, en el frente de avance se realizaba una excavación piloto de aproximadamente medio metro cuadrado de sección, para luego ir realizando un ensanche radial.

Luego de la Revolución Industrial en Inglaterra (1760) se difunde el uso de explosivos de alto poder rompedor, máquinas perforadoras con pistón mecánico, operadas con aire comprimido. Con esta tecnología se construyen los túneles: Monte Cenís (1861-Primero en cruzar los Alpes), Hoosac (1866).

Décadas después, entre los años 1907-1929, la aparición de palas cargadoras mecánicas y martillos perforadores, produce avances mensuales del orden de los 100m. Ejemplos de la aplicación de esta tecnología se encuentran en el túnel La Quebra-Colombia(1926-1929) y Owyhe en Oregon(1929).

Luego, años después, se realizan equipamientos con jumbos, carros de acarreo y brocas cambiables, incrementado la productividad de la excavación en un 50% hacia el año 1930-1949. Significando este avance, ahorro en los costos de excavación, como por ejemplo en la mina Anaconda Copper Co. en el año 1930, donde se logró un ahorro de 140 000 dólares por año<sup>5</sup>.

Finalmente el mayor salto tecnológico se produce con la inserción de los carburos de tungsteno en las brocas. Con esto la velocidad de perforación de las rocas aumenta al doble de lo que se lograba con el acero. Por ejemplo, en un granito rosado, una misma perforadora logra 12cm de avance por minuto con una broca de acero y 25cm con una broca con insertos de carburo de tungsteno.

### Metodología

Las partes o trabajos elementales de que consta el ciclo de trabajo característico de este sistema, se muestra en la Fig.1

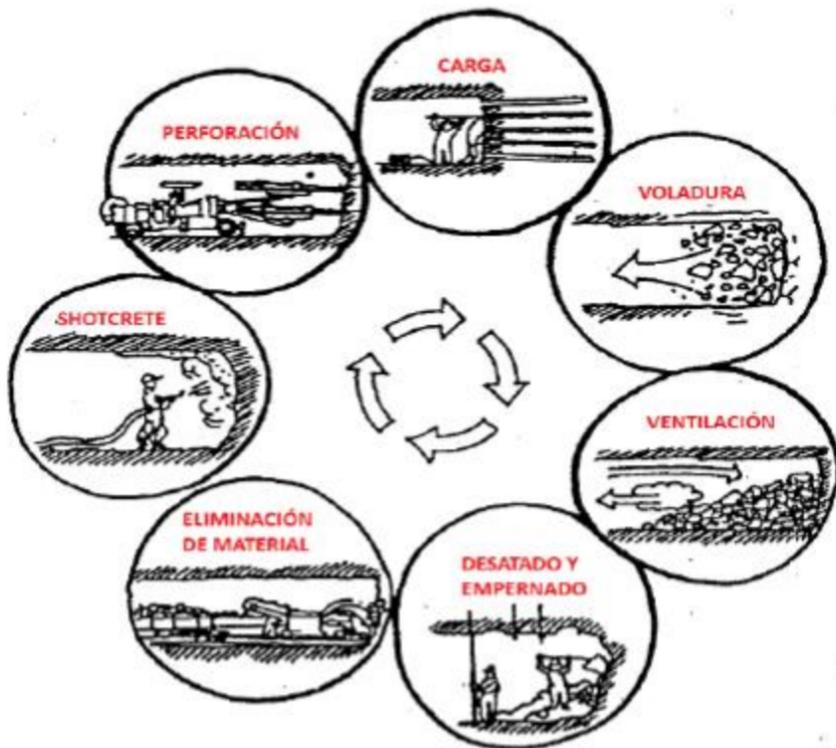


Fig. 1. Ciclo de excavación de túneles

<sup>5</sup> Robles, Nerio. "Excavación y Sostentamiento de túneles en Roca". El ahorro fue debido a la eliminación del mantenimiento diario de grandes cantidades de acero, entre el frente de trabajo y el taller de afilado instalado en la superficie.

La carga de los explosivos se realiza previo un replanteo y enmallado de la ubicación de los taladros, tal como se muestra en la Fig.2.

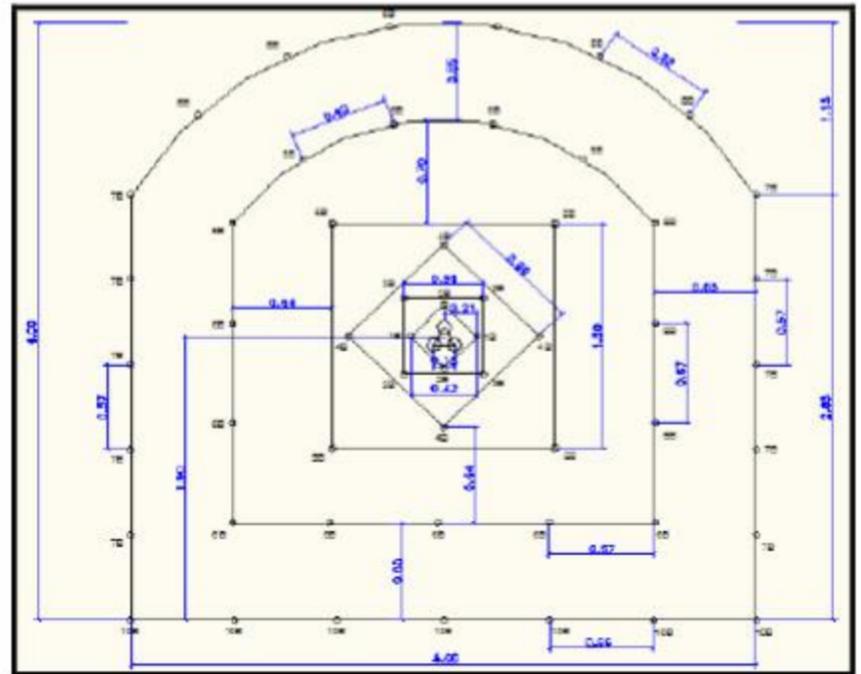


Fig.2. Ejemplo de Malla de Perforación

Los explosivos para voladura, hoy en día existen en gran variedad, todos ellos desarrollados con el objetivo de reducir el peligro de accidentes y realizar una voladura más controlada.

Entre los accesorios de voladura más usados se tienen:

- Karmex
- Mecha de Seguridad o Lenta
- Mecha Rápida
- Conector
- Fulminante Común
- Fulminante Eléctrico
- Fulminante Fanel
- Cordón Detonante o Pentacort

La forma de aplicación de las máquinas hidráulicas de perforación son hasta hoy similares a como se usaban treinta años atrás, pero es importante notar la productividad que ha alcanzado con el tiempo.

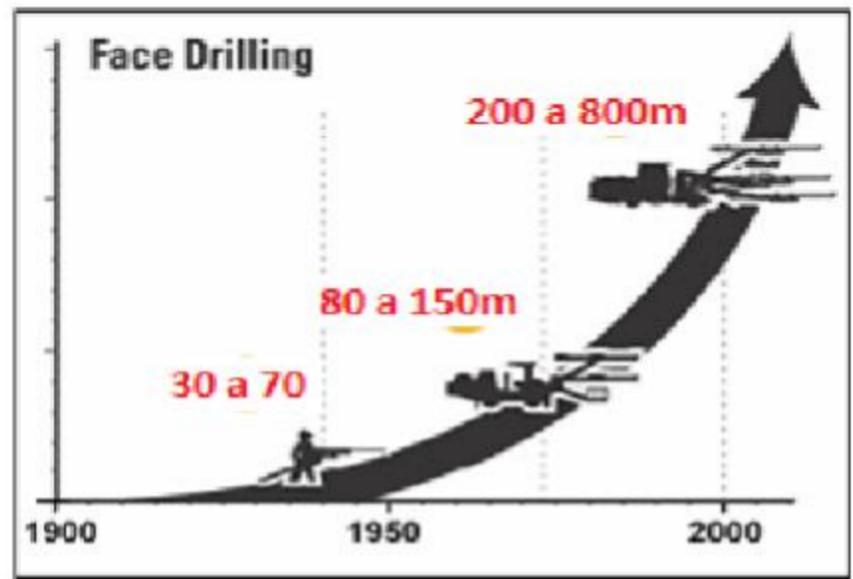


Fig. 3. Evolución de la productividad de perforación "Comparing TBMs with drill+blast excavation". Tarjoy, Meter. 1995. Valores del libro de Nerio Robles.

En la década de 1940, se inicia la perforación con equipo mecánico, el cual utilizaba un taladro neumático y brazo perforador. Esta combinación permitía a un operario producir 10

metros de perforación por hora en promedio. En los 70, fue introducida una máquina perforadora con dos brazos gemelos paralelos, lo cual permitió producir 125 metros de perforación por hora en promedio<sup>6</sup>. La actual generación de tres brazos perforadores permite producir más de 275 metros de perforación por hora.

### Factores que afectan la productividad

Existen muchos factores que se combinan para determinar la productividad de una perforadora hidráulica moderna, incluyendo:

- Condiciones de terreno
- Potencia de salida de la maquina
- Accesorios de perforación
- Habilidad del operador
- Continuidad de práctica
- Tecnología de equipos
- Experiencia de operadores

Las condiciones del terreno determinan la malla de voladura y la potencia de salida de la maquina, así como el desgaste de los accesorios de perforación.

La habilidad del operador y la continuidad de práctica influyen en la eficiencia de la voladura, el grado de sobre-excavación y alteración del contorno.

Los esfuerzos que se generan en la roca alterada se incrementan progresivamente, tal y como se aprecia en la Fig. 4 (Estado Tensional de Contorno).

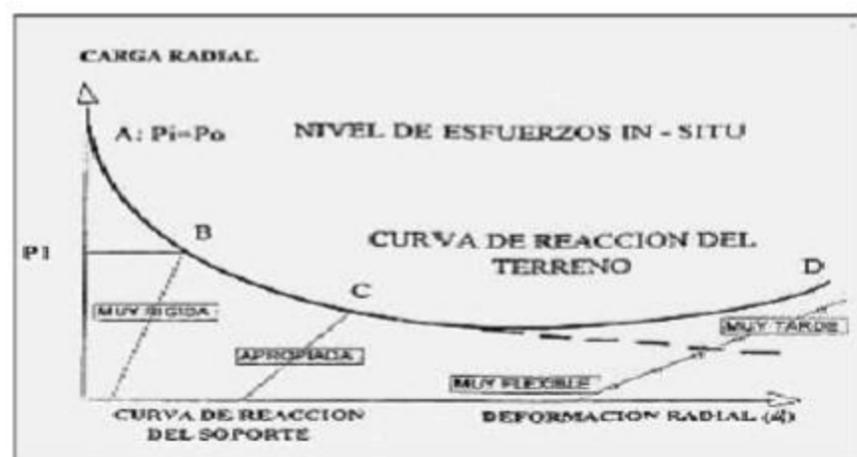


Fig.4. Estado Tensional de Contorno. Pacher-Fenner, adaptado por Rabcewicz-Golser-Pacher.

La carga radial corresponde a la presión perpendicular al contorno de la roca alterada, considerando una sección circular. La deformación radial es la deformación en esta misma dirección debido a la variación de presión en el contorno.

### Experiencias en el Perú

Ejemplos destacables de la utilización del Método de Perforación & Voladura en nuestro país, a parte del extendido uso en minería, están en el Proyecto de la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo, en el Río Mantaro en los años 1964-1972. Túnel que tuvo una sección circular de 26m<sup>2</sup> de sección y 20 700m de longitud.

La roca excavada fue Esquisto, se usó la dinamita como explosivo. El avance promedio logrado fue de 114.40 m mensuales, llegando a máximos de 218.50 m.

<sup>6</sup> Se debe diferenciar los metros de perforación con los metros de avance. La primera corresponde a la longitud de todos los taladros perforados y la segunda al avance del frente excavado.

Otro ejemplo resaltante fue el túnel de uso ferroviario en Cuajone, construido entre 1970 y 1979.

El túnel tenía una sección tipo herradura de 28m<sup>2</sup> y una longitud de 27 145m. con un avance promedio mensual de 140.20m y avances máximos de 250.10m.

### Control Computarizado

Actualmente existen equipos de perforación computarizados que posibilitan un mejor control de la excavación

Los planos de perforación y otros datos del túnel pueden ser desarrollados fácilmente en la oficina del lugar del trabajo y luego transferidos a los equipos.



Fig.5. Sistema Computarizado ABC. Atlas Copco

Modernos sistemas de control, como el ABC de Atlas Copco, permiten hoy realizar perforaciones más controladas, las cuales permiten lograr una mayor productividad de los procesos de excavación. Ahora es posible para los operadores realizar un patrón de perforación que es mostrado en una pantalla y a la vez se pueden maniobrar las partes de la perforadora que también son mostrados en la pantalla, para la correcta posición de cada barreno. Esto permite que el contorno del túnel pueda ser menos alterado que en los métodos convencionales, puede reducir el exceso de excavación y los requerimientos de soporte.

### 3.1.2.-Maquina Excavadora de Túneles -Tunnel Boring Machine (TBM)

#### Antecedentes

Si bien existen referencias de que la primera tunelera mecanizada fue desarrollada por Marc Isambard Brunel para excavar el túnel Thames en 1825. El primer túnel construido con una máquina excavadora formó parte del proyecto de la Represa Oahe en Pierre, Dakota Sur.

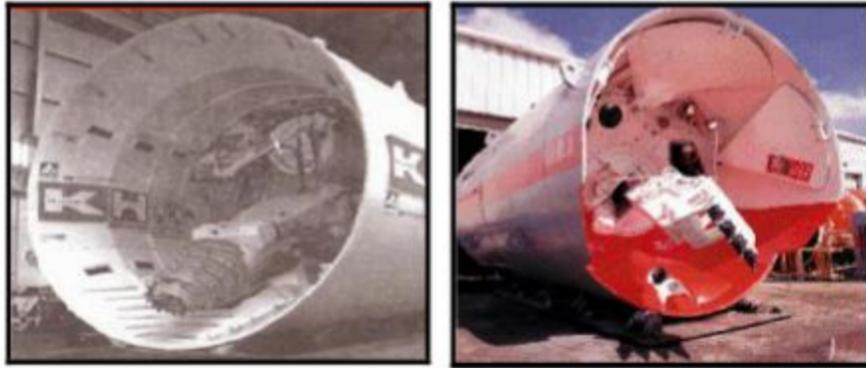
#### Metodología

##### TBM en terrenos blandos

Las primeras máquinas TBM consistían en cilindros metálicos protectores, dentro del cual se ensamblaba e instalaba el revestimiento del túnel. Luego se accionaba un sistema de empuje que hacía posible la progresión del avance del túnel, mientras el frente era excavado con herramientas manuales o semi-manuales<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Greathead Shield (UK) 1879

La evolución a las TBM de escudo consistió en añadirle medios mecánicos de excavación. Inicialmente fueron brazos mecánicos y en algunos casos hidráulicos (Fig.6)



Brazo Metálico Alpine Wetfalla – Metro de Munich

TBM Brazo Hidráulico

Fig.6. TBM Con Excavación Mecánica e Hidráulica. III Seminario Andino de Túneles. Bogotá, 2008

En los años 90, se abandonan estas tecnologías para dar paso a las TBM con frente a presión, en terrenos blandos. Sin embargo, la peligrosidad de la presurización del escudo y la incapacidad de las compuertas mecánicas de poder garantizar la estabilidad del frente, hicieron cambiar estas prácticas a favor de una presurización limitada. Para lo cual se colocó una cámara de excavación delante del escudo, a la que se le llamo Escudo de Lodos o Hidro-Escudo. (Presurización neumática). Fig.7



Fig.7. Escudo de Lodos o Hidro-Escudo. III Seminario. Gianfranco Perri, III Seminario Andino de Túneles. Bogotá, 2008

Finalmente, la dificultad de sus instalaciones y requerimientos ambientales más estrictos derivaron, en la actualidad, a la utilización de Escudos de Presión de Tierra Balanceada (EPBS), los cuales, junto con los Escudos Mixtos (uso de tecnología Escudo de Lodos y EPBS en conjunto), dominan hoy la excavación de túneles en terreno blando.

### TBM en roca

Una TBM, como se aprecia en la Fig.8, consta de una cabeza de corte giratoria de forma circular donde van alojados los discos cortadores. Detrás de la cabeza se encuentra un sistema formado por gatos que presionando sobre el terreno para ejercer la presión necesaria para la excavación de la roca.

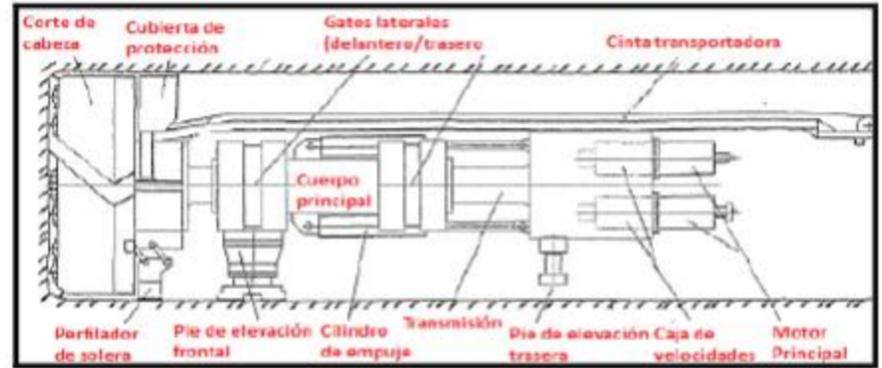


Fig.8. Esquema de TBM. Cortesía WIRTH

El escombro se carga automáticamente en el frente y se conduce hacia atrás mediante una cinta transportadora, que lo deposita en unas vagonetas para su traslado al exterior.

También existen sistemas adicionales de colocación de sostenimiento. Las TBM también pueden tener sistemas para colocación de rieles sobre los que circulan las vagonetas y una plataforma donde va alojado todo el sistema de control, guiado y suministro de energía.

### Experiencias en el Perú

Una aplicación resaltante de la TBM en la excavación de túneles en roca se encuentra en el Proyecto de Trasvase Olmos, para el aprovechamiento de las aguas del Río Huancabamba.

La obra, ejecutada por la empresa Odebrecht, contempla en el sector Occidente, dos túneles: Túnel de Quebrada Lajas y Túnel Trasandino.

El Túnel Trasandino tiene una longitud de 19.3 km, una sección de perforación de 5.33m de diámetro y coberturas superiores a los 2km, la segunda mayor en el mundo, sólo superada por el presentado en el túnel de San Gottardo, ubicado entre Suiza e Italia<sup>5</sup>.

La TBM adquirida por Odebrecht tiene una sección de 5.33m, un peso superior a las 1000 toneladas y una longitud total de 320m. La maquina cuenta con implementos necesarios para la excavación del túnel Trasandino, que le permite ejecutar las obras de sostenimiento y revestimiento definitivo del túnel, en paralelo a la excavación del mismo.(Fig.9)



Fig.9. TBM Odebrecht en su mayor cobertura. Aprox. 2000m. Boletín N°13, Sep. 08. Odebrecht.

TBM, es una maquina usada para excavar túneles con un sección circular en una variedad de suelos y rocas duras. Los diámetros de los túneles están en el rango de un metro (realizados con micro-TBMs) a 19 metros.

<sup>5</sup> ODEBRECHT. Boletín N°13, septiembre 2008.

Las ventajas de una TBM están en la reducción de la alteración del terreno circundante y la menor generación de gases tóxicos en el ambiente. Esto reduce significativamente los costos de revestimiento y los hace rentables en áreas muy urbanizadas.

La mayor desventaja podría ser el costo, ya que es un equipo de gran inversión, por lo tanto se debe tomar en cuenta características específicas del proyecto.

La tecnología de las TBM empezó en la segunda mitad del Siglo XIX, simultáneamente de forma independiente en Europa y Norte América. Los inicios no fueron exitosos, excepto el Shakespeare Tunnel en Dover-Reino Unido<sup>9</sup>.

La construcción de túneles con TBM, ha tenido una particular aceptación por ingenieros y constructores. El uso de las TBM, ha incrementado en los últimos 30 años, ya en 1995 se construían más de 200km anuales de túneles usando esta metodología.

Sin embargo, contar con un método TBM para excavación, no garantiza tener excelentes resultados, por tal motivo es necesario realizar un análisis comparativo con otros métodos tales como Perforación & Voladura.

Las prácticamente infinitas combinaciones de rocas, suelo y medio ambiente que se pueden encontrar en la construcción de túneles han provocado que se tenga una gran diferencia en los tipos y características de los TBMs disponibles<sup>10</sup>, con lo cual el uso de las TBM requiere de personal muy capacitado y experimentado que pueda ajustar el uso del equipo a la situación real en obra.

### 3.3.- Comparación entre Perforación & Voladura y TBM

La comparación puede ser hecha en dos campos; uno es la comparación económica y la otra es la comparación de calidad.

Sin embargo, dado que el primero puede resultar muy variable dependiendo de la magnitud del proyecto, nivel organizacional de las empresas, localización, tiempo, etc. En el presente artículo se

hará énfasis en el segundo tipo de comparación.

