



## PISOS INDUSTRIALES – OTRAS ALTERNATIVAS EXISTENTES

Ing. Tomás Hernández Palacios – Jefe Nacional de Ingeniería y Proyectos de Pisos Industriales  
Cemex Concretos

### RESUMEN

Es común que los pisos industriales (losas de concreto sobre terreno) se sigan construyendo con la solución típica a base de losas de concreto con malla electrosoldada y concretos cuya característica mecánica especificada es su resistencia a la compresión los avances que se tienen a la fecha en cuanto al comportamiento de este tipo de elemento ha permitido lograr mejores soluciones para estas obras. A continuación se presentan algunas alternativas y experiencias que se han usado con éxito en México.

### INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de obras industriales y comerciales requieren la construcción de pisos de concreto sobre el terreno para almacenar materias primas, como áreas de producción que implican el montaje de equipos de fabricación, o bien como áreas de exhibición en centros comerciales o tiendas autoservicio. En muchos casos el buen desempeño durante su vida de servicio tiene implicaciones económicas, es decir cuando un piso sufre agrietamientos, alabeos, etc. en etapas tempranas de su vida útil, se hace necesario su reparación lo que en muchas ocasiones obliga al dueño de la obra a suspender el proceso de producción o causan mala imagen a los clientes, etc. En este documento se presentan algunas opciones que nos conducen a un mejor desempeño de los pisos industriales durante su vida útil.

### Concreto Profesional Resistente a la Flexión (MR)

De acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno (AASHTO, PCA, elementos finitos, etc.), el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su resistencia a la flexión o módulo de ruptura (MR) como se conoce en México, en vez de la resistencia tradicional a la compresión ( $f'_c$ ) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto.

Lo anterior resulta más claro al entender que al someter la losa a cargas dinámicas (de vehículos o montacargas), los esfuerzos de flexión internos en una losa de concreto se encuentran más cercanos a su resistencia última a la flexión (MR), que los esfuerzos internos de compresión contra su resistencia última a la compresión ( $f'_c$ ).

El concreto profesional resistente a la flexión o MR, es el concreto ideal para las condiciones de carga más comunes en un piso industrial, como lo son las constantes repeticiones de vehículos y montacargas, cargas uniformemente repartidas y cargas puntuales producto de las estructuras de racks o anaqueles típicas en áreas de almacén.

Cemex Concretos pone a su disposición una diversa gama de resistencias a la flexión, que seguramente cumplen sus necesidades estructurales y de comportamiento en estado fresco y endurecido, en los proyectos de piso industrial.



Fig. 1 Colocación de Concreto para Pisos



**PISOCRET Concreto de Baja Contracción**

Es un concreto especialmente diseñado para tener una contracción por secado máxima de 600 millonésimas a los 28 días de secado medido de acuerdo con la normas ASTM C 157\* (Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete) y NMX-C-173-ONNCCE. Esta familia de concretos es capaz de soportar las demandas estructurales que se presentan en los pisos industriales tanto a la flexión como a la compresión. Su formulación es tal que facilita el proceso de acabado y brinda un excelente comportamiento a lo largo de la vida útil.

Puede ser combinado con el uso de fibras sintéticas y metálicas mejorando así el desempeño del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

**Ventajas**

En estado fresco ...

- Esta formulado para facilitar las operaciones de colocación y acabado.
- Tiene un sangrado controlado
- Óptima relación A/C
- Las fibras sintéticas ayudan a controlar los agrietamientos plásticos si estos llegan a presentarse.\*
- Mayor velocidad de construcción al tener integrado el refuerzo mediante fibras metálicas en la masa del concreto sustituyendo el uso de la malla electrosoldada\*

\*\*La sustitución de la malla mediante fibras de acero es valida únicamente para pisos y no aplica para otro tipo de elementos.

En estado endurecido ...

- Contracción por secado máxima de 600 millonésimas a 28 días de secado o menor de acuerdo a especificación, evaluada en condiciones de norma.
- Mejor desempeño en juntas de control y construcción, al tener cambios volumétricos de menor magnitud reduciendo el riesgo de despottillamientos.
- Reduce los alabeos
- Menores costos de mantenimiento
- Mayor durabilidad
- Mayor tenacidad\*

\* Estas ventajas sólo aplican al PISOCRET de Baja Contracción con fibras

**Principales Usos**

Se puede emplear en cualquier elemento en donde las propiedades de baja contracción representen una ventaja en el desempeño de la estructura durante su vida útil. Teniendo como principal aplicación los pisos industriales y comerciales cuyas condiciones de servicio requieren de alto nivel de servicio.





