

CICLO DE CONFERENCIAS TECNOLÓGICAS 2001

El próximo miércoles 25 de abril, en los Salones de la Cámara, entre las 13¹⁵ y las 15⁰⁰ horas, se realizará la Segunda Conferencia Tecnológica correspondiente al Primer Ciclo del presente año, organizada por la Comisión de Tecnología e Innovación de la Cámara Chilena de la Construcción, cuyo expositor será el Ingeniero, señor Víctor Cabello Sierra, quien desarrollará el tema: "Construcción de Radieres Postensados. Experiencia de VSL de Chile."

TEMARIO

- 1.- **QUÉ ES UN RADIER POSTENSADO:** Esquema general de funcionamiento. Campo de aplicación y ejemplos. Situaciones especiales de proyecto. Sistema de postensado, alternativas. Control de la fricción. Importancia de la dilatación del contorno. Importancia de la rapidez de ejecución. Normativa ACI.
- 2.- **COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO:** Método de cálculo. Conjunto de planos de proyecto. Interacción de la secuencia de hormigonado con el proyecto. Refuerzos de acero pasivo, detalles particulares. Componentes.
- 3.- **PORQUÉ HACER UN RADIER POSTENSADO:** Drástica reducción de juntas. Mejora de la calidad superficial a medio y largo plazo y permite también alcanzar regularidades superficiales más altas.
- 4.- **EL HORMIGÓN POSTENSADO EN CHILE:** Campos de empleo habituales: País puntero en losas postensadas en edificación. Frecuente uso en anclajes al terreno. Uso escaso en puentes.

Campos donde existe un potencial de uso: radieres postensados, silos o depósitos y puentes losa o de luces importantes (50 hasta 80 m).
- 5.- **RADIERES POSTENSADOS EN CHILE:** Experiencia del centro de distribución Nestlé, promotora La Casa de Piedra S.A. Proyectos que no se han realizado y proyectos en estudio (breves comentarios sin especificar nombres).

CURRICULUM VITAE

(expositor)

Sr. Víctor Cabello Sierra, es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Barcelona; Especialidad en Hidráulica y Energética.

Desde 1988 se ha desempeñado en el área de la Ingeniería en Empresas Constructoras y Consultoras en España, además de actuar como profesional independiente, calculista y proyectista.

Desde 1999 es responsable técnico y comercial de VSL Chile, Sistemas Especiales de Construcción.

Ha publicado numerosos artículos relacionados con su especialidad y desarrollado importantes proyectos en Chile, entre los que se destaca el Primer radier postensado de Chile y posible record mundial, siendo un pavimento postensado de casi 30.000m², ultraplano y sin juntas.

Agradeceremos a Ud. Confirmar su asistencia, y la de los profesionales de su empresa, a los teléfonos **3763325 ó 3763364**, antes del 24 de abril, a las 17⁰⁰ horas. **NO SE ACEPTARÁN INSCRIPCIONES POSTERIORES.**

Recordamos a Ud. que el cupo es limitado, y que el valor de la inscripción es de \$ 4.500, e incluye un almuerzo frío.

SANTIAGO, 18 de abril de 2001

Nº 298/

— 09575 —
**CAMARA CHILENA DE
LA CONSTRUCCION**
Centro Documentación

CONFERENCIAS TECNOLOGICAS

www.cchc.cl





CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

II Conferencia Tecnológica – 2001.
25 de abril de 2001.
“CONSTRUCCIÓN DE RADIERES POSTENSADOS:
EXPERIENCIA DE VSL EN CHILE”

Expositor Ingeniero Civil señor Victor Cabello

Agradece a la Cámara la oportunidad de explicar un tema como el radier post tensado, que es una tecnología nueva que se está empezando a colocar en Chile, aunque cuenta con muchos años de aplicación en el resto del mundo. Debido a que en el país el tema no es del todo conocido, planteará la exposición respondiendo a preguntas básicas como: qué es un radier, cómo se hace, por qué hacerlo; luego una breve introducción acerca del hormigón post tensado en Chile, y finalmente la experiencia que tiene VSL en el país.