#### 3.3.1.- Comparación por Calidad

##### Forma de trabajo

La forma de trabajo entre ambos métodos difiere del siguiente modo:

El método de Perforación & Voladura requiere un trabajo cíclico y las actividades incluyen perforación, carguío, voladura, ventilación, desquinche, sostenimiento y eliminación de material. Esto requiere una variedad de habilidades que debe poseer el frente de trabajo para no reducir la productividad.

En contraste, los frentes de trabajo de las TBM desarrollan un trabajo continuo (no cíclico) que facilita el entrenamiento del personal y les permite adquirir habilidades necesarias en menor tiempo.

##### Calidad de excavación

La Tabla 1, muestra la diferencia existente entre la calidad de ambas metodologías de excavación.

#### 3.4.- Futuros métodos de tunelería

¿Que trae el futuro para los tuneleros cuando se habla de la túneles en roca?

Se prevé que por muchos años más, el convencional método de Perforación & Voladura, en una escala global, aun será el método dominante, sobre todo en países donde el costo de equipos es mas importante para el resultado final que el costo de la mano de obra.

La otra gran ventaja de este método es la relativa baja inversión y su flexibilidad debido a que con el mismo equipo, pueden ser hechos diferentes tamaños y formas de túneles, en muchas variedades de condiciones de suelos.

**Tabla 1.** Comparación del Método de Perforación & Voladura y TBM. "Comparing TBMs with drill+blast excavation". Tarjoy, Meter. 1995.

	Perforación & Voladura	TBM
Estabilidad	Dependiendo del tipo de roca perforada, será una solución mecánica o manual. En rocas de mala calidad la aplicación de sostenimiento debe ser inmediata.	Soluciones mecánicas para estabilidad temporal de: Área de frente, alrededor del área de trabajo, atrás del área de trabajo.
Forma	Cualquier forma es posible	No acepta variabilidad. Ideal para transito masivo, túneles hidroenergéticos.
Sobre-excavación	La sobre-excavación es inevitable	Casi eliminación completa de sobre-excavación
Soporte		Se puede reducir hasta un 90%
Operación	Cíclico	Continuo
Voladura	Incrementa la necesidad de soporte y flujo de agua	
Cuadrilla	Requiere tener varias habilidades. La puesta en marcha es menos complicada dado que los equipos son más pequeños.	Trabajos repetitivos, mayor facilidad entrenamiento. Llega a ser una rutina. La puesta en marcha de los equipos es complicada debido al tamaño del equipo.
Estructuras de acceso	Rampas, chimeneas, son necesarias	Podrían eliminarse estructuras de acceso
Aspectos Ambientales	El uso de explosivos genera gases tóxicos como CO <sub>2</sub> , NO, NO <sub>2</sub> .	El problema ambiental va por el lado de la eliminación de desmonte, ya que se usa bentonita o algún cementante similar.

<sup>9</sup> "TBM bored long rock tunnels". Prof. Pelizza, Sebastiano. Institute Tunneling Austrian President 1995-1998.

<sup>10</sup> Pelizza 1998

Se han visto exitosos experimentos con perforación computarizada donde la longitud de voladura se ha extendido de 1.0 a 18.0 metros. Además, se están produciendo nuevos explosivos menos tóxicos, los cuales reducen la necesidad de ventilación y a la vez permite controlar mejor la excavación.

Sin embargo, no es menos cierto que las TBM continuarán creciendo, particularmente en áreas urbanas y en países de alto costo de mano de obra.

### 3.5.- Elección del Sistema de Excavación

Para la elección del sistema de excavación adecuado de deben evaluar varios aspectos:

**Resistencia del terreno:** cuando la roca tiene alta resistencia, el sistema más adecuado es el de Perforación & Voladura, mientras que si la resistencia es media o baja puede emplearse indistintamente voladura o excavación mecánica.

La Fig.10, muestra un criterio generalmente aceptado de excavación mecánica de las rocas en función a su resistencia a la comprensión Simple y de su RQD.

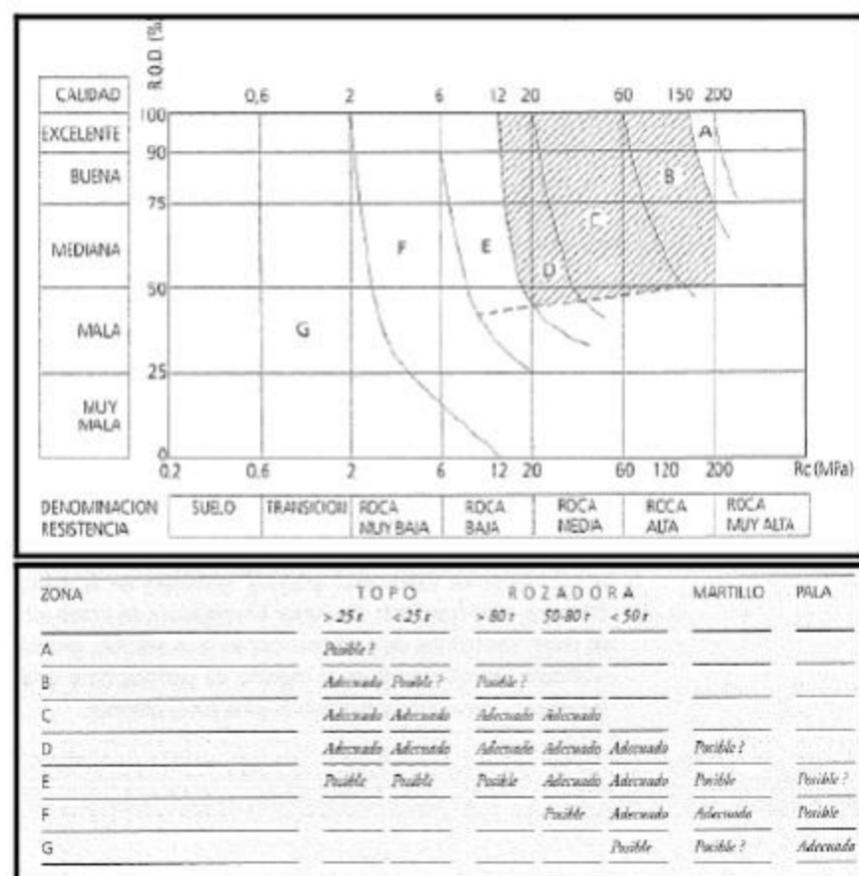


Fig.10. Clasificación de los terrenos respecto a la excavabilidad mecánica (Romana 1993)

**Forma y Dimensiones de Sección:** Las TBM perforarán secciones circulares, sección que en túneles de carretera no es adecuada. Existen TBM con secciones ovaladas pero el costo se incrementa notoriamente, por lo que su uso se limita a terrenos blandos.

CONTENIDO EQUIVALENTE DE CUARZO	CONDICIONES DE EXCAVACIÓN MECÁNICA
<40%	Viable económicamente
40-60%	Possible, los costos crecen con el CEC
60-80%	Possible, Costos altos. Rendimientos reducidos
>80%	Inviabile económicamente

Fig. 11. Escala de Abrasividad. Lauefors- Kihlstrom: "Voladura de rocas", Ediciones URMO, 1968

**Costo de Maquinaria:** La inversión de una TBM es elevada y su inversión resultara rentable en función a la longitud a excavar.

**Vibraciones:** los explosivos producen una excesiva vibración, que los hace inviables en zonas urbanas o próximos a edificios. La forma de poder controlar dichas vibraciones es teniendo un buen control de carga de explosivos y con el uso de retardos.

### 3.6.-Conclusiones

- Mientras el desarrollo de método de Perforación&Voladura, apunta al desarrollo tecnológico de equipos y materiales usados (perforadoras, barrenos, explosivos, etc), las maquinas perforadoras de túneles apuntan a juntar la tecnología en un gran máquina que haga todas las fases de excavación en forma continua y no cíclica.
- La versatilidad del método de Perforación & Voladura para adaptarse a distintas formas de las secciones de excavación, sigue siendo una gran ventaja sobre las TBM.
- El desarrollo de las TBM se hace más notorio en zonas urbanizadas, donde por lo general se encuentran terrenos blandos, ya que permiten menores vibraciones, y controlan los asentamientos de edificaciones.
- La evaluación del sistema de excavación a usar dependerá de las condiciones particulares del proyecto, siendo la sección 3.5, una herramienta para una selección preliminar.
- En el Perú está bastante difundido el uso del método de Perforación & Voladura, tanto en obras civiles y aun mas en obras mineras. En el caso de las TBM, el Proyecto de Traslase Olmos es el único que la usa.

### 3.6.- Referencias

- (1) Baldeón, Diana "Optimización de Perforación Frontal en desarrollo de túneles y galerías". ATLAS COPCO. XV Symposium de Ingeniería de Minas-Universidad de Santiago de Chile. Agosto, 2007.
- (2) Lauefors-Kihlstrom. "Voladura de Rocas". Ediciones URMO, 1968.
- (3) Perri, Gianfranco. "Construcción Mecanizada de Túneles Urbanos Mediante TBM". III Seminario Andino de Túneles. Bogota. Agosto, 2008.
- (4) Prof. Broch, Einar. "Rock Tunneling". Institute Tunneling Austrian President 1986-1989.
- (5) Prof. Pelizza, Sebastiano. "TBM bored long rock tunnels". Institute Tunneling Austrian. President 1995-1998.
- (6) Reynolds, J.M. "Modern Drilling Equipment for Underground Applications". Atlas Copco. Construction and Mining Australia.
- (7) Robles, Nerio. "Excavación y Sostenimiento de Túneles en Roca". CONCYTEC. Lima, 1994.
- (8) Sinha R.S. "Undeerground Structures. Design and Construction". Elsevier, 1991.
- (9) Tarjoy, Meter. "Comparing TBMs with drill+blast excavation". 1995.

# Evaluación de la Performance en Edificios Mediante el Uso de un Sistema de Base de Datos

Jonathan Soto Rosado<sup>1</sup>

**Sinopsis:** El siguiente estudio proviene del análisis de resultados de un sistema de base de datos en Excel, en el cual se ha recopilado información de los problemas post-construcción en 6 edificaciones de uso residencial en la ciudad de Lima durante un período de 1 año (2008). La incidencia de los problemas se obtiene según la cantidad de reclamos dados por los residentes de tales edificaciones, destacándose los relativos a las Instalaciones Sanitarias por ser los que registran el mayor número de reparaciones. Se encuentra además, que la mayor cantidad de problemas por el tipo de causa y por responsable son: el procedimiento constructivo y la subcontrata, respectivamente. Con un panorama de los defectos que se producen podemos evaluar la performance de los edificios en mención y en base a ello contribuir en la toma de decisiones para evitarlos a futuro (acciones preventivas).

**Palabras Clave:** Sistema de Base de Datos; Desempeño de las edificaciones; Evaluación Post Ocupacional; Instalaciones Sanitarias.

## 1. Introducción

En la construcción de Edificaciones se toman en cuenta 3 aspectos importantes que son: Productividad, Calidad y Seguridad; pero muchas veces el aspecto de calidad de un producto y/o servicio queda relegado. A consecuencia de ello, se encuentra una diversidad de problemas después de finalizada la obra, debiendo considerarse un área que esté relacionada con los trabajos posteriores a la construcción llamada "Post-Venta y Mantenimiento", dicha área por concepción solo debería actuar periódicamente como mantenimiento, mas no subsanar lo que se hizo equivocadamente durante la ejecución. Por otro lado, la labor de control e inspección para prevenir la ocurrencia de defectos futuros debió estar a cargo del Área de Calidad del proyecto.

Es así, que un Sistema de base datos puede ser incluido como una metodología aplicable a la evaluación de problemas post-construcción, el cual debe ser utilizado y nutrido con mas información por las personas que intervienen en la construcción (ingenieros, subcontratistas, proveedores), es justamente aquí donde se mostrara si realmente será viable el uso de la base de datos en el tiempo. Ésta es una forma no tradicional de aprender, investigar, y mejorar; partiendo de los errores que comúnmente se producen para finalmente mostrar la incidencia de los problemas y apoyar en la evaluación del porque de las fallas.

## 2. Objetivos

- I. Dar a conocer que es un sistema de base de datos, funciones, tipos y modelos.
- II. Evaluar la aplicación de la base de datos en 6 Edificaciones en la ciudad de Lima.
- III. Mostrar el uso del sistema de base de datos para complementar la acción que realiza el área de Calidad.

## 3. Fundamento Teórico

Un sistema de base de datos es un conjunto de información almacenada que permite un acceso directo y de acciones que gestionan estos datos para posteriormente acceder de forma rápida y estructurada. Surgen a mediados de los años sesenta en 1970 \*Codd propuso el modelo relacional, este modelo es el que ha marcado la línea de investigación por muchos años, ahora se encuentran los modelos orientados a objetos.

### Tipos de base de datos

- a) Según la variabilidad de los datos almacenados.

-Base de Datos estática

Éstas son bases de datos de sólo lectura, utilizadas primordialmente para almacenar datos históricos que posteriormente se pueden utilizar para estudiar el comportamiento de un conjunto de datos a través del tiempo, realizar proyecciones, y almacenar formatos de documentos.

-Base de Datos dinámica

Éstas son bases de datos donde la información almacenada se modifica con el tiempo, permitiendo operaciones como actualización y adición de datos, además de las operaciones fundamentales de consulta. Un ejemplo de esto puede ser la base de datos utilizada en un sistema de información de una tienda de abarrotes, una farmacia, un videoclub, etc.

- b) Según el Contenido.

-Base de Datos Bibliográfica

Sólo contienen un representante de la fuente primaria, que permite localizarla. Un registro típico de una base de datos bibliográfica contiene información sobre el autor, fecha de publicación, editorial, título, edición, de una determinada publicación, etc.

-Base de Datos de Texto Completo

Almacenan las fuentes primarias, como por ejemplo, todo el contenido de las ediciones de una colección de revistas científicas.

### Modelos de Base de Datos

Un modelo de base de datos es básicamente una "descripción" de algo conocido como contenedor de datos (algo en donde se guarda la información), así como de los métodos para almacenar y recuperar información de esos contenedores. Los modelos de datos no son cosas físicas: son abstracciones que permiten la implementación de un sistema eficiente de base de datos; por lo general se refieren a algoritmos, y conceptos matemáticos.

\*Edgar Frank Codd, Científico informático inglés



<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.  
Universidad Nacional de Ingeniería,  
Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: [jsotor@gym.com](mailto:jsotor@gym.com)  
Miembro del IIFIC-UNI  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web: <http://iifc.blogspot.com>;  
<http://www.iifc.edu.pe>

### a) Base de datos jerárquica

Es aquella que almacena su información en una estructura jerárquica según la importancia o el tipo, estas son especialmente útiles en el caso de aplicaciones que manejan un gran volumen de información y datos muy compartidos permitiendo crear estructuras estables y de gran rendimiento. Una de las principales limitaciones de este modelo es su incapacidad de evitar las inconsistencias de datos.

### b) Base de datos de red

Es una gran mejora con respecto al modelo jerárquico, ya que ofrece una solución eficiente al problema de las inconsistencias de datos; pero, aun así, la dificultad que significa administrar la información en una base de datos de red ha significado que sea un modelo utilizado en su mayoría por programadores más que por usuarios finales.

### c) Base de datos relacional

Es el modelo más utilizado en la actualidad, sobre todo en lo concerniente a problemas reales y administrar datos dinámicamente. En 1970, Edgar Frank Codd de los laboratorios IBM en San José (California), consolidó un nuevo paradigma en los modelos de base de datos. Su idea fundamental es el uso de "relaciones", estas podrían considerarse en forma lógica como conjuntos de datos llamados listas. La mayoría de las veces se conceptualiza de una manera más fácil, cada relación como si fuese una tabla que está compuesta por registros (las filas de una tabla), que representarían las listas, y campos (las columnas de una tabla).

En este modelo, el lugar y la forma en que se almacenen los datos no tienen relevancia (a diferencia de otros modelos como el jerárquico y el de red). Esto tiene la considerable ventaja de que es más fácil de utilizar para un usuario esporádico de la base de datos. La información puede ser recuperada o almacenada mediante "consultas" que ofrecen una amplia flexibilidad y poder administrar la información (Figura 1).

Primary Key	Código	Nombre	Apel	Ape2	Depart	Foreign Key
	1	Juan	García	García	1	
	2	Pepe	García	Sanchez	1	
	3	Carlos	Sanchez	Sanz	3	
	4	Ana	Sanz	Lopez	3	
	5	Juana	Fernandez	Lopez	2	
	6	Lucía	Gomez	Lozano	1	
	7	Pablo	Lozano	García	3	
	8	Pedro	Heras	Gomez	4	
	9	Tomas	Alonso	Santos	5	

Figura 1. Ejemplo de una base de datos relacional

De esta manera las que mejor se relacionan en el área de la Construcción son las bases de datos dinámicas, por ser modificables en el tiempo debido a la experiencia acumulada, por tanto es la recomendada a usar y en cuanto al modelo relacional, es adecuado por tener campos, registros que al intersectarse presentan una detallada información específica.

#### Ventajas del uso del sistema de base de datos

- Independencia de Datos y Tratamiento.  
Un cambio en los datos no implica un cambio en los programas y viceversa (Menor costo de mantenimiento).
- Coherencia de Resultados.

Reduce la redundancia (acciones lógicamente unidas, se evita inconsistencia).

- Mejora en la disponibilidad de Datos.  
No existe un dueño de los datos pero si se puede restringir el uso y se guarda la descripción.
- Cumplimiento de ciertas normas.  
Restricciones de Seguridad tanto para usuarios como para las operaciones.
- Otras ventajas.  
Más eficiente gestión de almacenamiento.

#### Desventajas del uso del sistema de base de datos

- El tiempo que se demora en ingresar los datos de costos al sistema de base de datos sufre un considerable retraso, porque las facturas se reciben varios días después que se hayan culminado la reparación y a menudo pasan semanas para que estas puedan quedar cerradas.
- Al ser de uso manual, está sujeto a errores humanos.
- Es muy caro el personal de oficina para que solo realice ingreso de datos y análisis de resultados, ya que cualquier esfuerzo para obtener más datos necesita de más personal.

### 4. Aplicación de la base de datos en edificaciones.

El estudio realizado incluye la recopilación de la información de los problemas post-construcción en edificaciones del tipo residencial (viviendas) en la ciudad de Lima, Perú; durante aproximadamente 1 año y 3 meses desde el 2008. El sistema de base de Datos desarrollado posee registros los cuales son las observaciones realizadas por los propietarios durante el tiempo de toma de datos, cabe resaltar que los requerimientos hechos por los propietarios han sido analizados si es que realmente el origen del problema ha sido por una deficiencia de diseño o malas prácticas constructivas, mas no por el mal uso del propietario o la falta de mantenimiento.

Para la investigación se consideraron Proyectos de Edificaciones de uso residencial, las cuales se clasificaron en el siguiente cuadro:

Edificación	Uso	UI	# Pisos
Edificación 1 (2007*)	Residencial	55	7 (3Torres)
Edificación 2 (2005*)	Residencial	33	15 (1Torre)
Edificación 3 (2004*)	Residencial	149	8 (7 Torres)
Edificación 4 (2007*)	Residencial	213	18 (3Torres)
Edificación 5 (2005*)	Residencial	38	19 (1Torre)
Edificación 6 (2008*)	Residencial	33	17 (1Torre)

Cuadro 1. Edificaciones Residenciales

\* Año en el que se finalizó la construcción de la Edificación.

UI: unidades inmobiliarias o viviendas.

Algunas de las Edificaciones Residenciales tienen gran cantidad de unidades inmobiliarias debido al número de torres que posee.

El registro de los requerimientos dados por los propietarios han sido ingresados en 2 partes: la primera, es el ingreso de datos informativos; y la segunda, el ingreso de datos del problema que se ingresan posterior a la inspección del problema.

**CAMPOS**



Pos	Fecha	Estado Req	Nombre del Proyecto	Torre	Dpto.
1	29/12/2008	Cerrado	A	1	201

Figura 2. Campos Informativos

En los campos informativos se autogenera inmediatamente el número del registro al ingresar los datos, y se coloca el estado en el que se encuentra el pedido, los cuales pueden ser: No procede la atención, atención pendiente, atención en proceso, Cerrado el trabajo; se así que se muestra la variabilidad que posee esta base de datos y lo cambiante que es, en el tiempo (Figura 2).

**CAMPOS**



Categoría	Detalle del Requerimiento	Criticidad	Causa	Responsable	SC de Obra Responsable
Sellado	Sellar encuentro entre contra zócalo y tablero de mármol del sh. Principal	No Emergencia	Instalación	Responsable de Acabados	----- -----

Figura 3. Campos de Detalle de la Inspección

En los campos de detalle de la inspección se da énfasis al estudio del Problema comenzando por la categoría elegida para encontrar la posible causa, si ha sido por un error de diseño, mal procedimiento constructivo, material defectuoso, o ambos, y mantenimiento; en lo que concierne a los responsables está dividido en Responsable de Acabados, Estructuras e Instalaciones, Cliente - Usuario, Subcontrata y No aplica responsable (Figura 3).