## Datos Técnicos

Módulos de Ruptura (NMX-C-191-ONNCCE\*\*) a 28 días.

- 38 kg/cm<sup>2</sup>
- 40 kg/cm<sup>2</sup>
- 42 kg/cm<sup>2</sup>
- 45 kg/cm<sup>2</sup>
- 48 kg/cm<sup>2</sup>

Revenimientos (NMX-C-156-ONNCCE\*\*)

- 10 cm. (Tiro directo)
- 12 cm. (Tiro directo)
- 14 cm. (Bombeable)\*

\* En concretos bombeables la contracción máxima a los 28 días de secado es 600 millonésimas.

Masa Unitaria (NMX-C-162-ONNCCE\*\*)

La masa unitaria del concreto está en función del tipo de materiales empleados y del diseño de mezcla de cada concreto. Los valores de masa unitaria para estos concretos cumplen con las especificaciones de la NMX-C-155-ONNCCE\*\*.

Módulo de Elasticidad (NMX-C-128- ONNCCE\*\*)

El valor del módulo de elasticidad esta en función de las características del diseño de mezcla y de las características de los materiales empleados en cada localidad.

Contracción por Secado. (NMX-C-173-ONNCCE\*\*)

- Contracción por secado máxima de 500 millonésimas para tiro directo y 600 millonésimas para concreto bombeado a 28 días de secado medida de acuerdo con la norma NMX-C-173-ONNCCE.
- Pueden especificarse contracciones por secado menores cuando se requiera.
- Debe verificarse la disponibilidad de los concretos PISOCRET bombeables que cumplen con lo especificado en esta ficha, en cada localidad.

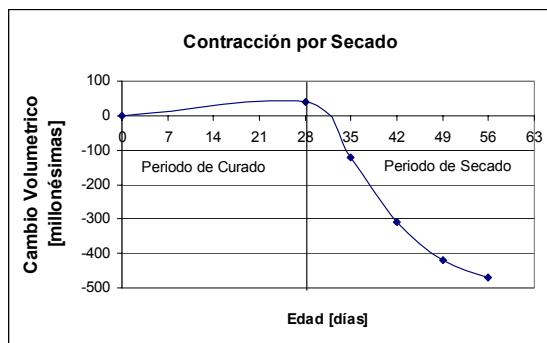


Fig. 2: Curva típica de contracción para un concreto de baja contracción

## Pisocret con Fibras

Los concretos PISOCRET con fibras contienen diferentes dosificaciones y combinaciones de fibras sintéticas y metálicas que mejoran el desempeño del piso, el tipo y cantidad de fibras es función del uso, cargas, condiciones de colado y la separación de juntas en diseño del piso.



## Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural

Las fibras metálicas sustituyen principalmente al acero de refuerzo por temperatura y contracción mientras que las sintéticas nos brindan mayor protección al concreto mientras se encuentra en estado plástico. Para sustituir acero estructural deberá hacerse el análisis correspondiente.

### Sistemas de Pisos sin Juntas - Concreto de Contracción Compensada (CCC)

Las juntas son el principal problema en los pisos industriales; alabeos, esquinas rotas y juntas despostilladas son las principales causas de una baja productividad en la operación de un piso industrial, todas ellas representan un alto factor de riesgo pues incrementan en el cansancio en los operadores de montacargas ocasionando así pérdidas millonarias en tiempo, mercancía y reparaciones tanto de instalaciones como en equipo.

El concreto convencional se contrae cuando se seca y esa contracción es la que origina agrietamientos en los pisos. Extensas superficies de piso de concreto deben ser divididas en pequeños tableros mediante juntas de control para evitar que los agrietamientos se den de forma arbitraria y afecten la operación del piso. En México la modulación típica para controlar los agrietamientos por contracción es de máximo 24 veces el espesor o 5 m, lo que sea menor.

Con el Concreto de Contracción Compensada la contracción se controla y se eliminan hasta un 90% las juntas de control, resultando así un piso de calidad superior. Con el Concreto de Contracción Compensada pueden construirse losas de hasta 30 m x 30 m.

El sistema de pisos sin juntas con Concreto de Contracción Compensada, requiere del uso de una parrilla de acero con la cuantía mínima para efectos de temperatura 0.015%.