En cuanto al funcionamiento de un radier post tensado, señala que básicamente para entender la diferencia entre un pavimento tradicional y uno de hormigón post tensado, se debe imaginar que en un radier tradicional, producto de la retracción del hormigón en cada junta hay una deformación; en el post tensado, se comprimirá el radier completo de manera que la deformación se acumula en los extremos; la relación aproximada señala que la deformación ubicada a los extremos en un radier post tensado sería equivalente a la sumatoria de las deformaciones en cada una de las juntas en un pavimento tradicional, lo que en una losa pequeña no sería de mayor importancia, pero en una losa grande, 100 m. por ejemplo, las deformaciones aparecidas en los extremos del radier post tensado, serían grandes, de centímetros, y no de milímetros que es lo acostumbrado en el radier tradicional.

En cuanto a la resistencia en un radier tradicional, el mecanismo es muy conocido. En uno post tensado, es la pre compresión del hormigón la que le da la capacidad aportante, fundamentalmente el radier post tensado no se dimensiona con armadura pasiva, la armadura pasiva no colabora con la resistencia, se ponen detalles, pero la filosofía sería el uso de puro hormigón post tensado, el traspaso de corte entre juntas de hormigonado no se realiza mediante barras, sino mediante la continuidad del hormigón post tensado, que comprime lo que se hormigonó un día con lo que se hormigonará al día siguiente.

Como ejemplo, muestra a la audiencia una lámina con un radier de aproximadamente de 100 m. dilatado en el contorno respecto a una banda, habiendo traspaso de carga, ya que son independientes, lo que no ocurriría en un radier normal.

El radier post tensado se está calculando como una estructura normal, es decir como una estructura de una losa de un edificio sin aplicar curvas, se utiliza entonces un modelo de elementos finitos, se ponen todas las cargas, se utiliza el coeficiente de balasto, que si bien es discutible tampoco es muy sensible al coeficiente de balasto que se obtenga.

CAMARA CHILENA DE
LA CONSTRUCCION
Centro Documentación



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

El análisis de post tensado, será el mismo que se realizará en cualquier otra estructura post tensada, salvo por la aparición de pérdidas de fricción entre la losa y el suelo.

Como situaciones especiales mencionó al efecto térmico, el que puede ser muy importante, por ejemplo en el caso de un radier en una cámara frigorífica, el efecto térmico puede ser de muchos centímetros de contracción adicional que se traducirán en pérdidas de post tensado, por otra parte, el efecto térmico de un radier expuesto al sol en el exterior, se analiza como momentos adicionales, analizándose también el efecto de pérdida de post tensado por fricción en la contracción por frío.

El elemento de fatiga es el que controla el dimensionado de un radier post tensado, ya que las cargas de los radieres son todas cargas vivas, de muchos ciclos, e incluso si se habla de un centro de distribución, la carga entre y sale constantemente, por lo que el controlador, sería el efecto de fatiga.

Señala a la secuencia constructiva como fundamental en un radier post tensado, a diferencia de uno tradicional en que se puede empezar en donde se prefiera; en el post tensado la secuencia va ligada al proyecto, es decir obra y proyecto van ligados.

En cuanto a cálculo o a proyecto destaca dos grandes diferencias entre un radier post tensado y cualquier otro tipo de estructura en post tensado: en primer lugar la fricción entre la losa y el suelo, parámetro muy importante y que influye mucho en la cuantía final del post tensado requerida en una obra, y evidentemente en el precio final. La fuerza de rozamiento, sería un valor constante, al que se le llama MU, por el peso del radier, ese valor oscila entre 1 y 0,2; 1 para condiciones malas como por ejemplo hacer un radier encima de arena directamente, y 0,2 para condiciones muy buenas de ejecución, en donde la fricción está muy limitada utilizando doble lámina de polietileno. Recomienda el uso de dos láminas de polietileno y un valor de rozamiento de 0,3, lo cual siempre es un poco conservador. Además dice que no es equivalente usar malas condiciones de fricción con un coeficiente alto, ya que puede ser menos seguro que utilizar un valor 0,3 con doble lámina de polietileno.