En base a estos 2 campos anteriormente mencionados obtenemos una serie de resultados, los cuales son: Categorías con frecuencia acumulada a la fecha, Nivel de Incidencia de los Tipos de Causas de los Problemas y Nivel de Incidencia por Tipo de Responsable.

**En el Cuadro 3.** Se muestra 1440 requerimientos solicitados los cuales todos han sido aceptados por ser deficiencias propias del contratista, lo resaltante son los problemas en Pintura, Enchapes, Fisuras, Carpintería de Madera, Instalaciones Sanitarias (incluido Aparatos Sanitarios y griferías), entre otras. También se puede elegir el periodo de ocurrencia de las fallas (parte superior

del Cuadro 3), los resultados mostrados en esta investigación se utilizó todo el tiempo de toma de datos.

Rótulos de fila	Cuenta de Categoría Inspección
Enchapes	110
Carp. Aluminio	54
Carp. Madera	83
Carp. Metálica	30
Eq. Individual	17
Estructuras	1
Inst. Eléctricas	81
Inst. Especiales	7
Inst. Sanitarias	105
Mármol / Granito	21
Muebles de Cocina	15
Otros	44
Pintura	158
Sist. Contra Incendios	2
Tabiquería	2
Telecomunicaciones	5
Vidrios	16
Sellado	58
Pisos de Madera	87
Closets	65
Fragua	20
Albañilería	70
Grifería	33
Cerrajería	30
Pintura Carpintería de Madera	20
Pisos Vinílicos	5
Alfombra	10
Drywall	9
Pisos Laminados	2
Limpieza	44
Filtraciones / Fraguado	28
Equipo individual	13
Fisuras	99
Aparatos Sanitarios – accesorios	92
Accesorios de Baño	19
Pintura Carpintería Metálica	1
Cielo Raso	1
<b>Total general</b>	<b>1440</b>

Cuadro 3. Cantidad de Reclamos

El ratio de reparaciones realizadas está alrededor de 3 por día en promedio, lo cual nos muestra la magnitud en número de veces que a su vez conlleva al tiempo que demanda la reparación.

Haciendo un agrupamiento de las categorías de inspección del Cuadro N°3, se ha elaborado un Diagrama de Pareto tomando en cuenta que la escala de medición usada es la frecuencia de las reparaciones de problemas en las 6 edificaciones analizadas de donde obtenemos el Cuadro N°4.



Cuadro N°4 Diagrama de Pareto

Claramente se aprecia que los porcentajes acumulados en la curva mostrada tienen un punto de inflexión a la altura de la categoría Carpintería de madera al 51%, es hasta donde se consideran los pocos elementos que más influyen en los problemas.

Es relevante acotar que las Instalaciones Sanitarias complementariamente con los aparatos sanitarios y griferías son las categorías que presentan una mayor frecuencia de problemas observados, siendo además los que requieren más actividades para su reparación. Las actividades de reparación. Todo esto representa un mayor consumo de Horas Hombre.

En el Cuadro 5, observamos que el mayor porcentaje de errores se han dado por las malas prácticas usadas en la ejecución de las edificaciones (33.26%) esto radica por la premura de desarrollar las labores en obra y no tomar en cuenta las especificaciones técnicas designadas, seguidamente el material que no cumple con un estándar mínimo de calidad. Finalmente el mantenimiento necesario para la vida útil de un material o un sistema juega un papel importante con 14.83% de las causas de las fallas.

Periodo de Gestión	(Varios Elementos)
Tipo de Cliente	Proy. Edificaciones
<b>Rótulos de fila</b>	<b>Cuenta de Causa</b>
Diseño / Ingeniería	2.45%
Instalación	33.26%
Instalación + Material	28.01%
Material	10.66%
Fenómeno Físico Químico	10.80%
Mantenimiento / Uso	14.83%
<b>Total general</b>	<b>100,00%</b>

Cuadro 5. Nivel de Incidencia por Tipo de Causas

Dentro de cada uno de los tipos de causas se asume la responsabilidad del contratista, inmobiliaria (según sea el caso), la subcontrata y el propietario.

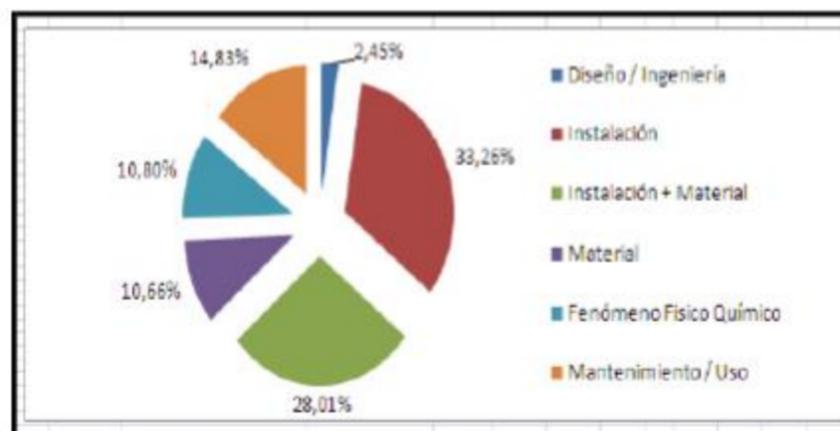


Gráfico 1. Nivel de Incidencia por Tipo de Causas

En cuanto a los tipos de responsables, en el Cuadro N°6 las subcontratas tienen un elevado 35.66% ocasionado por la poca o ninguna supervisión, y es justamente la que menor tiempo de garantía da a sus labores; unido al costo que sobre pasa los niveles esperados.

Periodo de Gestión	(Varios Elementos)
Tipo de Cliente	Proy. Edificaciones
<b>Rótulos de fila</b>	<b>Cuenta de Causa</b>
Responsable de Estructuras	2,88%
Responsable de Acabados	29,83%
Sub Contrata	35,66%
Inmobiliaria	4,61%
Cientes / Usuario	10,23%
No Aplica Responsable	15,49%
Responsable de Instalaciones	1,30%
<b>Total general</b>	<b>100,00%</b>

Cuadro 6. Nivel de Incidencia por tipo de Responsable

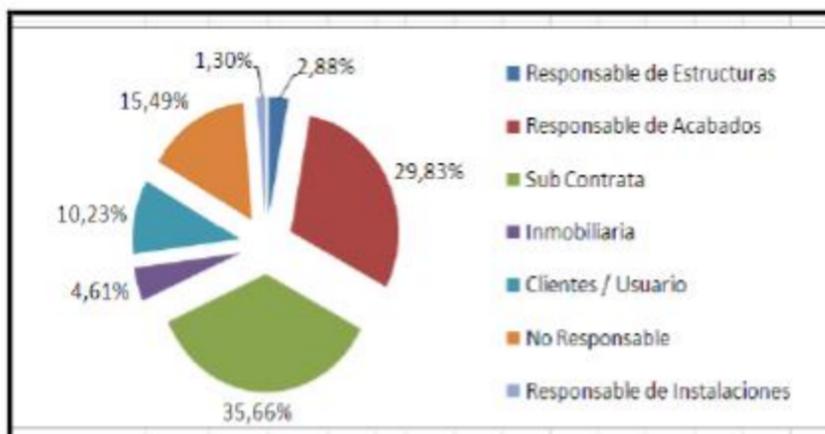


Gráfico 2. Nivel de Incidencia por Tipo de Responsable

Además tener en cuenta que los Responsables de Acabados por parte del contratista han incidido en problemas como: pisos de madera levantados, mal sellado en las puertas, pintura interior y exterior deficiente en su mayoría. El responsable de las Instalaciones llamase Eléctricas, Sanitarias y Electromecánicas tiene un bajo porcentaje de incidencia en la cantidad de los problemas encontrados, lo cual no significa que exista pocas deficiencias en estas categorías, sino que en la mayoría de los casos han sido realizados por subcontratas, como se muestra en el Gráfico 2.

Basándonos en que el mayor porcentaje de causas en los problemas es la Instalación; podemos concluir que la calidad y desempeño de las edificaciones está directamente relacionado con el control de calidad (puntos de inspección) que se observe en la ejecución de la Obra. Esta investigación da un amplio panorama de las categorías que se deben priorizar mediante los protocolos de calidad pertinentes; sin embargo, es posible la implementación de los protocolos de calidad orientados a controlar los aspectos analizados en el estudio.

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

- En base a la investigación realizada, se destaca la importancia del uso del sistema de base de datos para la obtención de resultados, tanto por su dinamismo en el ingreso de información y por su fácil uso.
- La Evaluación post construcción es posiblemente un camino para mejorar la calidad de la construcción en edificaciones y de manera especial para prevenir los errores en la etapa de diseño y ejecución de un proyecto de edificación.
- Se han manifestado diversos deterioros prematuros debido a defectos en el diseño y construcción en las Edificaciones Residenciales; el tiempo promedio en aparecer las fallas, terminada la construcción fue de 2 años.
- Se han podido identificar los errores recurrentes y dar posibles causas, pero se recomienda realizar un estudio a profundidad de los problemas (Diagrama Causa – Efecto), ya que se han citado posibles causas desde una percepción final del producto y/o servicio que no necesariamente es la correcta.
- Es recomendable el aseguramiento de las tareas de supervisión y el cumplimiento de las acciones en Obra, ya que el estudio muestra que el 34.01% es responsabilidad del contratista (Responsables Estructuras, Acabados e Instalaciones) e inclusive las Subcontratas tiene un mayor porcentaje llegando a un 35.66%.
- En el Cuadro N°4, se observó que: Pintura, Enchapes y Carpintería de Madera son las categorías de inspección con más incidencia en los problemas post- construcción conjuntamente con las instalaciones sanitarias, es por ello que se recomienda un estudio de ellos por sumar el 51% de los problemas.

## Referencias

Artiles, Dora María y Olivera, Andres (2007), "Calidad y desempeño durable de las viviendas. La percepción de sus residentes, Cuba.

Foliente, Greg (2000), "Developments in Performance-Based Building Codes and Standars" Forest Products Journal Vol5 N°7,8

Pérez Mínguez, Juan y Sabador Moreno, Antonio (2004), "Calidad del Diseño de la Construcción", Primera Edición, Madrid.

# Gestión de Pérdidas y Desperdicios en el Uso del Concreto Premezclado en Obras de Edificaciones de Gran Altura

<sup>1</sup>Ronal Freddy, Torres Rodríguez

**Resumen:** El objetivo principal de este artículo es mostrar las causantes de desperdicio, y la cantidad de concreto premezclado desperdiciado durante el proceso de vaciado de elementos estructurales en edificaciones de gran altura, como es el caso del Hotel Libertador, donde la logística de trabajo requiere de un vaciado rápido y seguro. Se muestra además los sub procesos que involucran pérdidas por diferentes factores como: planeamiento, logística y operación.

**Palabras Clave:** Concreto premezclado, desperdicio, bombeado, vaciado.

## Introducción

Soibelman, 1993. Define que el desperdicio ocurre "si un recurso se usa de más y no está generando un valor agregado o un valor al producto final". De otro Alarcón (2002), define como pérdidas a "todo lo que sea distinto de los recursos mínimo absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesario para agregar valor al producto". En diversos países del mundo se vienen desarrollando investigaciones sobre las pérdidas de materiales, mano de obra y equipos en obras de edificación, estas pérdidas son consideradas muchas veces como desperdicios dentro de la obra, es así que este artículo presentará algunos alcances sobre los desperdicios en el uso del concreto premezclado en obras de edificación.

Actualmente sobre todo en las grandes ciudades, presenciamos el auge de la construcción de edificios más altos, lo cual nos ha llevado a nosotros los ingenieros a la búsqueda de una mayor velocidad, exactitud y eficiencia en los costos de la colocación del concreto, puesto que cada vez con mayor exigencia, los propietarios requieren a los constructores acortar los tiempos de la terminación de las obras. Junto con este requerimiento también se ha incrementado la demanda del concreto premezclado y la necesidad inevitable de cuantificar el desperdicio de este material, ya que su alto costo por metro cúbico lo amerita, por lo que surge como alternativa de solución el estudio de una mejora en la tecnología de su distribución.

## Escenario de la Investigación

La obra estudiada será uno de los edificios más altos del distrito de San Isidro, en esta obra sólo se está construyendo la superestructura, es decir columnas, placas, vigas y losas macizas. En esta obra todo el concreto utilizado es premezclado y colocado mediante bombas telescópicas (pluma), bombas estacionarias y, eventualmente con torre grúa y balde metálico con compuerta de descarga de  $0.75\text{m}^3$ , donde se vacían diariamente en promedio  $50\text{m}^3$  de concreto premezclado.



Obra: HOTEL LIBERTADOR	Sótanos:	04 niveles
- Uso: HOTEL	Torre:	30 Pisos
- Área Terreno: 7,618 m <sup>2</sup>	Podio:	4 pisos
- Altura Torre: 118 m	Área construida:	71,060.95

## Objetivo General

- Mejorar los Procesos Constructivos que generan pérdidas directas e indirectas en el proceso de vaciado del concreto premezclado.

## Objetivos Específicos

- Estudiar qué procesos dentro del vaciado del concreto repercuten en la productividad de esa cuadrilla y establecer alternativas de mejora.
- Determinar la cantidad de concreto premezclado sobrante en una jornada de vaciado, para así determinar ratios de desperdicio.
- Estudio del Nivel General de Actividades de la cuadrilla de concreto.

## Justificación

La investigación se realizó en una obra de edificación que tiene un presupuesto elevado del cual se identificó la incidencia en costos del concreto premezclado.

En esta obra los materiales más predominantes del presupuesto son: acero, concreto premezclado y el encofrado, en el cuadro adjunto observamos que el concreto representa el 30% del presupuesto, lo que justifica la necesidad de investigar sobre su distribución y adecuada colocación para minimizar los desperdicios del concreto.



<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil.  
Universidad Nacional de Ingeniería,  
Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: [rtorresr@uni.pe](mailto:rtorresr@uni.pe) ; [roffreddy\\_8@hotmail.com](mailto:roffreddy_8@hotmail.com)  
Cel.:999407461

Miembro del IIFIC-UNI  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web: <http://iific.blogspot.com>;  
<http://www.iific.edu.pe>



Gráfico N°1: Incidencia del costo del concreto premezclado en el presupuesto.

## Antecedentes

1. **Soibelman 1993**, Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), se inició el primer proyecto de investigación en desperdicios en la industria de la construcción brasilera. El objetivo principal del estudio era analizar las principales causas del desperdicio de materiales en la construcción. Siete materiales de construcción fueron monitoreados en cinco diferentes obras durante un periodo de entre cinco y seis meses.

Material	Principales causas
<b>Concreto premezclado</b>	Diferencias entre la cantidad entregada y la solicitada
	Uso de equipos en mal estado
	Errores de cubicaje
	Dimensiones mayores a las proyectadas
<b>Mortero</b>	Uso excesivo de mortero para reparar irregularidades (el consumo fue 89% mayor)
	Presencia de sobrantes diarios, los cuales debían ser eliminados
<b>Ladrillos huecos</b>	Malas condiciones en el recibo y almacenamiento de los ladrillos
	Modulación nula, lo que trae como consecuencia la necesidad de cortar las unidades
<b>Cemento</b>	Valen las mismas observaciones que para el mortero respecto al uso excesivo
	Rotura de bolsas en el momento de recibir el material
	Almacenamiento inadecuado del material
<b>Arena</b>	Inexistencia de contenciones laterales para evitar dispersión de material.
	Manipulación excesiva antes de su uso final.

Tabla N°1: Principales causas de las pérdidas. UFRGS- Brasil. Soibelman, 1993.

2. **Pinto 1989**, Universidad de San Carlos, sus resultados se basan en sólo una obra, pero fue el primero en mencionar que el desperdicio indirecto, o sea, material incorporado innecesariamente puede ser aún mayor que el desperdicio directo o escombros.

Material	Desperdicio Real (%)	Desperdicio Ppto (%)
Madera (en general)	47.5	15
<b>Concreto premezclado</b>	<b>1.5</b>	<b>5.0</b>
Acero CA 50/60	26.0	20.0
Sellos	13.0	5.0
Cemento CP 32	33.0	15.0
Cal Hidratada	102.0	15.0
Arena lavada	39.0	15.0
Mortero	86.5	10.0
Cerámica (pared)	9.5	10.0
Cerámica (piso)	7.5	10.0

Tabla N°2: Porcentaje real de desperdicio de materiales. Pinto, 1989

Al igual que en otros países latinoamericanos, en Brasil hasta 70% del costo de la obra lo representa el de los materiales; por lo tanto, si se controla el desperdicio se controlará un gran porcentaje del costo total de la obra.

## 3. Referencias de otros países del sistema de vaciado de concreto premezclado (Referencia: Revista Cemento. Año I, N° 2. Diciembre - enero de 1995)

En Argentina, los medios de colocación del concreto que se emplean son:

- Guinche con balde metálico de 75 lts (0.075 m<sup>3</sup>) y distribución con bugui hasta el lugar de colocación, con un rendimiento práctico de 8 a 10 m<sup>3</sup>/h.
- Torre grúa, para transporte vertical y horizontal, en baldes con compuerta de descarga de 750 lts. (0.75m<sup>3</sup>), cuyo rendimiento práctico es de 10 a 12 m<sup>3</sup>/h.
- Bomba de concreto estacionaria, con cañería fija. El rendimiento práctico está entre 20 y 30 m<sup>3</sup>/h.
- Bomba de concreto con pluma con manguerote de distribución, cuyo rendimiento práctico es 30 a 40 m<sup>3</sup>/h.

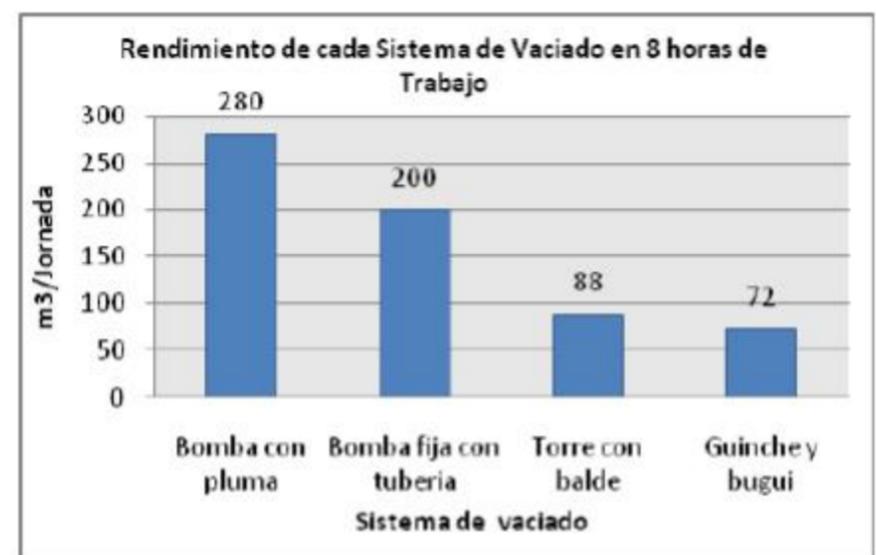


Gráfico N°2: Rendimiento de cada sistema, Revista Cemento. Año, 1995

Se muestra un gráfico comparativo del rendimiento estimado en horas hombre por m<sup>3</sup> de concreto transportado, colocado y terminado para cada uno de los sistemas mencionados.

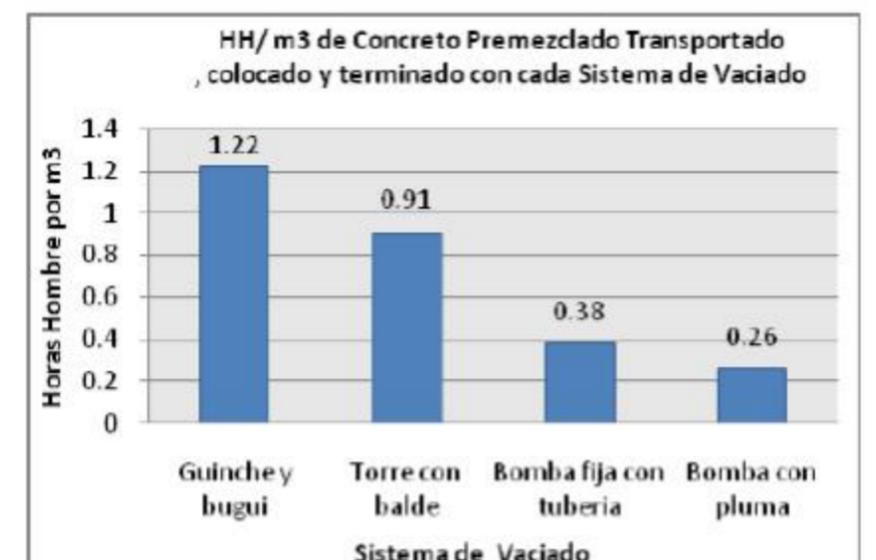


Gráfico N°3: Comparativo del rendimiento estimado en HH/m<sup>3</sup> de concreto transportado, colocado y terminado para cada uno de los sistemas mencionados, Revista Cemento. Año, 1995.