Al eliminar las juntas también se disminuyen los problemas de alabeo, la deflexión se sufren las losas debido a sus grandes dimensiones y a que el diseño de las mismas contempla el uso de acero se minimiza incrementando así la productividad de los montacargas y reduciendo los daños que pudieran darse a las esquinas de las juntas así como también en las ruedas, ejes y transmisión de los montacargas.

**Resistencia.** El desarrollo de resistencia a tensión, flexión y compresión después que la expansión se ha completado, es similar a la del concreto convencional bajo condiciones de curado húmedo y a vapor.

Las resistencias comerciales para los concretos de Contracción Compensada son:

MR 40 kg/cm<sup>2</sup>  
MR 42 kg/cm<sup>2</sup>  
MR 45 kg/cm<sup>2</sup>

**Módulo de elasticidad.** El módulo de elasticidad del concreto de contracción compensada es comparable al del concreto convencional.

**Durabilidad.** Cuando se diseña y se cura adecuadamente, el concreto de contracción compensada es hasta un 15% más resistente que el concreto convencional de la misma relación agua-cemento.

#### Ventajas

- Permite la construcción de losas de 900 a 2000 m<sup>2</sup>
- Elimina o reduce la cantidad de juntas de contracción
- Reduce significativamente el alabeo
- Reduce los tiempos de espera para dar acabado
- Reduce los costos iniciales y de mantenimiento de juntas
- Confort y seguridad en el transito de montacargas
- Incrementa la durabilidad del sistema de piso
- Permite una instalación con iluminación más uniforme
- Reduce los tiempos de construcción



## Usos

El concreto de contracción compensada puede ser usado en cualquier aplicación donde se use concreto convencional, incluyendo, pero no limitando:

- Losas sobre rasante reforzadas y postensadas
- Losas elevadas reforzadas y postensadas
- Elementos postensados
- Muros
- Estructuras contenedoras de líquidos
- Coronamientos (Toppings) adheridos y no adheridos
- Cubiertas para puentes
- Elementos prefabricados

## Datos Técnicos

### *CONCRETO FRESCO*

- Revenimientos desde 14cm (tiro directo) hasta 20 cm (bombeable)
- Reducción de sangrado
- Alta cohesividad

### *CONCRETO ENDURECIDO*

- Resistencia a la compresión y a la flexión similares al concreto convencional con mismo consumo de cemento.
- Después de la expansión, las características de contracción por secado son similares a las de un concreto de baja contracción.
- Expansión restringida medida según ASTM C 878 desde 300 hasta 1000 millonésimas

## PRUEBAS APLICABLES:

El desempeño de este material en la obra se verifica mediante la aplicación de métodos de prueba especificados en las Normas Mexicanas existentes, de acuerdo a las siguientes:

### Muestreo:

NMX C-161-1997-ONNCCE “ Industria de la Construcción - Concreto Fresco - Muestreo”

### Revenimiento:

NMX C-156-1997- ONNCCE “ Industria de la Construcción - Concreto - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco”

### Peso Unitario:

NMX - C - 162 - 1985 “Industria de la Construcción - Concreto -, Determinación del Peso Unitario, Calculo del Rendimiento y Contenido de aire del Concreto Fresco por el método gravimétrico“

### Elaboración de Especímenes:

NMX - C - 160 - 1987 “Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado en Obra de Especímenes de Concreto”

### Resistencia a Compresión:

NMX C-083-1997-ONNCCE “ Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Compresión de cilindros de concreto.

### Resistencia a la flexión:

NMX C-191-ONNCCE-2004 “ Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Flexión del concreto usando una viga simple con carga en los tercios del claro.

## Casos de Éxito



**Proyecto:** Congelados Zamora  
**Cliente:** RMI Ingeniería / PROFUSA

**Descripción:** Unidad de Congelación para fruta. Nave autosostentada de 3,100 m<sup>2</sup>. Uso de Concreto de Contracción compensada 90% menos juntas.

**Periodo de Ejecución:** Julio 2006

**Status:** Terminado

Espesor = 20 cm  
MR = 42 kg/cm<sup>2</sup> CCC  
TMA = 40 mm Bombeable  
Refuerzo = Var # 5 @ 40 cm  
Volumen = 274 m<sup>3</sup>  
Losas 25x 22 m

Fig. A: Detalles del proceso Constructivo y croquis general de la nave.