Señala a la transferencia de carga es también muy diferente que cualquier otra estructura post tensada porque para evitar problemas de retracción temprana, en vez de esperar la resistencia de 180 kg. que suele ser necesaria para la transferencia del post tensado, el primer día, al día siguiente de hormigonar se da una pre carga, la que evitará que aparezcan fisuras de retracción en los primeros días, luego cuando se alcanza la resistencia, se da la carga final, e incluso ello puede ser un poco antes, en casos de hormigones más resistentes sería a los dos días de haber hormigonado, no a los tres días. Para esto se utilizaría en ello el mismo gato que se utiliza en losas post tensadas, muy conocidas en edificación.

Básicamente existen dos sistemas de post tensado, el no adherente y el adherente.

El primero es un monotorón que aunque puede ser de 0.5 o 0.6 pulgadas, se utiliza el de 0.5, que es el comercialmente habitual, es un cable engarzado plastificado que va dentro de una vaina de plástico y desliza libremente. En sistemas adherentes puede ser de 0.5 o 0.6 pulgadas, existen ambos sistemas, radicando la diferencia en la inyección que se le riza en el ducto, el cable va en un ducto metido dentro del hormigón, que luego se inyecta.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Como ventajas del no adherente menciona limpieza y rapidez, limpieza ya que no se inyecta y la inyección siempre ensucia las obras, y rapidez debido a que se trata de una tecnología muy adecuada para casos de poca carga. Sin embargo, cuando las cargas son muy grandes se debe ir al sistema adherente que tiene un potencial de capacidad mucho mayor. menciona ejemplos a través de láminas en donde se puede apreciar los sistemas anteriormente mencionados, en un caso adherente se pueden apreciar los tubos de aireación y los cables además de anclajes complejos, ya que se concentran cargas mayores en ductos, y en un no adherente, no se ven los tubos de aireación, ni ductos, y en donde el anclaje es más simple.

Al momento de hacer un radier post tensado, se debe empezar por el proyecto, el que debe reflejar toda la información, siendo a su juicio un poco más estricto que un proyecto de un radier tradicional.

En principio dice, es importante indicar la secuencia de hormigonado, los vaciados y las juntas de tensado, en donde se van a producir, e incluso se llega a indicar en el proyecto, la secuencia diaria de trabajo, se decir que se menciona lo que se va a hormigonar el día 1, el día 2 se hormigona otra parte y el día 3 se tensa lo anterior y se hormigona lo siguiente, indicándose así todo el proceso de trabajo.

Destaca que el refuerzo de acero suele ser solamente de detalles, por ejemplo las pasadas para las columnas, los refuerzos de anclaje de pre tensado, refuerzos de contorno, en alguna pasada o esquina, pero salvo casos de mucha responsabilidad estructural como zonas de aeropuertos, zonas portuarias con apilamiento de contenedores, normalmente se limita a un máximo de dos, ya que no se va a utilizar una malla de acero pasivo de refuerzo, solamente detalles.

El cable será dimensionado en función a las cargas que va a haber en el radier, oscilando en un rango normal, de una pre compresión de 1 mega pascal hasta 2,5 mega pascales, siendo esa la pre compresión efectiva a tiempo infinito después de todas las pérdidas, los que son valores habituales incluso si se les compara con lo que hay en las losas de edificación que hay hechas, aproximadamente 1 millón y medio de m² en Chile.

El movimiento de losas es muy importante de indicar en un proyecto, ya que un 0,4 a un 0,6%, multiplicado por 100 mt. da como resultado 2 cm. de movimiento en cada extremo del radier, y ello es tanto, que condiciona la solución que se da en el contorno para las entradas y salidas, para la solución que se da alrededor de los pilares que deben estar bien dilatados, la solución por ejemplo, en caso de la existencia de alguna tubería que atravesase el radier y está en el perímetro, dicha tubería debe estar dilatada de alguna manera a fin de permitir 2 cm. de movimiento, ya que de no ser así, el radier cortaría dicha tubería o cable de electricidad o lo que hubiera como servicio, lo que evidentemente debe estar presente en cualquier proyecto.