Del gráfico anterior, se puede evidenciar que el rendimiento en horas/hombre por m<sup>3</sup> es notablemente menor al utilizar los equipos de bombeo frente a otras alternativas. Esto acompañado de su efectividad debido a la tecnología que poseen los equipos actuales, hacen que el bombeo de concreto sea realmente una alternativa sumamente ventajosa a la hora de decidir su utilización.

Sin embargo, actualmente no todas las empresas proveedoras de concreto premezclado poseen equipos de última generación, pues sólo una empresa del medio se encuentra en condiciones de facilitar el servicio de bombeo para obras de gran altura, además de poder brindar el asesoramiento técnico especializado necesario para su mejor desempeño.

### Definiciones entorno al proceso de vaciado

#### a) Bombeo del concreto

En la medida que la necesidad de un equipo eficiente ha crecido, la industria del bombeo ha respondido favorablemente y las bombas modernas en sí mismas han jugado un papel muy importante en la calidad del concreto premezclado, hasta elevarla muy por arriba de otros materiales de construcción. Esto se debe en gran medida a que el bombeo asegura un flujo continuo y predecible del concreto permitiendo el control preciso de la dosificación, dando como resultado una opción suave y fluida que maximiza la utilización de la mano de obra durante el proceso de construcción. Las grandes capacidades de producción del equipo avanzado de bombeo han puesto a la bomba en una categoría relevante. Dicho de manera simple, no existe otro método que pueda poner tanto concreto en su lugar tan rápidamente hasta 150 m<sup>3</sup>/hr y tan económicamente como una bomba. La colocación con una bomba de concreto garantiza que las cuadrillas de trabajadores tengan un buen desempeño a un ritmo efectivo y continuo, reduciéndose simultáneamente el tiempo total de descarga desde las mezcladoras de camión hasta 65 m<sup>3</sup>/hr (lo que está por mucho dentro de las capacidades de una bomba moderna).

#### b) Maquinaria involucrada en el proceso de vaciado

El equipo para la distribución del concreto forma parte sin duda de la cadena generadora de desperdicios en el concreto, ya que su rendimiento y puesta en obra en la hora solicitada implicarán en las pérdidas de mano de obra. Es así que en el mercado tenemos desde camiones mixer hasta los dosificadores móviles (Carmix), que permiten mezclar cualquier tipo de concreto; lo que hace posible su colocación mediante equipos que permiten librar obstáculos de accesibilidad y elevación.

En la Obra estudiada se utilizaron las siguientes maquinarias:

- **Camión Mixer**  
Unidad con capacidad para transportar 7, 8 ó 9 m<sup>3</sup> de concreto premezclado, siendo el más común el de 8m<sup>3</sup>.
- **Bomba Pluma**  
Unidad móvil para el bombeo de concreto premezclado. Longitudes de pluma existentes: 16, 22, 28, 32, 34 y 36 metros de alcance vertical.
- **Bomba Estacionaria**  
Unidad fija para el bombeo de concreto premezclado con capacidad efectiva entre 20 y 30 m<sup>3</sup> por hora (valores reales de obra).
- **Torre Grúa**  
Torre con una pluma que cubre toda el área de la obra, y que mediante un balde metálico de 0.75 m<sup>3</sup> de capacidad, realizan el vaciado de elementos verticales.
- **Power bugui**  
Unidad para accesos restringidos, con capacidad para transportar 1m<sup>3</sup> de concreto premezclado.

## Identificación de causas de pérdidas y desperdicios

### 1. Actividades Críticas en el proceso de vaciado

- Desarmado de tuberías
- Armado de tuberías
- Traslado de manguera de distribución
- Limpieza de tuberías
- Reutilización del concreto contenido en las tuberías
- Espera mientras se cambia de mixer
- Hora del refrigerio se cruza con la hora de vaciado, por lo que la cuadrilla disminuye su personal en consecuencia el rendimiento del vaciado disminuye.

### 2. Incidencia de causantes de desperdicio

De un estudio realizado en Hong Kong, se analizaron las causas por las cuales se desperdician algunos materiales de construcción, como el concreto premezclado, acero, cemento, ladrillos y cerámicas, en obras de edificación. De esta investigación se llegó a conocer los motivos por el cual se desperdicia más estos materiales. En el gráfico adjunto se muestran las causas de desperdicio del concreto premezclado. Donde el causante de mayor incidencia es el **pedido en exceso**, que representa el **51 %** de las causantes, por lo que se analizará esta actividad para reducir los las pérdidas y desperdicios del concreto.

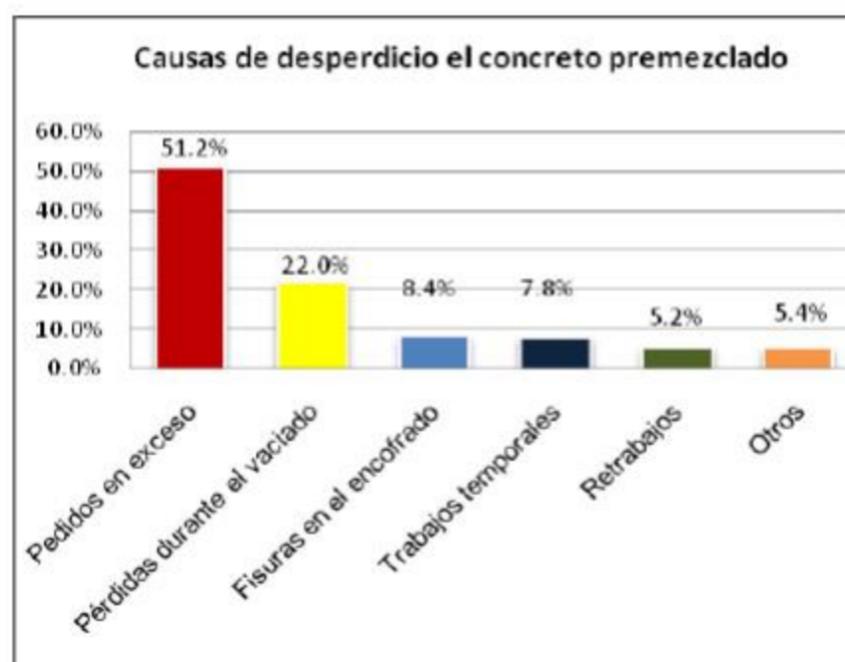


Gráfico N°4: Incidencia de las causantes de desperdicio del concreto premezclado, Ref.: Politécnica de Hong Kong, 1993.

3. Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

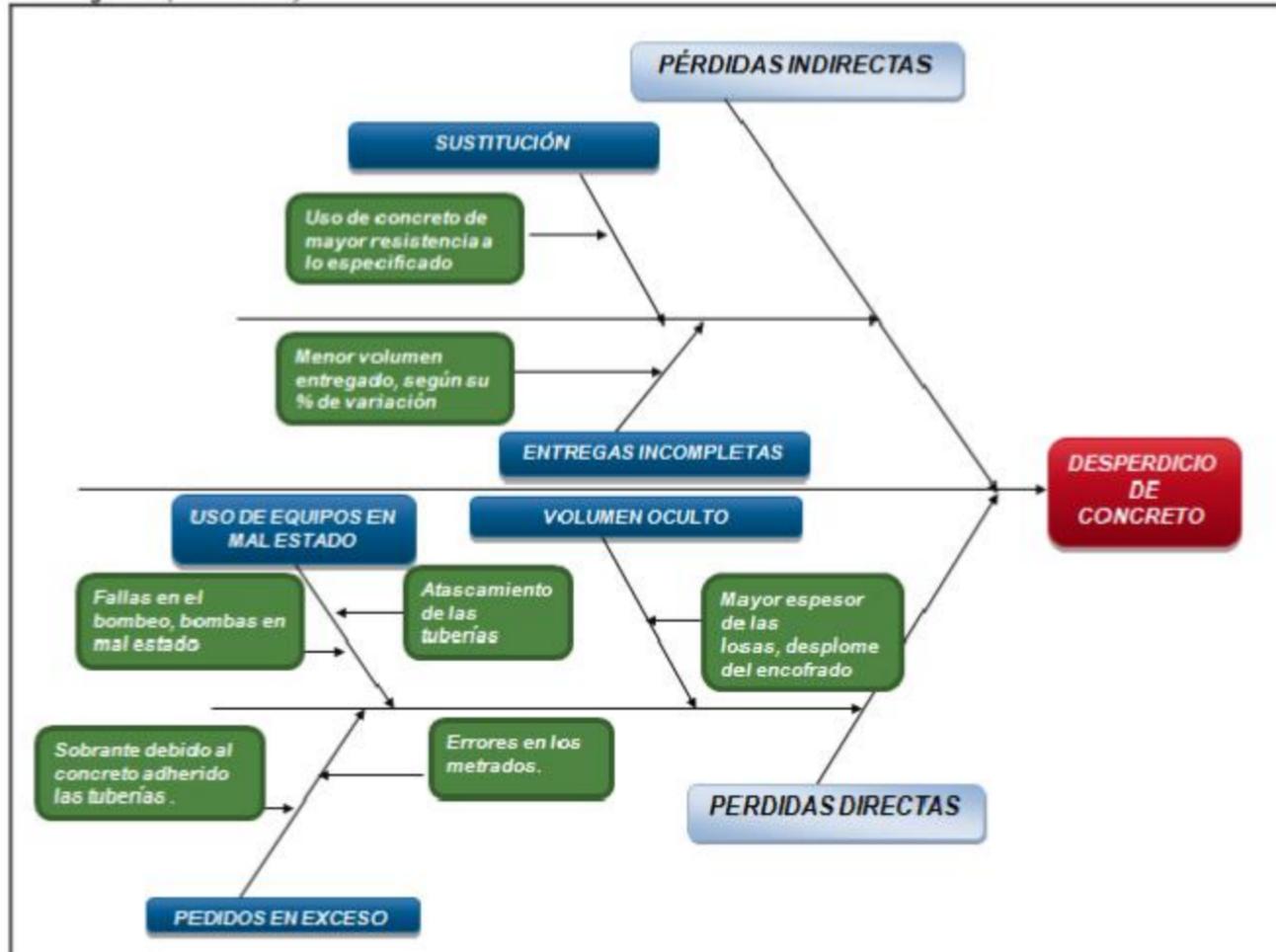


Gráfico N°5: Diagrama de Ishikawa

4. Diagrama de Flujo

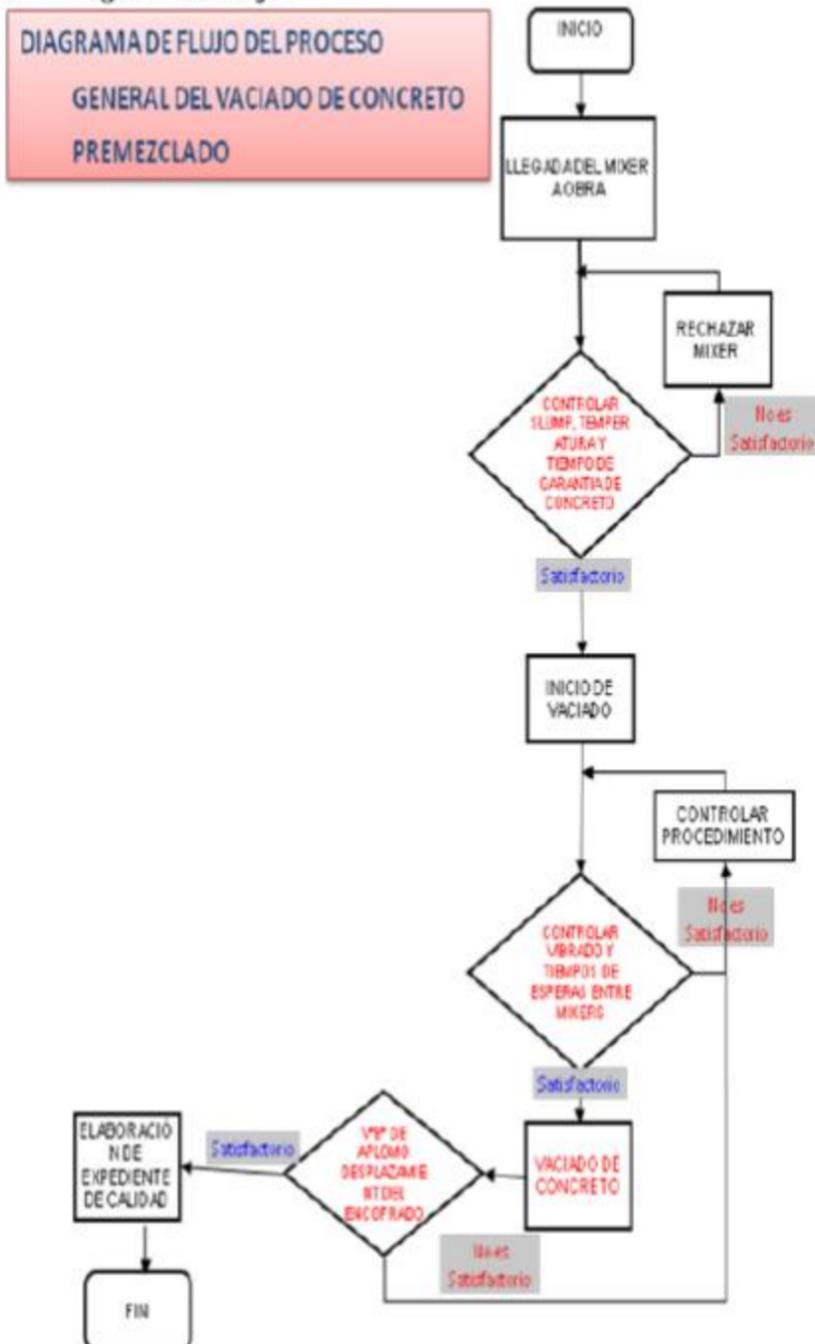


Gráfico N°6: Diagrama de flujo General

5. Identificación de pérdidas y desperdicios en el proceso de vaciado

a) Vaciado de Losas

En el proceso de vaciado intervienen 6 obreros de la cuadrilla de concreto y 3 obreros del proveedor de concreto, estos últimos se encargan de la limpieza de las tuberías y maniobrabilidad de la manguera de vaciado.

El motivo más común de concreto sobrante es el concreto contenido en las tuberías. Por ejemplo, después del vaciado de losas del piso 26, el concreto contenido en las tuberías llega a medir hasta 1 m<sup>3</sup>, que es recolectado en el cajón de madera de ½ m<sup>3</sup> de capacidad en el nivel creó, o directamente al balde metálico, el cual dependiendo del horario y la planificación puede ser reutilizado en otro frente de trabajo, devuelto al mixer o puesto a secar para botarlo como desmonte.



Foto N°1: Vaciado de concreto en losas macizas

**b) Vaciado de Columnas y Placas**

Los causantes de pérdidas son:

- Mano de obra excesiva de la cuadrilla, debido a que no hay acabados (planchado y reglado).
- Limpieza de tuberías.
- Reutilización del concreto
- Desarmado y armado de tuberías.
- Traslado de Manguera.
- Desplome de los encofrados.

Por cada tramo de tubería que se limpia se recolecta 1 ½ baldes de 12 lt. equivalente a **0.018m<sup>3</sup>** de concreto, que es reutilizado en las columnas o placas.



Foto N°2: Vaciado de concreto en columnas

**Resultados**

**Índices de Desperdicio:**

En el cuadro adjunto se observa la cantidad total de concreto premezclado sobrante medidos desde el 20/04/09 al 25/07/09 del presente año. El Concreto sobrante es producto del vaciado en estructuras tales como: columnas, placas, vigas, escaleras y losas macizas. Además se puede observar que en éste periodo de medición, el concreto que más sobró fue el de F'c=280 Kg/cm<sup>2</sup>.

RESUMEN POR RESISTENCIA TyP				
f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Total Metrado (m <sup>3</sup> )	Total Solicitado por resistencia (m <sup>3</sup> )	Total Colocado por resistencia (m <sup>3</sup> )	Sobrante (m <sup>3</sup> )
Concreto F'c= 420 Kg/cm <sup>2</sup>	1241.00	1288.00	1278.00	10.00
Concreto F'c= 350 Kg/cm <sup>2</sup>	203.50	216.50	214.50	2.00
Concreto F'c= 280 Kg/cm <sup>2</sup>	3525.50	3706.00	3637.50	68.50
Concreto F'c= 210 Kg/cm <sup>2</sup>	951.00	997.00	986.00	11.00
Concreto F'c= 20 Kg/cm <sup>2</sup>	13.00	13.00	13.00	-
<b>Total Concreto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>5,934.00</b>	<b>6,220.50</b>	<b>6,129.00</b>	<b>91.50</b>

Gráfico N°7: Sobrante por Resistencia

De éste cuadro se obtienen los siguientes ratios:

RATIOS	%
Desviación con Presupuesto	4.83%
Desperdicio	1.47%

(Total solicitado/Total Metrado)-1  
1-(Total colocado/ Total solicitado)

Gráfico N°8: Ratios de Desperdicio y desviación con presupuesto

**Medición del nivel de actividades del vaciado de concreto**

**Losas macizas:**

TP	V	Vaciado de concreto
	RN	Reglado Nivelado del concreto
	VR	Vibrado de concreto
	PL	Lamdeo para distribuir el concreto
TC	DS	Desmontaje de la tubería para acortar el tramo
	ES	Emsamble de nueva tubería
	TT	Traslado de tubería otro nivel
	RT	Rastrille de concreto
TNC	E	Espera mientras se cambia de mixer
	O	Sin hacer Nada
	D	Paseos
	TH	Traslado de herramientas
	N	No presente

Tabla N°3: Actividades del vaciado de Losas macizas

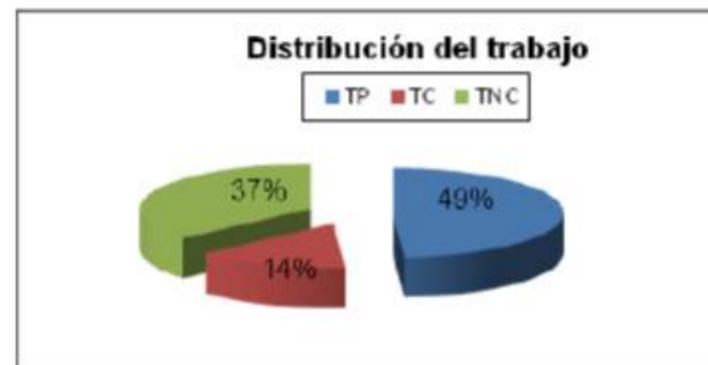


Gráfico N°9: Distribución de trabajo del vaciado de Losas Macizas

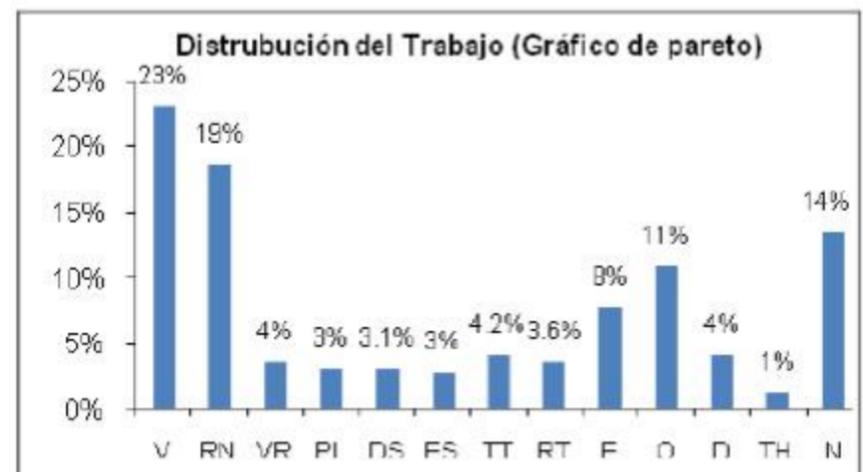


Gráfico N°10: Diagrama de Pareto del vaciado de Losas Macizas

**Columnas:**

TP	V	Vaciado de concreto
	VR	Vibrado del concreto
TC	DS	Desmontaje de la tubería para acortar el tramo
	LT	Limpieza de tubería desamblada
	ES	Emsamble de nueva tubería
	TM	Traslado de manguera de vaciado
TNC	E	Espera mientras se cambia de mixer
	TT	Traslado de tubería
	D	Descanso
	TH	Traslado de herramientas

Tabla N°4: Actividades del vaciado de Columnas

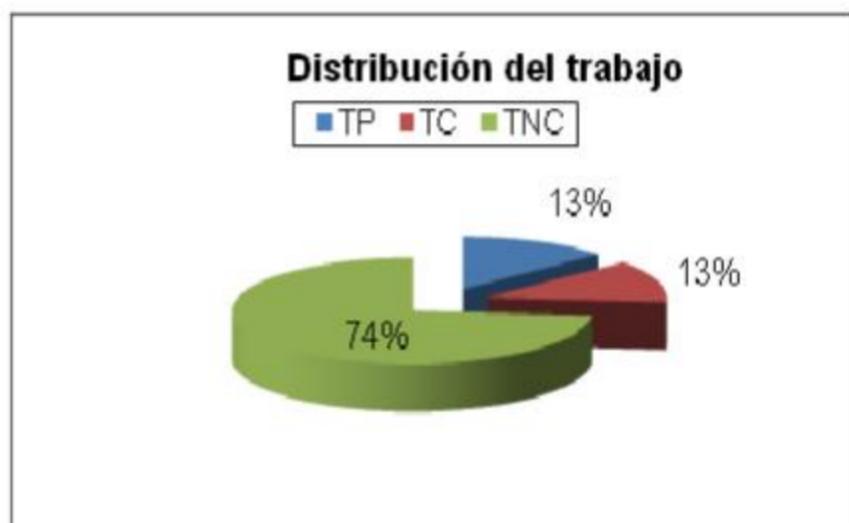


Gráfico N°11: Distribución de trabajo del vaciado de Columnas

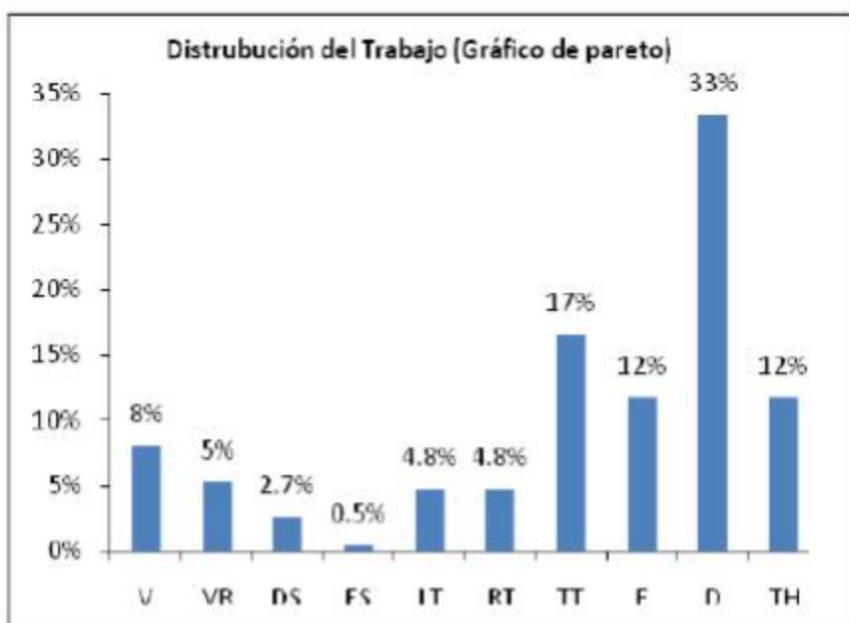


Gráfico N°12: Diagrama de Pareto del vaciado de Columnas

### Solución Tecnológica

Las actividades que demandan demora en el vaciado de concreto son el armado y desarmado de las tuberías por donde se bombea el concreto. Ante esto surge como solución tecnológica, el uso de la "PLUMA DE DISTRIBUCION".