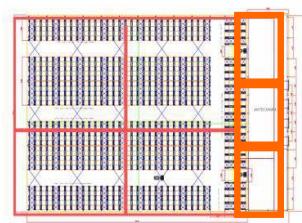
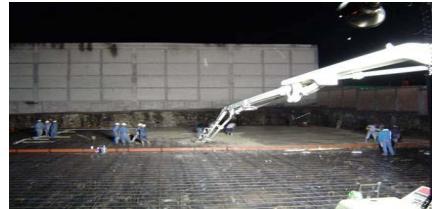


Figura 3. Piso con Concreto de Contracción Compensada tableros de 25x22 metros.

**Proyecto:** CEDIS Mixcoac  
**Cliente:** Sabritas

**Descripción:** Centro de Distribución y Logística. 3,000 m<sup>2</sup> de almacén construido con Concreto de Contracción Compensada, 93% menos juntas.

**Periodo de Ejecución:** Julio 2006

**Status:** Terminado

Espesor = 18  
MR = 42 kg/cm<sup>2</sup> CCC  
TMA = 40 mm Tiro Directo  
Refuerzo = Var # 4 @ 45 cm  
Volumen = 246 m<sup>3</sup>  
Losas 30 x 31 m

Fig. B Vistas generales de la nave.  
Croquis de las losas.

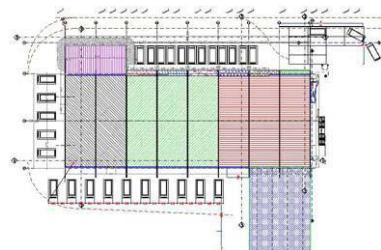


Figura 4. Piso con Concreto de Contracción Compensada tableros de 30x31 metros.



**Proyecto:** Laboratorios PISA. Villahermosa

**Cliente:** Laboratorios Pisa

**Características del Proyecto:**

Espesor= 20 cm

MR= 40 kg/cm<sup>2</sup>

TMA= 20 mm (basalto triturado)

Revestimiento= 10 cm (tiro directo)

Control de temperatura mediante Hielo

Colados nocturnos

Refuerzo= Var # 4 @ 40 cm

Expansión mínima= 600 millonesimas

Losas 18 x 18 m



Fig. C Vistas generales de las losas

Figura 5. Piso con Concreto de Baja Contracción tableros de 18x18 metros.

**Proyecto:** CEDIS Villacero

**Cliente:** Grupo Villacero

**Características del Proyecto:**

Concreto de Contracción Compensada 9000 m<sup>2</sup>

Espesor = 18 – 25 cm

MR = 42 kg/cm<sup>2</sup>

TMA = 40 mm (Caliza)

Rev. = 18 cm (tiro directo)

Colados nocturnos

Refuerzo

Var # 4 @ 45 cm t = 18 cm

Var # 5 @ 50 cm t = 25 cm

Expansión mínima = 600 millonesimas

Losas de dimensiones 30 x 24 m y 30 x 12 m

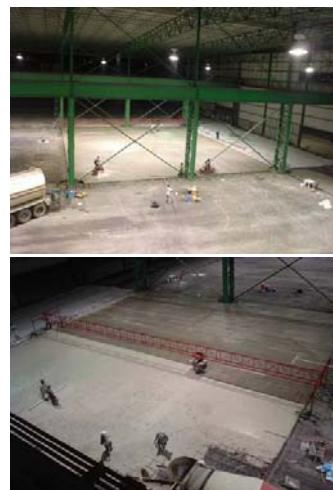


Fig. D: Vistas generales del proceso constructivo

Figura 6. Piso con Concreto de Contracción Compensada tableros de 30x24 y 30x12 metros, respectivamente.



**Proyecto: CEDIS VILLACERO, Monterrey**



Fig. E Proceso constructivo y acabado final del piso.

Figura 7. Piso con Concreto de Contracción Compensada tableros de 30x24 y 30x12 metros, respectivamente.

**Postenpiso**

Es un sistema que combina la tecnología de los pisos postensados con un concreto de baja contracción logrando así la construcción de grandes losas sin juntas intermedias (hasta 80 x 100 m), se diseña según necesidades específicas.



Fig. 8 Tendido de Cables para sistemas de piso Postensado

Fig. 9: Vista general una nave con piso Postensado

**Servicios de Valor Agregado**



### Evaluación de las condiciones ambientales

Existen ciertas condiciones ambientales que nos han llegado a afectar el desempeño del concreto a edades tempranas, principalmente cuando éste se cuela a la intemperie. En específico nos referimos a los problemas de agrietamiento por contracción plástica que pueden presentarse en días con viento, humedades relativas bajas y altas temperaturas.