Esta maquinaria funciona apoyada en una torre y distribuye el concreto con una pluma que puede girar 360°, con un alcance horizontal que dependerá de las áreas que se quiera cubrir en el vaciado.



Foto N°3: Pluma distribuidora de Concreto HG32 Putzmeister

Beneficios de este nuevo sistema de vaciado:

- Apropriada para edificios de grandes alturas y grandes áreas.
- Gira 360 grados y las plumas tienen longitudes variables.
- Los vaciados a grandes alturas ya no se deben hacer con las grúa torre ya que los tiempos de subida y bajada del balde son excesivos.
- Los vaciados con bombas estacionarias llegan a alturas importantes pero la distribución horizontal a esas alturas se vuelve lento debido a que se tiene que armar y desarmar.
- Esta pluma sube con gatas hidráulicas por lo que no se requiere armar ni desarmar nada, con lo cual se logra un ahorro importante en el tiempo de vaciado, aumentando notablemente el avance diario de vaciado. Se aprovecha el ducto del ascensor para armar la pluma.
- Los tiempos de vaciados diarios se reducirían al usar este equipo.

### Conclusiones

- ✓ La productividad en el vaciado de concreto depende directamente de la frecuencia y puntualidad con que el proveedor hace entrega del concreto pedido.
- ✓ La causante más incidente de desperdicio de concreto es la variabilidad del concreto entregado en obra por el proveedor. Esto ocasiona que se tenga que hacer el pedido de concreto considerando un porcentaje adicional para asegurar el vaciado total de la estructura.
- ✓ La definición total del proyecto asegurará tener frentes donde colocar el concreto sobrante. Pues si no están definidos ciertos sectores del proyecto no podremos planificar la reutilización del concreto sobrante. En conclusión es necesario tener todo el proyecto totalmente desarrollado.
- ✓ No todo el concreto obtenido de la limpieza de las tuberías de las montantes, es reutilizado en otro frente de trabajo.
- ✓ Existen nuevas tecnologías que aseguran disminuir las actividades que no agregan valor a la obra, pero que por falta de conocimiento y negativa al cambio, no se utilizan. El concreto autonivelante es una de ellas, pues permite eliminar actividades como el vibrado en el vaciado de losas.

### Bibliografía

- Virgilio Guio Castillo, Productividad en obras de construcción, Diagnostico, Critica y Propuesta, Edición N°1, fondo editorial PUCP, Lima, 2001.
- Luis Fernando Botero Botero, Construcción sin pérdidas, Edición N°1, fondo editorial Leguis s.a., Colombia, 2004.
- Lucio Soibelman, Desperdicios vs. el control de los materiales, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 2000
- Jaime Cornejo, Exposición: Gestión de Desperdicios en Edificaciones, Lima, Perú 2008.
- Formoso, Issato, Hirota Berkeley "Method for Waste Control in the Building Industry", California, Estados Unidos, 1999.
- Formoso, Claudia, Elvira, Soibelman, "As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor", UFRGS, Brasil, 1999.

Lima, setiembre 2009

# MÉTODOS DE PROSPECCIÓN

## El Método Delphi en la Ingeniería Civil

### (Un camino para la previsión tecnológica)

Walter G. Meléndez Bernardo<sup>1</sup>

**Sinopsis:** La presente publicación pretende mostrar uno de los métodos de prospección más usados y conocidos: El Método Delphi, dicho método se basa en la interrogación a expertos sobre un tema específico del cual se quiere conocer, se apoya este en la elaboración de cuestionarios sucesivos, a fin de poner en manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos; es decir es una consulta a un grupo de expertos en forma individual por medio de la interacción sucesiva de un cuestionario apoyado por los resultados promedio de la ronda anterior a fin de generar convergencia de opiniones. Finalmente se muestra la aplicación en la ingeniería civil con ejemplos sobre la elección de cargas de diseño y daños en edificios.

**Palabras clave:** Método Delphi, prospección, futuro, variables, escenarios, iteraciones.

#### Introducción

El método Delphi, es un método de prospección cuyo nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, en la cual de acuerdo a la mitología griega, estaba localizado un templo en donde era consultado el dios Apolo. Esta referencia resume su significado: consultar al que sabe. Este se trata de un método cualitativo ideado a comienzos de los años 50 en el Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation, por dos matemáticos: Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, cuya finalidad era crear un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces, ha sido utilizado frecuentemente como sistema para obtener información sobre el futuro.

El método original fue diseñado especialmente para el tratamiento de tópicos netamente técnicos, donde se buscaba el consenso entre un grupo homogéneo de expertos sobre un tema en particular; El método "Delphi" fue diseñado para animar un verdadero debate independiente; se requería anonimato en sentido que nadie supiese quién era el resto que estaba participando dentro del conjunto, para eliminar así el poder de la oratoria y la pedagogía; los razonamientos dados para fundamentar las opiniones extremas fueron sintetizadas por los investigadores para darles a todos igual "peso"; y luego retroalimentar al grupo para realizar un análisis más profundo y extenso. Estos aspectos, anonimato y retroalimentación, representan los dos elementos esenciales los cuales han estado colocados explícitamente desde el primer estudio Delphi hecho en 1964 que contenía pronósticos de descubrimientos científicos y tecnológicos hacia el 2000 donde 82 panelistas contribuyeron para su publicación, tales como Isaac Asimov, Artur Clarke, Bertrand de Jouvenel, y William Pickering, para nombrar sólo alguno estos deben estar presentes en el método Delphi; cabe también señalar que actualmente existe también el denominado Método Delphi Modificado que busca puntos de vista totalmente opuestos, este parte de la premisa de que los

tomadores de decisiones no están interesados en que un grupo en particular tome decisiones por ellos, pero si, le presenten sus opiniones y evidencia necesaria para su consideración.

El método "Delphi", como lo menciona Irene Konow en "Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de Decisiones", ha sido muy difundido y desarrollado en diversas áreas entre las que podemos mencionar:

- Examen de la significación de eventos históricos.
- Evaluación de posibles asignaciones de presupuesto.
- Exploración de las opciones de planeación regionales y urbanas.
- Delineación de las ventajas y desventajas asociadas con opciones potenciales de política.
- Desarrollo de relaciones causales en fenómenos complejos, tanto económicos como sociales.

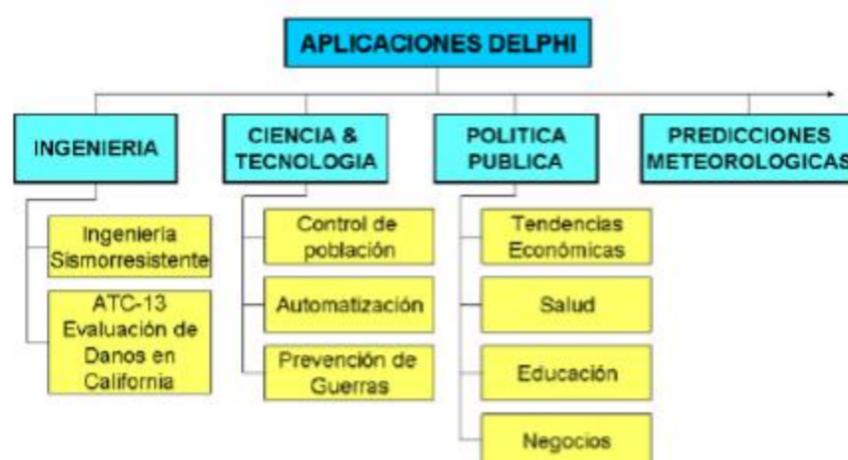


Fig. 1 Aplicaciones del Método Delphi



<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias, mención Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.  
E-mail: [wmelendez@uni.edu.pe](mailto:wmelendez@uni.edu.pe);  
[wmelendez@gym.com.pe](mailto:wmelendez@gym.com.pe);  
<http://waltermelendez.blogspot.com>;  
Miembro del IIFIC-UNI.  
Miembro del Convenio UNI-GyM  
Página web: <http://iifc.blogspot.com>;  
<http://www.iifc.edu.pe>

### Características:

Tomando como referencia de las indicaciones del libro "Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de Decisiones" presentaremos una breve descripción de los aspectos involucrados a la aplicación del método Delphi.

**Definición de objetivos:** Es importante definir claramente los objetivos que se persiguen con la realización del estudio "Delphi" determinado el propósito general y los objetivos específicos por ítem. Estudio del tema y búsqueda de información; se debe especificar detalladamente el tema que se quiere investigar.

**Programación de Recursos Humanos y Materiales:** La programación de los recursos, tanto humanos como materiales, que son utilizados en el ejercicio "Delphi", está generalmente a cargo del jefe administrativo del estudio (que forma parte del grupo monitor).

**Grupo monitor:** Las principales características que debe cumplir este grupo son las siguientes:

- La primera característica es que los componentes de este grupo conozcan la metodología "Delphi" en forma idónea.
- Es deseable que un cierto número de personas del grupo sean investigadores académicos que tengan alguna relación con el tema que se quiere estudiar. Las personas que integran el equipo monitor deben poseer una gran imaginación y creatividad.

**Número de Monitores.** Para cada estudio "Delphi" en particular, es posible encontrar un número óptimo de integrantes de este grupo monitor, que estará condicionado por los siguientes factores:

- Complejidad de la información a obtener para la realización del estudio, en la etapa exploratoria.
- Funciones a realizar, éstas están condicionadas al método usado para el procesamiento de información.

**Jefe de Estudio:** Esta persona puede ser elegida de entre los integrantes del grupo monitor, por sus características personales de liderazgo, por su capacidad organizativa o conocimiento sobre el tema.

**Panel:** Lo constituyen individuos elegidos por el grupo monitor, en base a un criterio de selección. Este grupo proporciona la información que requiere el grupo monitor para su estudio.

**Consensos:** Una vez identificados los consensos, el cual es resultado de ponderar respuestas y corregir sesgos, se procede a identificar los puntos donde se ha logrado y aquellos puntos donde existen discrepancias. El consenso es logrado, para el caso de una pregunta con dos alternativas cuando una de las alternativas acumula al menos el 70% de los votos ponderados y para el caso de preguntas con más de dos alternativas, cuando una de las alternativas acumula al menos el 50% por el nivel de confianza y grado de conocimiento en el tema por parte de cada uno de los miembros del panel.

En la Fig. 2 detallamos aspectos importantes que se deben tener en cuenta sobre los grupos utilizados en el proceso Delphi.

## PROCESO DELPHI

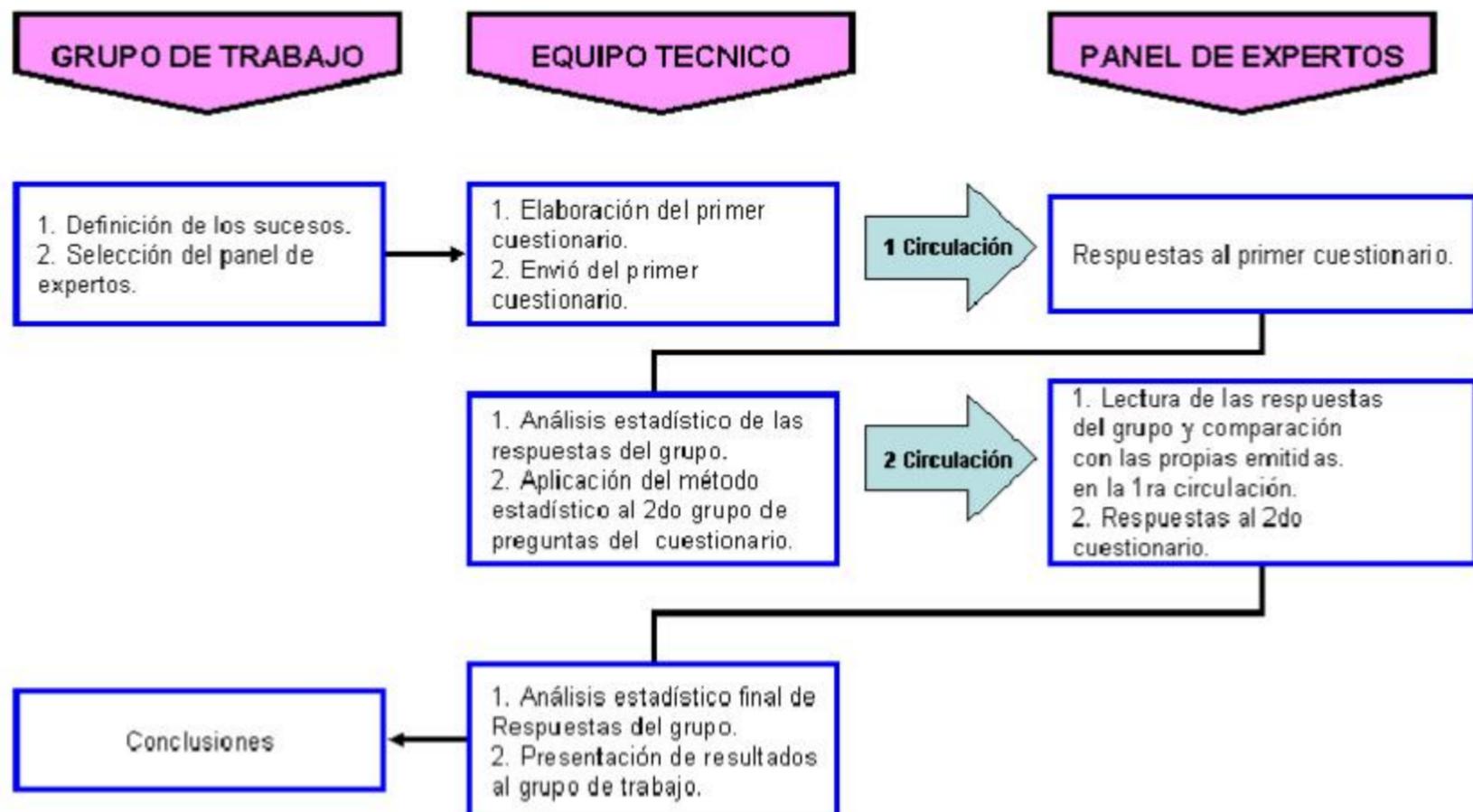


Fig. 2 Procesos del Método Delphi

(Prospectivos (FUNTURO) U. de Chile 1990)

## Metodología:

Los pasos que se llevarán a cabo para aplicar y analizar el método Delphi de manera resumida deberían ser los siguientes:

### Fase 1: Formulación del problema

Es la etapa fundamental en la realización de un Delphi, la importancia de definir con precisión el campo de investigación es crucial, por lo tanto es preciso estar muy seguros de que los expertos reclutados y consultados posean la misma noción del tema a consultar.

### Fase 2: Elección de expertos

La etapa es importante en cuanto que el término de "experto" es ambiguo. Con independencia de sus títulos, su función o su nivel jerárquico, el experto será elegido por su capacidad de encarar el futuro y poseer conocimientos sobre el tema consultado. La falta de independencia de los expertos puede constituir un inconveniente; por esta razón los expertos son aislados y sus opiniones son de forma anónima (se trata de eliminar el efecto de los líderes).

### Fase 3: Elaboración y lanzamiento de los cuestionarios

Los cuestionarios se elaborarán de manera que faciliten la respuesta por parte de los consultados. Preferentemente las respuestas habrán de poder ser cuantificadas y ponderadas, se formularán cuestiones relativas al grado de ocurrencia (probabilidad) y de importancia (prioridad). En ocasiones, se recurre a respuestas categorizadas (Si/No; Mucho/Medio/Poco; Muy de acuerdo/ De acuerdo/ Indiferente/ En desacuerdo/Muy en desacuerdo) y después se tratan las respuestas en términos porcentuales tratando de ubicar a la mayoría de los consultados en una categoría.

### Fase 4: Desarrollo práctico y explotación de resultados

El cuestionario es enviado al panel de expertos (hay que tener en cuenta las no respuestas y abandonos). Se recomienda que el grupo final no sea inferior a 25. El cuestionario irá acompañado por una nota de presentación que precisa las finalidades, el espíritu del delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la encuesta (plazo de respuesta, garantía de anonimato). Además, en cada cuestión, puede plantearse que el experto deba evaluar su propio nivel de competencia, es decir la profundidad con la que conoce el tema. El objetivo de los cuestionarios sucesivos es disminuir la dispersión de las opiniones y precisar la opinión media consensuada. En el curso de la segunda consulta, los expertos son informados de los resultados de la primera consulta de preguntas y deben dar una nueva respuesta y sobre todo deben justificarla en el caso de que sea fuertemente divergente con respecto al grupo. Si resulta necesaria, en el curso de la tercera consulta se pide a cada experto comentar los argumentos de los que disienten de la mayoría. Un cuarto turno de preguntas, permite la respuesta definitiva: opinión consensuada media y dispersión de opiniones (intervalos intercuartiles).

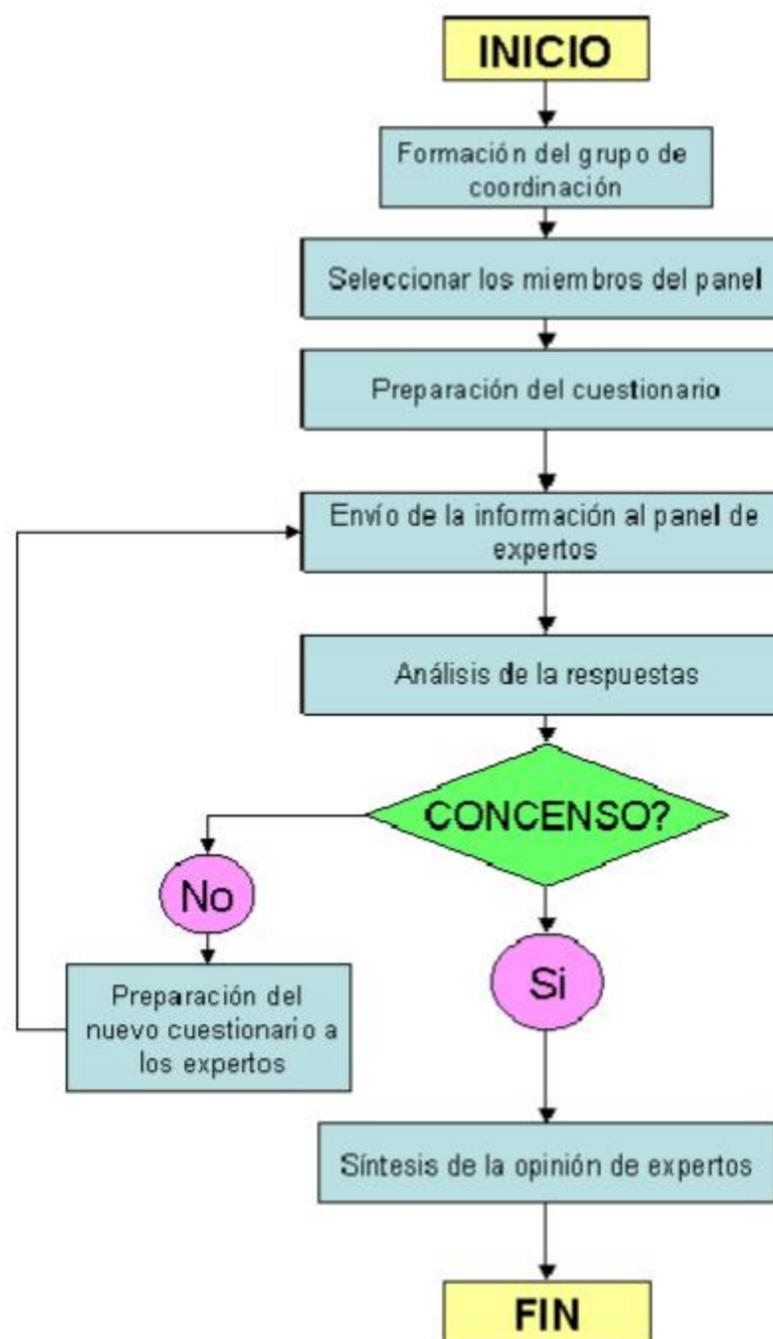


Fig. 3 Flujo grama Método Delphi

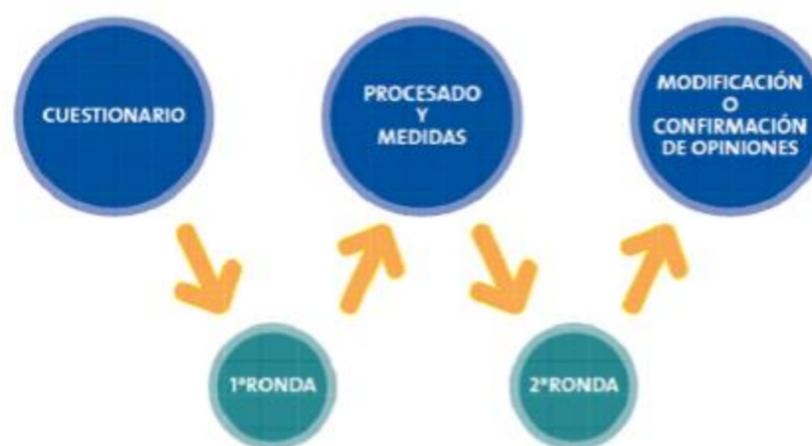


Fig.4 Proceso Iterativo del Método Delphi

### Soporte matemático del método "Delphi"

Estimativo de la probabilidad de un evento.

Cuando se pregunta en un cuestionario "Delphi" sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento en el futuro, se emplea una escala de probabilidades en el rango [0%,100%]. En tal caso las calificaciones de probabilidad de ocurrencia en el futuro del evento pueden ser establecidas conforme a la siguiente escala:

Calificación	Significado	
10%	Muy improbable	Ámbito de lo improbable
20%	Entre muy improbable e improbable	
30%	Improbable	
40%	Entre improbable y dudoso	
50%	Existe duda	Ámbito de la duda
60%	Entre dudoso y probable	Ámbito de lo probable
70%	Probable	
80%	Entre Probable y muy probable	
90%	Muy probable	

Tabla N°1

Cuando ocurre la primera iteración se consideran las siguientes condiciones respecto a determinar el consenso:

Para medir el consenso y la dispersión de los valores de la distribución pueden ser medidos por la variación (CV) que señala el porcentaje de calificaciones alejadas del promedio.

El coeficiente de variación se estima empleando la fórmula siguiente:

$$CV = \frac{\sigma}{x} \times 100$$

Una dispersión del 30% al 20%, muestra un consenso moderado pero aceptable.

Una dispersión del 19% al 10%, señala un consenso mayor.

Una dispersión menor al 10% indica un alto consenso.

Cuando ocurre la segunda iteración, se solicita a los expertos o individuos integrantes del panel, que están en las colas (opiniones más optimistas y menos optimistas) que justifiquen su respuesta.

Cuando ocurre la tercera iteración, se le solicita a los expertos o individuos integrantes del panel, cuyas calificaciones obtuvieron mayor aceptación (la moda) que refuten los argumentos presentados por quienes están en las colas de la distribución.

El número de iteraciones depende de CV obtenido.

## Aplicaciones

### 1. Cargas para diseño estructural

El método Delphi, luce apropiado para determinar los valores máximos y mínimos de diseño. Este se usó para determinar estándares de prácticas de diseño, definiciones uniformes de términos y niveles de seguridad (los cuales fueron tratados por comités de profesionales). Cabe resaltar que el método Delphi no puede suplantar la colección de datos o el desarrollo de investigación.

#### Actualización de la Norma ANSI A58

Las cargas vivas (aquellas producidas por el uso y ocupación de la edificación) son objeto de códigos diversos, y sus valores mínimos generalmente toman como referencia la norma ANSI A58. Los expresan como cargas uniformemente distribuidas.

El estándar ANSI A58 correspondía a la versión 1972, y desde 1977 se trabajaba por su actualización. Básicamente, de una tabla con los valores mínimos, que si bien estaba basada en datos de campos, los autores consideraban que ni el tratamiento estadístico ni el análisis de confiabilidad estaban

lo suficientemente desarrollados, de ahí que decidieron recurrir al método Delphi. Los autores de esta propuesta fueron el director y miembro del Subcomité para cargas vivas de la ANSI A58.

#### Selección del panel

Siguió un proceso para garantizar la participación de ingenieros estructurales muy reconocidos y de diferentes lugares del país. En total, la lista llegó a 25 nombres.

#### Las respuestas

En total se hicieron dos rondas de preguntas. Las respuestas más variadas así como los valores de ANSI 1972, y el que finalmente se ajustó como ANSI 1980, aparecen en la siguiente tabla.

Tipo de ocupación	Cargas mínimas uniformemente distribuidas en libras por pie cuadrado (psf)			
	ANSI 1972	Delphi 1	Delphi 2	ANSI 1980
Salones de reuniones con asientos fijos	60	10 como 50 6 como 60 1 como 100	12 como 50 5 como 60 2 como 100	60
Corredores de biblioteca encima del primer piso	80	2 como 50 2 como 60 1 como 75 4 como 80 4 como 100	3 como 50 8 como 60 3 como 80 5 como 100	80
Marquesinas	75	1 como 50 5 como 60 8 como 75	10 como 60 8 como 75	75
Corredores de oficina encima del primer piso	80	9 como 50 1 como 75 4 como 80 3 como 100	11 como 50 1 como 60 2 como 80 5 como 100	50
Pisos residenciales encima del primero en viviendas	30	7 como 30 8 como 40	1 como 30 18 como 40	30 a 40
Corredores residenciales en hoteles (no en cuartos de servicio público)	80	9 como 40 1 como 75 4 como 80 1 como 100	13 como 40 3 como 60 2 como 80 1 como 100	40
Corredores residenciales en edificios multifamiliares	80	8 como 40 1 como 75 4 como 80 3 como 100	12 como 40 2 como 60 2 como 80 2 como 100	40
Almacenes de comercio al detalle primeros pisos	100	6 como 75 1 como 80 9 como 100	7 como 75 12 como 100	100

Tabla N°2

El subcomité adoptó las opiniones mayoritarias que consideraban claras, mantuvo los valores en rubros con opiniones muy diversas o poco claras, y en el caso de salones sostuvo el valor original al unir este rubro con el de teatros.

### 2. Daños en edificios de muros de ductilidad limitada

En esta investigación de la PUCP se recolectó y sintetizó la opinión de los expertos empleando el método Delphi. Se describieron las características estructurales de los EMDL (Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada) de 5 y 7 pisos y se diseñó una encuesta con el fin de obtener una estimación del daño en diferentes valores de severidad para cada rango de intensidad sísmica; la encuesta preguntó por el estado de daño (ED) que alcanzaría el sistema estructural y por los valores del daño medio probable (VMP), mínimo (Vmin) y máximo (Vmax).

## Daños en Edificios de Muros de Ductilidad Limitada

Por favor anote los valores que en su opinión describen la relación Daño-Intensidad para los edificios de muros de ductilidad limitada de 5 y 7 pisos.

Edificios de Muros de Ductilidad Limitada de 5 Pisos																				
Intensidades	V - VI				VII				VIII				IX				X - XI			
Daño	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)
Confiability																				

Edificios de Muros de Ductilidad Limitada de 7 Pisos																				
Intensidades	V - VI				VII				VIII				IX				X - XI			
Daño	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)	ND	Min (%)	VMP (%)	Max (%)
Confiability																				

Fig.5 Formato utilizado para la encuesta.

### Funciones de Densidad, Curvas de Fragilidad y Matrices de Daño

Para la distribución de daños, se usó la función Beta por su sencillez y adaptabilidad a la información obtenida del grupo de expertos. Se asumió que la estimación del daño medio probable (VMP) corresponde al valor medio de la distribución Beta y que el 90% de probabilidad de ocurrencia del daño está entre los valores extremos  $V_{m\acute{a}x}$  y  $V_{m\acute{i}n}$  (Figura 5). Usando los valores promedios del grupo de expertos se generaron para cada intensidad las funciones de distribución de probabilidad del daño ( $p$ ) para ambos edificios (5 y 7 pisos).

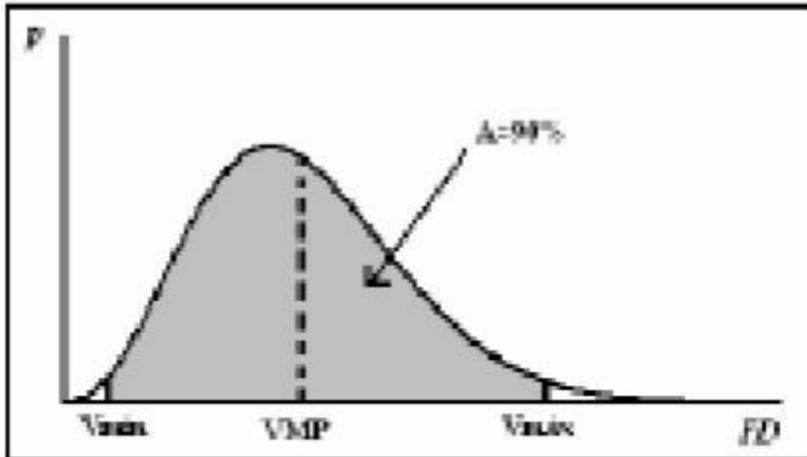


Fig. 6 Función Beta utilizada para el análisis

Las curvas de fragilidad se determinaron calculando las probabilidades de excedencia (P.E) correspondientes al valor extremo de cada rango de daño en cada intensidad sísmica. Para las matrices de daño fue necesario determinar las probabilidades de ocurrencia ( $q$ ) de cada uno de los estados de daño en cada intensidad.

$$P.E = 1 - P = 1 - \int_0^{d_i} p \, dFD \quad q = \int_{d_{m\acute{i}n}}^{d_{m\acute{a}x}} p \, dFD$$

Fig.7 P.E. y  $q$

Como resultado de este trabajo se obtuvieron las curvas de fragilidad (Figura 8 y 9) y las matrices de probabilidad de daño (Tabla N° 3) correspondientes los EMDL de 5 y 7 pisos.

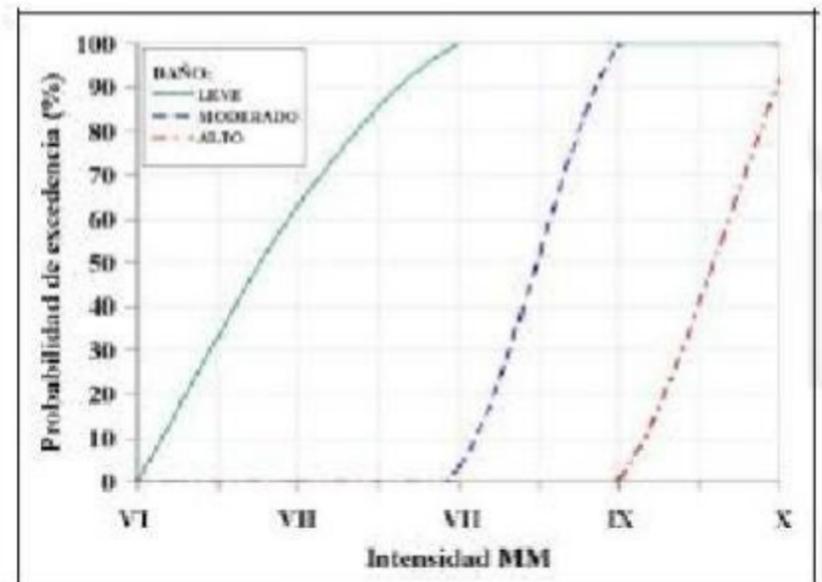


Fig. 8 Curvas de Fragilidad para EMDL de 5 pisos

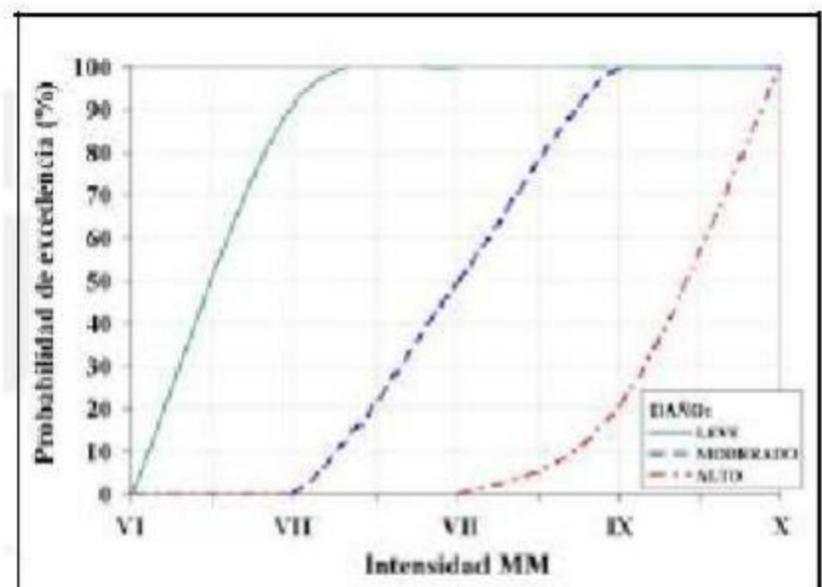


Fig. 9 Curvas de Fragilidad para EMDL de 7 pisos

Estado de daño	Factor de daño central (FDC)	Probabilidad de daño (q) en %											
		EMDL de 5 Pisos					EMDL de 7 Pisos						
		VI	VII	VIII	IX	X	VI	VII	VIII	IX	X		
Ninguno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muy leve	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leve	0.05	100.0	37.1	0	0	0	100.0	9.1	0	0	0	0	0
Moderado	0.20	0	63.0	96.7	0	0	0	90.9	50.6	0	0	0	0
Alto	0.45	0	0	3.3	99.0	8.3	0	0	49.4	79.4	0.3	0	0
Severo	0.80	0	0	0	0.6	91.7	0	0	0	20.6	99.8	0	0
Colapso	1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factor de daño medio (FDM)		5.00	14.44	20.83	45.09	77.10	5.00	18.65	32.35	52.22	79.91		
Valor medio probable (VMP)		3.34	11.05	22.27	45.01	67.73	3.79	14.86	30.07	54.74	74.19		

Tabla N° 3: Matriz de Daño para EMDL de 5 y 7 pisos

Los resultados indican que los EMDL típicos de 5 y 7 pisos, quedarían con daño irreparable (FDM>60%) para intensidades mayores o iguales a IX MM.

En el caso de sismos frecuentes (50 años de periodo de retorno), los resultados muestran que el daño sería reparable, con un Factor de Daño Medio (FDM) del orden de 15%. En el caso de sismos raros (500 años de periodo de retorno), los resultados indican que estos edificios presentarían un daño reparable con un FDM de alrededor de 50%.

## Conclusiones

El método Delphi no reemplaza a la investigación, solo nos proporciona una opinión concertada de expertos.

El método es óptimo para las aplicaciones decisionales, pero debe estar adaptada en función del objetivo del estudio que persigue, existe el riesgo de que los fracasos y/o decepciones desanimen a los usuarios principiantes, por ello no es necesario obtener a toda costa una opinión consensuada mediana, pero es importante poner en evidencia varios grupos de respuestas para el análisis de puntos de convergencia múltiples.

Delphi es sin duda una técnica que desde hace unos cuarenta años ha sido objeto de múltiples aplicaciones en el mundo entero. A partir del procedimiento original, se han desarrollado otras aproximaciones. Últimamente, la utilización de nuevos modos de interacción entre expertos, como el correo electrónico, tienden a desarrollarse y a convertir el procedimiento más flexible y rápido.

## Bibliografía

ASTIGARRAGA E. El Método Delphi, Universidad de Deusto, 2003 San Sebastián

LANDETA, Jon. El método Delphi. Ariel. 1999. Barcelona.  
R.TRUJILLO, Empaques Flexibles y Semi Rígidos en Colombia & Cadena Láctea y sus derivados Aplicación del Método Delphi Bogotá 2004.

KONOW I y PEREZ G. "Métodos y Técnicas de Investigación Prospectiva para la toma de Decisiones\_ Método Delphi". Chile. 1990

BIGUES P.A., Prospective et compétitivé, Mac Graw Hill 1985.

ROSS B. COROTIS, RAYMOND R. FOX, JOHN HARRIS. Delphi Methods: Theory and Design Load Application. Journal of the Structural Division. ASCE. Vol. 107, N° ST6, June, 1981, USA.

DELGADO R. y PEÑA C. Edificios Peruanos con Muros de concreto de ductilidad limitada PUCP, Lima 2006

## Webs:

[http://www.ingenieria.peru-v.com/prospectiva/proceso\\_de\\_prospectiva.htm](http://www.ingenieria.peru-v.com/prospectiva/proceso_de_prospectiva.htm)

Lima, junio 2009

# Efecto de la Temperatura en la Presión Lateral del Encofrado Empleando Concreto Autocompactante

Pablo Jhoel Peña Torres<sup>1</sup>

**Sinopsis:** Actualmente el ACI347-04 (Norma de diseño de encofrados) toma a la temperatura inicial del concreto como un factor de gran importancia para calcular la presión lateral máxima, pero un estudio experimental realizado para determinar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de las presiones laterales de concretos autocompactantes mostro que este parámetro no es muy relevante para el cálculo de la presión máxima.

Se realizaron cinco mezclas con diferentes temperaturas que varían entre 10 y 30°C. Los resultados obtenidos han mostrado que la variación de la temperatura inicial del concreto tiene un efecto minoritario sobre las presiones laterales desarrolladas por el concreto autocompactante (SCC) justo después del colocado del concreto. Sin embargo, el decrecimiento de la presión lateral aumenta considerablemente con el aumento de la temperatura inicial del concreto.

**Palabras clave:** Tiempo de fraguado, presión máxima, interpretación de resultados, norma de encofrados.

## Introducción

El diseño de encofrados de placas y columnas de concreto armado es gobernado por el nivel de presión ejercida por el concreto en estado plástico. El American Concrete Institute (ACI) Comité 622 y 347 analizaron gran variedad de datos producto de medidas de campo y laboratorio, luego de esto concluyeron que la máxima presión lateral esta bajo la dependencia de al menos 13 factores, incluyendo la velocidad de llenado y la temperatura del concreto como factores de gran relevancia.

Para el diseño del encofrado el ACI347-04 propuso las siguientes ecuaciones para el diseño de encofrados de placas y columnas las cuales tienen los factores de  $C_w$  y  $C_c$  introducidos por Hurd [2002] para obtener un calculo mas adecuado de la presión máxima.

### Para Placas:

$R < 2.1$  m/h

$H \leq 4.2$  m

$$P_{\max} = C_w.C_c \left[ 7.2 + \frac{785R}{17.78 + T} \right]$$

$H > 4.2$  m

$$P_{\max} = C_w.C_c \left[ 7.2 + \frac{1156}{17.78 + T} + \frac{244R}{17.78 + T} \right]$$

Con un mínimo de  $30C_w$ .kPa, pero en ningún caso mayor que  $\gamma_c.H$ .

$2.1 < R < 4.5$  m/h

$$P_{\max} = C_w.C_c \left[ 7.2 + \frac{1156}{17.78 + T} + \frac{244R}{17.78 + T} \right]$$

Con un mínimo de  $30C_w$ .kPa, pero en ningún caso mayor que  $\gamma_c.H$ .

$R > 4.5$  m/h

$$P_{\max} = \gamma_c.H$$

### Para Columnas:

$$P_{\max} = C_w.C_c \left[ 7.2 + \frac{785R}{17.78 + T} \right]$$

Con un mínimo de  $30C_w$ .kPa, pero en ningún caso mayor que  $\gamma_c.H$ .