La humedad superficial de las losas de concreto se evapora más rápido de lo que el agua de sangrado puede reemplazarla, ocasionando que la contracción superficial sea mayor que la contracción en el interior del concreto. A medida que el interior del concreto empieza a restringir la contracción superficial, induce esfuerzos de tensión en la superficie y cuando estos esfuerzos exceden la resistencia a la tensión desarrollada por el concreto, se forman grietas superficiales, que conocemos como agrietamiento plástico.

Cemex Concretos pone a su disposición, previa negociación y programación, una serie de estaciones ambientales que podrían ser instaladas en el sitio de los trabajos, con el objeto de verificar antes y durante el arranque de los proyectos, si las condiciones ambientales (viento, humedad relativa y temperatura) pudieran llegar a ocasionarnos problemas de esta naturaleza, así como dar recomendaciones para reducir la probabilidad de agrietamiento.

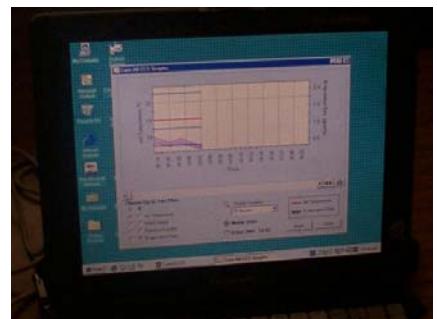


Fig. 10 Estación ambiental

### Medición de Números F

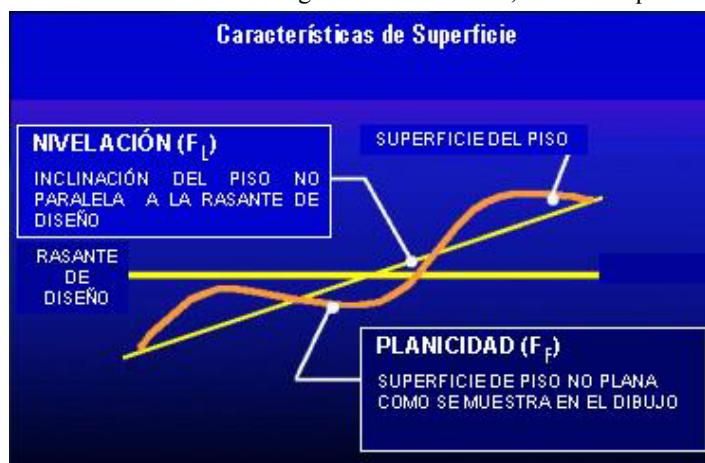
El sistema de números F es el nuevo estándar del American Concrete Institute (ACI) # 117 para la especificación y medición de planicidad y nivelación de losas de concreto. Los números F sustituyen la especificación anteriormente usada de "3mm de desnivel en una regla de 3 metros de largo" que ha probado dar resultados poco confiables.

El estándar de los números F incluye 2 números:

FF para la planicidad y el FL para la nivelación de la losa.

La planicidad se refiere a la ondulación superficial de la losa, es decir a las crestas y valles que encontramos en el perfil de la losa, mientras que la nivelación se refiere al grado de inclinación, es decir a que tan inclinada está la losa.

Fig. 11 Números " FF y FL "





## Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural

El concepto de los números F nació de la exigencia de fabricantes de montacargas robotizados por pisos más planos y de la inquietud de los propietarios por tener áreas de almacén más pequeñas, lo que obligó a pasillos más angostos y anaqueles más altos, es decir en pisos superplanos.

Sin embargo hoy en día no solo los propietarios de pisos superplanos (Pisos con números  $FF > 50$  y  $FL > 40$ ) especifican valores de planicidad y nivelación, también lo hacen propietarios de pisos convencionales como centros de distribución, áreas de almacén comercial e industrial y en general todo piso con tráfico de montacargas, en donde el propietario quiere asegurarse de una manera confiable, de la calidad superficial de sus pisos.

Cemex Concretos, le ofrece el servicio de medición de números F para sus proyectos de piso industrial con los equipos y la tecnología creada para ello. Llámenos y con gusto le daremos más información al respecto.