Donde:

$P_{\max}$  : presión lateral máxima, kPa;

R: velocidad de vaciado, m/h;

T: temperatura del concreto, °C;

H: altura del concreto, m. ;

$\gamma_c$  : peso unitario del concreto, kg/m<sup>3</sup>;

$C_w$  : coeficiente de peso unitario calculado así:

$$C_w = 0.5 \left[ 1 + \frac{\gamma_c}{2320} \right] \text{ pero } \geq 0.8 \text{ para } \gamma_c < 2240 \text{ kg/m}^3$$

$$C_w = 1.0 \quad \text{para } 2240 \text{ kg/m}^3 < \gamma_c < 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$C_w = \frac{\gamma_c}{2320} \quad \text{para } \gamma_c > 2400 \text{ kg/m}^3$$

$C_c$  : coeficiente químico calculado así:

$C_c = 1.0$  para el cemento tipo I o III sin retardante

$C_c = 1.2$  para cemento mezclado sin retardante (medio mezclado: cemento tipo I con < 70% de escoria o < 40% de reemplazo en cenizas volantes).

$C_c = 1.4$  para el cemento mezclado con retardante (retardante se refiere a adicionar reductores de agua, o superplastificantes).

El SCC es un tipo de concreto de alto desempeño que no requiere ningún tipo de vibración mecánica para obtener una correcta consolidación lo que facilita llegar a altas velocidades de llenado y por tanto un mayor valor de presión lateral.



<sup>1</sup> Ingeniero Civil, egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Av. Túpac Amaru 210 – Rímac. Lima, Perú.

E-mail: [ppenat@uni.pe](mailto:ppenat@uni.pe) ;

Asistente de Investigación IIFIC-UNI. Página

web: <http://iific.blogspot.com>;

<http://www.iific.edu.pe>

## Objetivo

Dar a conocer la verdadera influencia de la temperatura en el cálculo de la presión lateral máxima de los encofrados para generar resultados más adecuados en el diseño del encofrado.

## Estudios realizados de la Temperatura del concreto y del medio ambiente

Roby [1935] mostró que la presión desarrollada por el concreto durante el tiempo caliente es menor que la obtenida bajo una temperatura ambiente moderada. Por ejemplo, la mezcla de concreto colocada en 38°C de temperatura, como se relataba, desarrollaba la presión máxima de alrededor del 60% al 75% menor que la ejercida por el mismo diseño de mezcla a una temperatura de 16°C.

The Portland Cement Association (Rodin [1952]) estudió el efecto acoplado de temperatura del concreto y la velocidad de llenado para el concreto colocado a mano. Cinco velocidades de llenado que varían de 0.5 a 2 m/h y la temperatura del concreto de 10 a 21°C fueron evaluadas. Para una velocidad de llenado dada, el aumento de la temperatura del concreto, como se relataba, reducía la presión máxima, como puede ser visto en la Fig 1.

El efecto de la temperatura del concreto sobre la presión lateral también fue evaluado por Gardner [1984] sobre mezclas vibradas con valores de consistencia que se extienden entre 65 y 115 mm.

Temperaturas de concretos que varían de 2 a 27°C fueron probadas. Como se dijo antes, la presión lateral aumentaba con la disminución en la temperatura del concreto. El autor encontró que las propiedades mecánicas del concreto plástico dependen de la temperatura del concreto. Para temperaturas inferiores, la hidratación de cemento puede ser reducida a baja velocidad, y propiedades mecánicas pueden desarrollarse en una velocidad lenta que causa la presión lateral más alta. Gardner [1984] divulgó que la presión lateral más bien es controlada por la temperatura del concreto, y no por la temperatura ambiente.

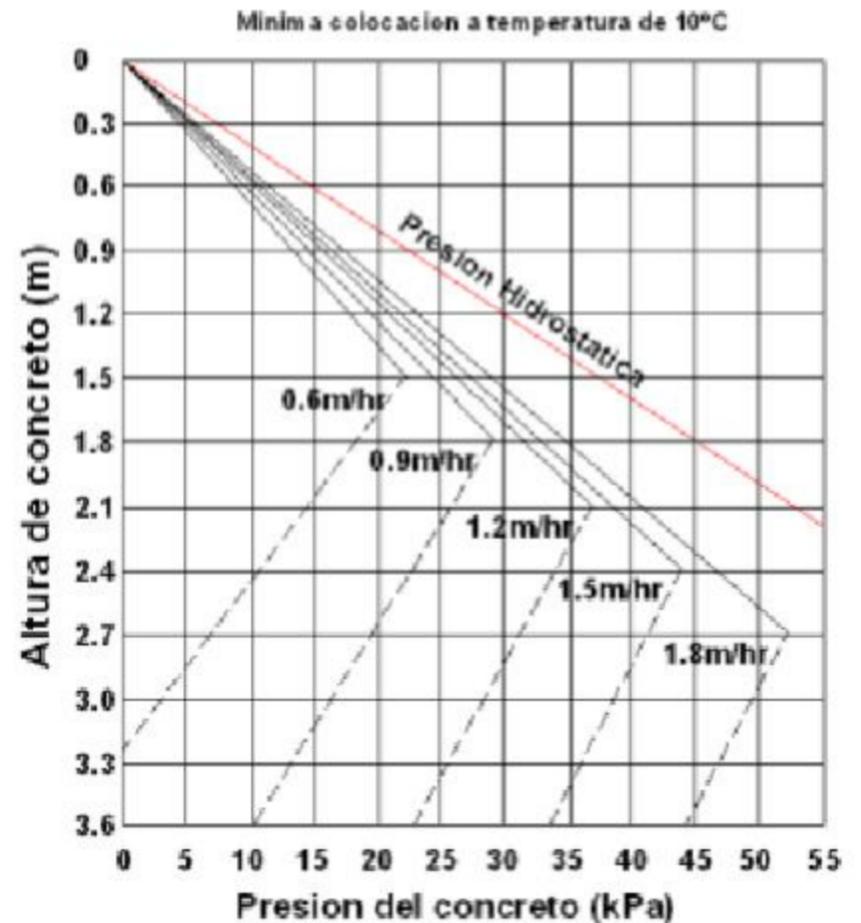
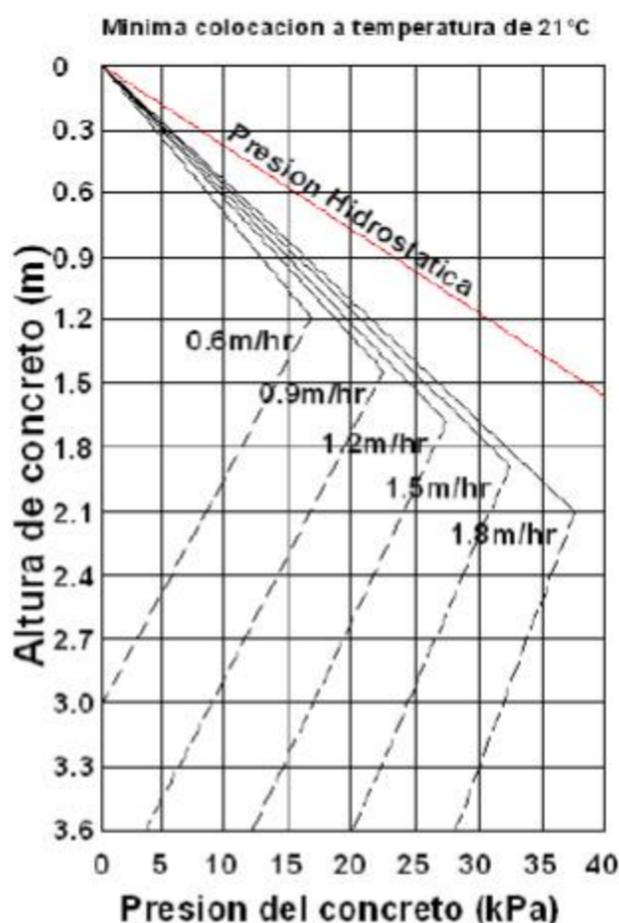


Fig. 1: Efecto de la presión del concreto en la presión lateral [Rodin, 1952]

## Estudios realizados recientemente

El Dr. David A. Lange en la University of Illinois at Urbana-Champaign realizó un análisis de presión de columnas con iguales mezclas de concreto a diferentes temperaturas para determinar la influencia de este parámetro en la presión máxima. Para realizar el monitoreo de presiones se utilizó sensores de presión colocados a diferentes alturas del prototipo.

Se determinó presiones máximas iguales en los 3 casos a temperaturas de 10, 20 y 40°C.



Fig. 2: Prototipo de columna y colocación de sensor.

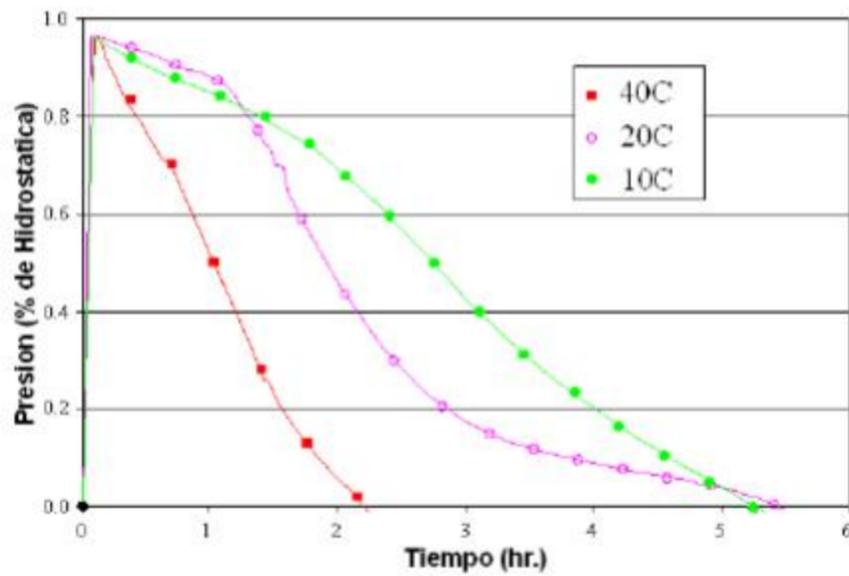


Fig.3: Diagrama de presión lateral vs. Tiempo de fraguado.

El efecto de la temperatura del concreto autocompactante sobre variaciones de presión laterales fue evaluado por Assaad y Khayat [2006].

Las mezclas tenían un contenido de cemento de 450 kg/m<sup>3</sup>, la relación a/c de 0.40, fluideces de 650 ± 15 mm., y el contenido de aire de 6 ± 2%. Ellos estuvieron preparados en 10, 20, y 30 ± 2°C; estas mezclas se mencionan como TER-10, TER-20, y TER-30, respectivamente en la Fig. 6.

Las variaciones de presión relativa de este molde de mezclas en 10 m/h en columnas de PVC que miden 2.8 m en la altura y 200 mm en el diámetro son trazadas en la Fig. 4.



Fig. 4: Columna de PVC ensayada y sensor de presión utilizado.

Se colocaron 5 sensores de presión para monitorear la presión en la columna durante la fragua.

Un diagrama típico expresando la distribución de presión lateral a lo largo de una columna experimental de 2800 mm de alto para la mezcla TER-30 es dado en Fig. 5. Los valores de slump flow fueron hallados durante el tiempo de fragua del concreto. Inmediatamente después de vaciar, el concreto es mostrado para desarrollar presión lateral.

La presión hidrostática (Phyd) se calcula como:

$Phyd = p \times g \times H$ ; Donde p, g, y H refiérase al concreto en el encofrado, respectivamente. Las presiones relativas se compararon a Phyd en la base de la columna decidida al final del vaciado y luego después de que 1, 2 y 3 horas fuesen 91%, 77%, 68%, y 61%, respectivamente.

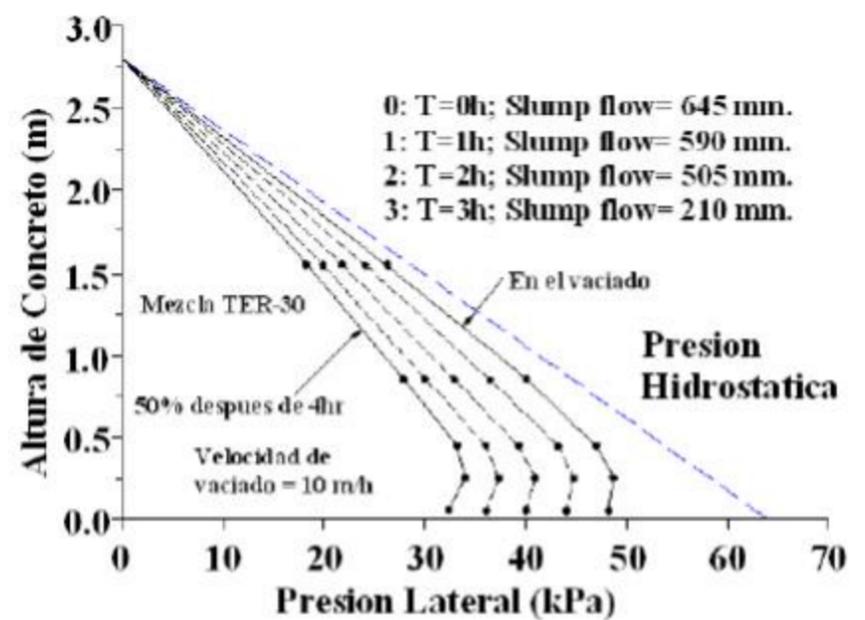


Fig.5: Variación de la presión lateral desarrollada con el tiempo para la mezcla TER-30.

En las tablas 1 y 2 se muestran las características y propiedades de las mezclas utilizadas para el análisis.

Tabla 1: Proporciones de mezclas evaluadas de SCC

Temperatura del Concreto, °C	Codificación de la mezcla	Cemento, kg/m <sup>3</sup>	Agua, kg/m <sup>3</sup> (a/c = 0.4)	Arena (0-5 mm), kg/m <sup>3</sup>	Piedra (5-10 mm), kg/m <sup>3</sup>
10	TER-10	450	180	740	870
20	TER-20	450	180	740	870
30	TER-30	450	180	740	870
20	TER-20-ACC	450	180	740	870
30	T30-20	450	180	740	870

Tabla 2: Propiedades de mezclas evaluadas de SCC

	TER-10	TER-20	TER-30	TER-20-ACC	T30-20
Slump flow, mm	655	665	645	645	640
Aire contenido, %	6.5	4.3	5.9	4.5	6.2
Temperatura inicial del concreto, °C	9.6	21.7	30.1	20.8	21.7
Peso unitario, kg/m <sup>3</sup>	2230	2265	2190	2315	2335

Las mezclas preparadas de concreto con las temperaturas iniciales de 10, 22, y 30°C desarrollan las presiones relativas similares del 91% al final del vaciado. Por otra parte, la velocidad de decrecimiento de la presión ejercida por el concreto fue afectada considerablemente con el tiempo, debido a la temperatura del concreto. Por ejemplo, el tiempo transcurrido para reducir la presión relativa en 25% disminuyó de 400 a 250 y 160 minutos para el TER-10, TER-20 y TER-30, respectivamente. A mayor temperatura del concreto podría generar una velocidad mayor en la pérdida de la fluidez. Por ejemplo, los valores de fluidez de 170 y 180 mm. fueron medidos 5 y 3.5 horas después del vaciado para el TER-10 y mezclas TER-30, respectivamente.

Las variaciones de presión de concreto autocompactante hecho con cemento CSA Tipo I (T30) y el cemento ternario con el molde de adición que acelera el vaciado en 20°C también es graficado en la Fig. 6. Como era esperado, la velocidad de decrecimiento de presión era más rápida para estas mezclas, dadas la acelerada velocidad de hidratación que conduce al desarrollo más rápido de cohesión y reducción de la presión lateral.

temperatura habrá una mayor pendiente de decrecimiento y a menor temperatura habrá menor pendiente de decrecimiento de presión.

## Referencias Bibliográficas

LANGE, David A. Self-Consolidating Concrete, The Center for Advanced Cement Based Materials, 2007 EEUU.

ASSAAD, Joseph. y KHAYAT, Kamal. Effect of casting rate and concrete temperature on formwork pressure of self-consolidating concrete. Materials and structures. 2005. EEUU.

LANGE, David A. SCC Formwork Pressure. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2005. EEUU.

KHAYAT, Kamal Henri. SHAH, Surendra. Capturing existing knowledge on formwork pressure exerted by SCC. THE STRATEGIC DEVELOPMENT COUNCIL, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2007. EEUU.

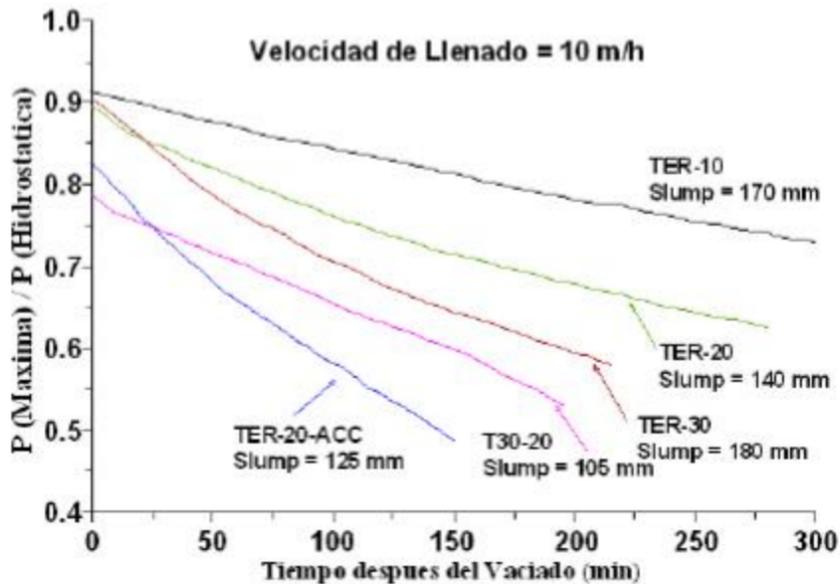


Fig. 6: Efecto de la temperatura del concreto sobre variaciones en presiones relativas medidas en el fondo de la columna de 2.8m. de alto para SCC (Se muestran valores de fluidez determinados al final del llenado del elemento) [Assaad y Khayat, 2006].

## Conclusiones

- La variación de la temperatura no es un factor de mucha relevancia para obtener la presión máxima en el encofrado cuando se utiliza concreto autocompactante, sin embargo la temperatura tiene mucha importancia en el momento de determinar el tiempo de exposición del encofrado ante presión lateral debido al fraguado del concreto.
- La temperatura es el factor más relevante para determinar el decrecimiento de la presión en los elementos; a mayor

Lima, agosto 2009



## CONVENIO UNI-GyM 2do Grupo de Investigadores

Antecedentes: Luego de las 2 primeras sustentaciones parciales, los tesistas investigadores, que conforman el segundo grupo del convenio UNI-GyM, presentaron el informe final de sus respectivas investigaciones, basadas en los datos recolectados de las principales obras que ejecuta la empresa GyM.

Situación actual: Los tesistas investigadores, de las especialidades de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, Desarrollaron y expusieron el informe de tesis en los siguientes temas:

Especialidad: Ingeniería Civil	
Tesista	Tema de tesis
Alfredo Vila	"Propuesta de Mejora Productiva en la Colocación de Sostenimiento: Mina Chipmo-Orcopampa",
Cesar Tengan	"Análisis Comparativo de Aditivos Libres de Alcalis para Concreto Proyectado"
Javier Navarro	"Mejora de la Productividad Mediante la Externalización de Procesos: Pre-Armado de Vigas y Columnas"
Jonathan Soto	"Evaluación de los Problemas Post-Construcción para Mejorar el Desempeño de las Instalaciones sanitarias"
Marco Ríos	"Rendimientos de Producción de agregados con el uso de chancadoras secundarias modelo de cono"
Ronal Torres	"Gestión de Pérdidas y Desperdicios en el Uso del Concreto Premezclado: Caso Hotel Libertador"
Walter Meléndez	"Metodología para la Selección de Encofrados en Viviendas Económicas"

Especialidad: Ingeniería Mecánica	
Tesista	Tema de tesis
Richard Castillo	"Análisis del Proceso de Soldadura Utilizado en el Montaje de la Tubería Forzada de la Central hidroeléctrica el Platanal"

La presentación se hace ante un grupo de especialistas de GyM y docentes de la UNI, que aportan con sus críticas respectivas para enriquecer el valor de los trabajos de Investigación. Se da un enfoque técnico-científico, en temas que son de necesidad práctica en el campo de la Ingeniería y Construcción.

Con el objetivo de obtener la tesis de pregrado, se procede a presentar el plan de tesis a la Comisión de Titulación para su respectiva evaluación y aprobación. Cabe mencionar que actualmente todos los investigadores en mención ya tienen aprobado el plan de tesis.

Perspectivas a corto plazo: Luego de este proceso, se procede a preparar el informe de tesis y presentarlo ante las escuelas profesionales de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica, y sustentar los mismos, para la obtención de los títulos profesionales de Ingeniero Civil e Ingeniero Mecánico en el caso que corresponda.