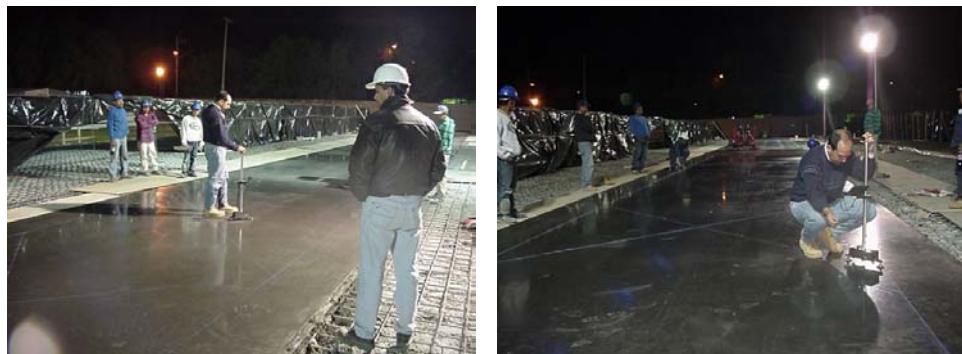


Fig. 12 Medición de planicidad con Dipstick

### Asesoría

Nuestro equipo de expertos del área de Ingeniería y Proyectos con gusto lo atenderán en cualquiera de las etapas de su proyecto de Piso Industrial (diseño, construcción y rehabilitación), atendiendo las necesidades y condiciones específicas de su proyecto.

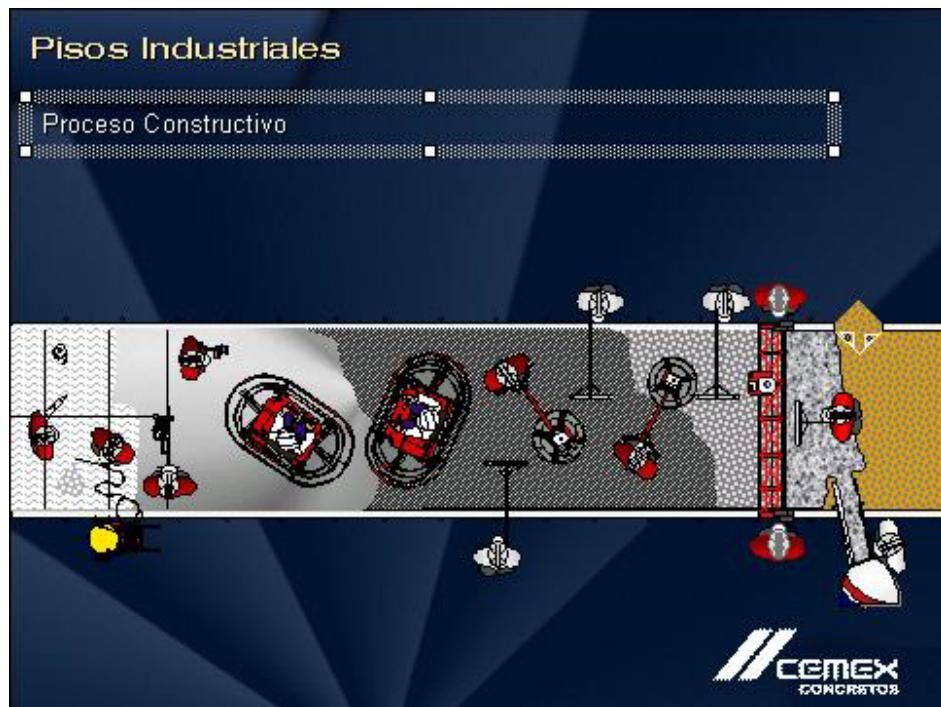




Fig. 13 Proceso constructivo tipo para construcción de Pisos industriales

**Capacitación**

En CEMEX Concretos preocupados por el desarrollo del personal a cargo de obras de Pisos de concreto ofrece el curso de capacitación para supervisores de obra denominado : Soluciones Durables para Pisos el cual consta de 3 módulos con los siguientes temas:

Curso de Capacitación para Supervisores de Obra : Soluciones Durables para Pisos

**Módulo I**

Introducción a los Pisos y Pavimentos de concreto

Concretos para Pisos y Pavimentos (40 min)

Resistencia a la Flexión MR

Concretos de Baja Contracción

Fibras en el Concreto

Especificaciones para el piso

**Módulo II**

Aseguramiento de Calidad en la construcción de Pisos (1:30 hrs)

Terracerías

Cimbrado

Tendido de Concreto

Acabado

Curado

Cortes

**Módulo III**

Sistemas para mejorar el desempeño de los pisos industriales ( 50 min)

Endurecedores

Membranas de Curado

Tratamientos Líquidos

Selladores para juntas

Productos para reparaciones