Esta experiencia vivida, nueva en nuestro país, pero bien difundida en otros países de la región, hace posible disminuir la brecha existente en el vínculo UNIVERSIDAD - EMPRESA, que trae notable desarrollo científico y tecnológico para el país. Pues quien más, que las empresas de las diferentes industrias, para que puedan extender los retos y desafíos que tienen, para desarrollar sus actividades y encargar a las Universidades a contribuir en cierta forma, a generar conocimiento en base a la experiencia, para que mediante un estudio detallado de los problemas que existen, se llegue a consolidar la información y se generen nuevas ciencias y tecnologías de aplicación para impulsar el desarrollo tecnológico del país.

**COSAPI S.A. MUESTRA SU INTERÉS EN DESARROLLAR UN CONVENIO DE COOPERACIÓN EN INVESTIGACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TESIS.**



En marco de los convenios de cooperación que la UNI se encuentra desarrollando con las más prestigiosas empresas del medio, tal es el caso de las empresas de la Corporación Graña y Montero, GyM, Concar, Espacio Azul y además la conocida empresa Sika Perú S.A.

Una nueva empresa se suma a éstas para seguir apoyando a la investigación, estamos hablando de una de las más grandes empresas Constructoras del Perú Cosapi S.A.

Esta relación surgió a partir de la difusión de los boletines de investigación del IIFIC-UNI, quienes al ver la calidad de las investigaciones publicadas en el boletín y al saber de los convenios que ésta casa de estudios mantiene con otras prestigiosas empresas, muestran su interés en desarrollar un convenio de Investigación para la realización de Tesis. Es así que durante las últimas semanas de septiembre, un miembro del IIFIC el Sr. Ronal Torres integrante del 2º convenio UNI- GyM, establece contacto con Javier Pérez, Jefe de Desarrollo Humano de Cosapi S.A., para mostrarle las ventajas en la realización de un convenio de cooperación en investigación, y los logros obtenidos por la primera generación del convenio que se realizó con GyM S.A.

Cosapi propone hacer tesis dobles es decir un tesista de Cosapi y un tesista de la FIC-UNI, que desarrollaran un mismo tema de investigación complementándose perfectamente la experiencia y la teoría. Dicha propuesta fue consultada con el Dr. Javier Arrieta, Presidente de la Comisión de Titulación Profesional de la FIC-UNI, dando su aprobación y mostrando su disposición para el mejor desarrollo de este convenio, tal respuesta fue comunicada a Cosapi, y dentro de las próximas semanas se estará coordinando los detalles finales para la firma del

convenio y posterior convocatoria de los tesisistas interesados. Es preciso mencionar que en éste primer lanzamiento del convenio se seleccionarán a 5 tesisistas, quienes de ser seleccionados además de la financiación de la tesis, según su desempeño tendrán la posibilidad de hacer línea de carrera en Cosapi. Los tesisistas deberán ser alumnos egresados ó alumnos del 10mo ciclo, que muestren un interés asistiendo al IIFIC en los seminarios de los sábados que brinda el Dr. Teófilo Vargas, Experto en Metodología de la Investigación, que brinda asesoría gratuita a todos los alumnos de la FIC los martes y jueves de 9:00 am. a 12:00am.

Para cualquier consulta pueden comunicarse al siguiente correo: [rtorresr@uni.pe](mailto:rtorresr@uni.pe)

## **ACTIVIDADES IIFIC**

Como es de costumbre, todos los días sábados se viene realizando el seminario a cargo del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI (IIFIC) acerca de temas de actualidad e interés profesional en el campo de la ingeniería civil. El seminario, a cargo del Dr. Teófilo Vargas, nos muestra sábado a sábado lo más interesante de las investigaciones tanto a nivel nacional como internacional.

Durante este mes los temas tocados han sido muy amplios, desde la Seguridad Vial hasta el Comportamiento Sísmico en zonas de ladera; pasando por temas como el Deterioro del concreto por carbonatación y el uso de los Robots en la Ingeniería Civil.

Además, a lo largo de este mes se contó con la presencia de invitados quienes también nos deleitaron con los temas expuestos, tales como: Lineamientos de desarrollo para la ciudad de Huaraz, a cargo del Ing. Valdimir Ferro; Salud Ocupacional aplicada a la Ingeniería Civil, a cargo del MD José Francia; y el Conversatorio sobre la Productividad en Construcción a cargo del Ing. Pablo Orihuela.

Los seminarios se realizan los días sábados a partir de las 8:30 am en el salón del IIFIC en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, todos están invitados a asistir.

## **UNI-CONEIC 2009**

La Universidad Nacional de Ingeniería se siente complacida de haber sido la anfitriona del XVII Congreso Nacional de Estudiantes de ingeniería Civil y V Congreso Internacional CONEIC 2009, la que se llevó a cabo los días 24 al 29 de Agosto buscando convertir este espacio en un medio que haya permitido la integración de los participantes al evento. Ha sido gratificante saber que el XVII CONEIC sobrepasó las expectativas que se tenían puestas en el, albergando alrededor de 1477 personas de diversas procedencias participando de las diversas actividades académicas, culturales y Deportivas.

Entre las diferentes actividades mencionadas que se llevaron a cabo en este CONEIC, podemos destacar las excelentes conferencias a cargo de distinguidos Doctores e Ingenieros

del medio, nacionales e internacionales, que con experiencia y conocimiento buscaron sembrar en nosotros el interés a nuevas tecnologías en la carrera. Destacamos también el concurso de ponencias que contó con la participación de 26 ponentes, la cual nos fue gratificante saber que dos participantes de esta casa de estudio, e integrantes del Instituto de Investigación de la FIC (IIFIC), Luis Fernando Sirumbal Zapata. Con el tema **“Análisis Estructural por Etapas Constructivas del Puente Atirantado Atumpampa”** y Ronal Freddy Torres Rodríguez con el tema **“Gestión de Pérdidas y Desperdicios en el uso del Concreto Premezclado en Obras de Edificaciones de Gran Altura”** se hicieron acreedores al primer y quinto puesto respectivamente de este concurso.

Otra de las actividades que se llevó a cabo en este CONEIC fue el de la Olimpiada Tecnológica, con concursos como resistencia controlada de probetas, el puente, y el edificio, teniendo como ganadores a los alumnos de las Universidad Nacional de San Agustín, Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional Hermilio Valdizan respectivamente, permitiendo desarrollar la capacidad Ingenieril de cada participante. A su vez se contó actividades como visitas técnicas (internas y externas), Charlas técnicas-Marketing Personal, Charlas Técnicas-Empresas, EXPO-CONEIC, Demo shows, y en donde la diversión, el entretenimiento y el buen gusto no se hizo esperar con la Feria Gastronómica, Noches Culturales, expo cultura, visitas turísticas a la ciudad de Lima, la copa CONEIC y la fiesta de clausura.

Con todas estas agradables actividades se dió fin a este XVII CONEIC, esperando que para el próximo a desarrollarse en la ciudad de Trujillo tenga también gratificantes resultados como este.

Para cualquier información adicional y demás resultados de los eventos del CONEIC visite la página web <http://xviiconeic.com/poprtada.php> donde encontrarán mayor información al respecto.

### **GyM - XVII CONEIC**

Con motivo de la realización del *XVII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil* (XVII CONEIC), el cual tuvo sede en Lima y estuvo organizado por la *Universidad Nacional de Ingeniería*, se tuvo la visita de 47 alumnos estudiantes de ingeniería civil al Mega Proyecto Los Parques del Agustino, dichos alumnos fueron provenientes de distintas universidades de todo el Perú.



**Ing. Arturo Vera brindando la conferencia**

La visita se realizó en dos fases una charla que estuvo dirigida por el Ing. Residente *Arturo Vera Mallqui* donde realizó una presentación de la aplicación de nuevas herramientas para la gestión de proyectos de Construcción - Lean Construcción, así como la rutina de programación



## **II ENCUENTRO UNI EMPRESA**

### ***“REUNIENDO LIDERES”***



A causa del gran éxito que tuvo el primer evento La Universidad Nacional de Ingeniería organizará el "II ENCUENTRO UNI-EMPRESA" el cual reunirá a 40 empresas competitivas del mercado actual con estudiantes y egresados de las 26 especialidades que ofrece nuestra casa de estudios.

El evento se realizara el 29 y 30 de octubre principalmente en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería Civil. Es preciso destacar que la organización de este evento está marcado por la iniciativa de un grupo de estudiantes respaldados por la Oficina del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil y Calidad universitaria UNI.

Este evento contará con una feria laboral, charlas-talleres de liderazgo y marketing personal y reclutamiento de profesionales aptos, los cuales deberán inscribirse previamente en la pagina del evento.

### **BENEFICIO UNI EMPRESA**

Es una conferencia dirigida a las empresas participantes en el evento. Se plantea poner en valor la actividad y el conocimiento generado en la UNI, convirtiéndola en una EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA, permitiendo así fortalecer la relación UNIVERSIDAD- EMPRESA y de este modo incrementar las relaciones de "INVESTIGACIÓN+ DESARROLLO+ innovación", el cual representa el paradigma de los países altamente desarrollados.

Para ser participe de este evento inscribete en nuestra pagina:

[www.encuentrouniempresa.edu.pe](http://www.encuentrouniempresa.edu.pe)

**ENTREVISTA AL ING. MIGUEL VILLANUEVA DE LA CRUZ (Tesista del Primer Grupo Convenio UNI-GyM – 2008 - Calificación de Excelencia – Jurado de Tesis UNI-FIC)**



A continuación se presenta la entrevista realizada el 12-09-2009 al egresado (2007-II) Miguel Villanueva de la Cruz (Año de Ingreso 2003 - I), quien fue uno de los tesistas del primer grupo del convenio UNI-GyM, así como miembro activo del IIFIC-UNI.

Con un gran sentido de responsabilidad, ha sido el primer titulado del convenio (22 de Junio del 2009), consiguiendo el grado de *excelencia*, el más alto que otorga el jurado de la UNI.

Actualmente, trabaja en GyM, y pertenece al equipo de ingenieros de la obra Centro Cívico.

- IIFIC:** *¿Cómo te enteraste del convenio UNI-GyM?*  
Mediante Correo Electrónico; me inscribí en la bolsa de trabajo de la FIC – UNI,
- MVDLC:** diariamente me llegaban avisos de trabajo, donde también encontré el trabajo en la empresa donde me encontraba laborando.
- IIFIC:** *¿Qué impresión te dejó el grupo humano con quienes formaste parte del convenio?*  
Sin duda fue una etapa que quedara grabada en mi vida, conocí excelentes personas entre mis amigos tesistas y también nuestros asesores y jefes superiores. Quiero resumir diciendo que aprendí mucho de la carrera y muchos valores como la responsabilidad y el cumplimiento que siempre nos inculcaba un gran líder y amigo para todos Edward Santa María Davila.
- MVDLC:**
- IIFIC:** *¿Qué impresión te dejó el convenio en sí?*  
Es una oportunidad muy importante a dar un gran paso en la vida profesional, donde se aprende bastante y se va uno preparando para la vida profesional, siendo responsable de lo que hace y sobre todo llegando a la meta.
- MVDLC:**
- IIFIC:** *¿Cuál te parece es el principal beneficio de este tipo de convenios?*  
Tres cosas; La oportunidad de sacar el título profesional de ingeniero, el desarrollo personal y profesional, y sobre todo la ventana que te brinda la empresa de demostrar tus habilidades para poder desempeñarte luego como ingeniero en la empresa.
- MVDLC:**
- IIFIC:** *¿Cuál fue la principal complicación que encontraste para poder terminar tu tesis?*  
Buscar el rumbo, el camino, plantear bien que es lo que quería conseguir con mi investigación, también es importante destacar la ayuda de los asesores de la Universidad muchas veces uno realiza la investigación con los lineamientos que la empresa GyM solicitaba, sin embargo el asesor especialista de la Universidad no lo veía por ese lado y planteaba objetivos diferentes, particularmente eso es lo que sucedió en mi caso. Pienso que desde un inicio de la investigación uno debería de participar su tema a los asesores tanto de la empresa GyM como de la UNI y llegar a un punto en común.
- MVDLC:**
- IIFIC:** *¿Qué mensaje le puedes dejar al nuevo grupo del convenio, así como a los nuevos tesistas que están por entrar a los otros convenios?*  
Yo pienso que todos tenemos las cualidades de poder ingresar al convenio, la empresa lo que solicita es que sepas comunicar o transmitir los conocimientos básicos que uno aprende en la Universidad. Ya cuando formas parte del convenio tienes que cumplir la meta para lo que fuiste seleccionado, es decir terminar la investigación y titularte en la Universidad. Creo que el único secreto está en ser responsable y cumplir con tu programación, hay que dar más de lo que siempre esperan de ti, eso te ayudará a valorar mejor tu trabajo.
- MVDLC:**
- IIFIC:** *Muchas gracias Miguel, éxitos en esta nueva etapa de tu vida y felicitaciones, ingeniero.*

**ENTREVISTA A FERNANDO SIRUMBAL ZAPATA  
(Colaborador IIFIC-UNI  
Primer Puesto – XVII CONEIC - 2009)**



A continuación se presenta la entrevista realizada el 24-09-2009 al egresado (2008-II) Fernando Sirumbal Zapata, colaborador del IIFIC-UNI. Fernando ha participado en el XVI CONEIC - 2008, en el cual tuvo una participación bastante resaltable. Fue así como en el mes de agosto, en el XVII CONEIC – 2009, obtuvo el primer puesto, con amplia ventaja respecto a los demás.

Actualmente, trabaja en la oficina técnica de SAMAYCA INGENIEROS SAC.

**IIFIC:** *¿Cómo decidiste escoger el tema que presentaste en este último CONEIC?*

**FSZ:** No fue muy difícil escoger el tema. Fue un trabajo totalmente novedoso que me encargaron realizar en la empresa donde trabajo, acerca del análisis estructural por etapas constructivas de un puente atirantado. Al ver que me había costado mucho tiempo y esfuerzo analizar y comprender los conceptos teóricos que son necesarios para resolver este tipo de problemas, decidí presentar el proceso de análisis y los resultados obtenidos como un aporte a la ingeniería civil del Perú.

**IIFIC:** *¿Qué te pareció la labor realizada por el comité a cargo de la organización del CONEIC?*

**FSZ:** Realmente admirable. Yo he tenido la oportunidad de participar en otros congresos, y ninguno de ellos tuvo la calidad y la transparencia que el CONEIC que se realizó este año en la UNI.

**IIFIC:** *¿Qué opinas de la labor que realiza el IIFIC?*

**FSZ:** Yo siempre he pensado que lo mejor que le pudo pasar al IIFIC es que en algún momento comenzó a acaparar la participación de la gente joven, estudiantes y egresados. Si bien la guía y el asesoramiento de la gente de más experiencia son fundamentales, la investigación siempre está empujada por el ánimo, la voluntad y el hambre de conocimiento de la gente joven. Me parece que los convenios con las empresas, los boletines y los seminarios son esfuerzos que se deben seguir realizando, porque muestran a la comunidad universitaria que en la UNI los estudiantes sí pueden hacer investigación.

**IIFIC:** *¿De qué manera pueden mejorar las funciones que vienen realizando?*

**FSZ:** Yo creo que, para complementar la labor del IIFIC, se debería abrir un proyecto de investigación realizado por los miembros del IIFIC. Un proyecto grupal en el que no sólo se fomenten espacios de reflexión, sino en el que se realice la investigación en sí. Habría que proponer líneas de investigación, seleccionar grupos de trabajo, buscar financiamiento, etc.

**IIFIC:** *¿Cuáles son tus planes a corto y mediano plazo?*

**FSZ:** A corto plazo, terminar y sustentar mi tesis. A mediano plazo, trabajar en más proyectos y seguir estudiando.

**IIFIC:** *Muchas gracias Fernando, éxitos en esta nueva etapa de tu vida y sigue dejando en alto el nombre de la UNI, como sabemos seguro lo harás.*



Windows Vista™

Advance recomienda Windows Vista® original



SERIES  
**ASTRO**

- Procesador Intel Pentium Core 2 Duo T5800
- Memoria RAM 4GB
- Disco Duro 320GB SATA
- Lector de huella digital (Fingerprint)
- Windows Vista Home Premium Español Original 64-bits

**Potente  
y liviana**



SERIES  
**QUADERNO**

- Procesador Intel Pentium Dual Core T3400
- Memoria RAM 3GB DDR2
- Disco Duro 250GB SATA
- Lector de huella digital (Fingerprint)
- Lector Multitarjetas
- Windows Vista Home Basic Español Original

**Versátil  
y liviana**

www.advanceperu.com



**COLEGIO DE  
INGENIEROS DEL  
PERÚ**

# CAPÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL

**XVIII  
CONGRESO  
NACIONAL DE  
INGENIERÍA  
CIVIL  
2009-  
CHICLAYO**

**DEL 3 AL 6 DE  
NOVIEMBRE**

## DISEÑO DE PUENTES

**2 y 3 noviembre**

**Expositor:** ING. JACK LOPEZ

**Lugar:** Auditorio A, Av. Marconi 210 San Isidro

**Hora:** 17:00 horas.

**Emails:** civil@ciplima.org.pe; ruizana2000@gmail.com

**Teléfono:** 202-5029

**Informes e inscripciones:**

Oficina del Capítulo de Ingeniería Civil

**Horario:** Lunes a viernes de 14:00 a 21:00 horas

**Con costo**

## CENTRALES HIDROLÉCTRICAS EN LA AMAZONÍA

**11 y 12 noviembre 2009**

**Expositores:** EXPERTOS EN EL TEMA

**Lugar:** Av. Arequipa 4947 Miraflores - Consejo Nacional

**Hora:** 17:00 horas.

**Emails:** decano@cip.org.pe; civil@ciplima.org.pe;

ruizana2000@gmail.com

**Teléfono:** 202-5029

**Informes e inscripciones:**

Oficina del Capítulo de Ingeniería Civil

**Horario:** Lunes a viernes de 14:00 a 21:00 horas

**Con costo**

## SEMANA DE LA INGENIERÍA CIVIL 2009

**23 al 27 noviembre**

➤ Conferencias Magistrales

➤ Conferencias técnicas

➤ Expo Constructécnia

➤ Homenaje Bodas de Oro y Plata de las UNI,  
PUCP, URP, UNFV

➤ Cena de Gala

**Emails:** civil@ciplima.org.pe; ruizana2000@gmail.com

**Teléfono:** 202-5029

**Informes e inscripciones:**

Oficina del Capítulo de Ingeniería Civil

**Horario:** Lunes a viernes de 14:00 a 21:00 horas

# Cursos A Distancia

## Aula Virtual ICG



### Capacitación y Certificación Profesional

#### Sistema E-Learning ICG®

El aula virtual ICG muestra Video, Audio, Diapositivas, Menús interactivos y archivos, puede repetir las clases las veces que sean necesarias, todo vía web ICG. **Los Socios ICG 2010 tienen acceso a e-Conferencias magistrales con su clave personal.**

**Video:** Muestra el video del expositor del curso.  
**Audio:** En esta área usted puede controlar el volumen del audio del video.

**Diapositivas:** En esta área se muestran las diapositivas que interactúan en simultáneo con el video del expositor.

**Menú interactivo:** Muestra la lista de temas de la clase.

**Preguntas:** Desde este acceso usted podrá realizar preguntas correspondientes a la clase.

Somos una institución técnica, no lucrativa constituida al servicio público, dedicada a promover y difundir conocimientos y tecnologías modernas para el desarrollo de la Calidad y Competitividad en la Construcción, Gerencia de Proyectos, Infraestructura y afines.

El objetivo institucional del ICG es contribuir al desarrollo tecnológico y normativo de la construcción y gerencia, para mejorar sus estándares de calidad y competitividad.

Dentro del campo de acción de ICG se tiene la Capacitación, Certificación y Asesoría, siendo la meta institucional desarrollar los proyectos y actividades con eficiencia y calidad.

Estamos a su servicio.



Agenda Técnica ICG 2010



Descuentos en Publicaciones



Descuentos en Eventos y Cursos ICG



E-Conferencias ICG Libros



Sistema Legal ICG v.2



Certificado y Carné de Socio ICG 2010

En LIMA - Oficina ICG:  
 Av. Aramburú 477, San Isidro. E-mail: [icg@icgmail.org](mailto:icg@icgmail.org)  
 Web: [www.construccion.org](http://www.construccion.org)  
 RPM#808838 Cel. (01)990345000 Telefax (01)421-7896.

En FILIALES ICG:  
 En las oficinas del Colegio de Ingenieros del Perú de los Consejos Departamentales de Piura, Lambayeque-Chiclayo, Cajamarca, Ancash-Huaraz, San Martín-Tarapoto, Huánuco, Junín-Huancayo, Arequipa, Cusco, Moquegua, Puno, Tacna y Lima.



## Beneficios de Asociación ICG 2010

E-mail Profesional



Webinars ICG



[www.construccion.org](http://www.construccion.org)



Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Lima - Perú Universidad Nacional de  
Ingeniería  
Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax (511) 481 - 9845  
Central Telefónica: 481 - 1070 Anexo: 424