En cuanto a los componentes y materiales empleados en un radier: la base en que lo más importante es la regularidad, es decir, se puede hacer un radier sobre un terreno malo, pero si es irregular, se puede producir acuñaamiento, vale decir que si la base presenta un punto alto, el radier tenderá a clavarse allí, y lo peor que se podría hacer, sería colocar una piedra en



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

medio del radier, ya que el radier se clavaría en ella, y no podría arrastrarla, o se levantaría o se fisuraría,

En cuanto a compactación, se requiere la compactación normal, siendo importante que el tipo de base y la compactación estén relacionadas con el coeficientes de balasto que se haya autorizado para definir el proyecto.

Polietileno: el polietileno es un elemento utilizado para eliminar la fricción y recomienda dos capas a fin de que una deslice sobre la otra, y el espesor está muy relacionado con el mal trato de obra, es decir, el radier va a ser pisado, manipulado a veces sin mucho cariño, y si se utiliza un polietileno de bajo espesor, se puede romper antes de que se llegue solamente a trabajar. Aparentemente sería una contradicción con la moderna práctica de radieres de hormigón o de pavimentos, que están impidiendo el uso de polietileno en la base, pero la razón de utilizar polietileno en la base es que el alabeo no se producirá, ya que no hay juntas en la superficie, y las juntas de hormigonado, están apretadas una con la otra; se está hablando de que son cientos de toneladas de compresión las que hay en una junta normal, las que son mucho más fuertes que el alabeo, y lo controlan sin necesidad de favorecer la pérdida de humedad por la base, que es lo que se hace en un pavimento tradicional.

En cuanto al hormigón, es un elemento que se define en proyecto, el parámetro que suele controlar es alcanzar la resistencia de 180 kg. al tercer día, por lo que se suele utilizar un hormigón H33, ya que generalmente las compresiones son bajas, de 1 a 25 mega pascales, y no se requiere un hormigón de alta resistencia, como un H40, pero se podría hacer en caso de que el proyecto lo requiriera.

En cuanto a las características y necesidades de terminación, aunque escapa de lo que es el post tensado, es importante ya que la calidad del acabado final de un pavimento de post tensado, depende mucho del hormigón, lo que está más relacionado con quienes hacen el acabado de hormigón, que con el post tensado.

Con respecto a los cables, son los típicos de baja relajación y de alta resistencia que se usan en cualquier obra de post tensado.

Y en cuanto a moldajes señaló que se vuelve a repetir de alguna manera lo que se dijo del hormigón, ya que en función de la característica de terminación que se quiera dar al radier se utilizará uno u otro tipo de moldaje, señalando que los moldajes metálicos no son adecuados para altas regularidades, permitiendo los de madera, un acabado mucho más fino, ya que se le puede dar una calidad milimétrica, lo que es independiente del post tensado ya que quien hace la terminación, para obtener sus objetivos, marca el tipo de moldaje que va a utilizar.

El sistema de curado está relacionado con la calidad de terminación que se quiera dar y las exigencias son similares a las de cualquier otro pavimento, es decir que se debe curar bien, y se recomienda la utilización de agua durante la primera semana de vida; en caso de radieres muy planos, es muy agradecido, ya que realmente en ellos se usa muy poca agua, porque al ser la regularidad milimétrica, la cantidad de agua que se retiene en el radier, es también milimétrica, lográndose resultados muy buenos



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Cada proyecto tiene necesidades de dureza superficial, lo interesante es que se han hecho muchos radieres post tensados sin endurecedor superficial, y la razón es que el pavimento post tensado limita la aparición de micro fisuras en la superficie favoreciendo la resistencia superficial del pavimento; evidentemente que al tener cargas muy pesada o muy agresivas, como ruedas metálicas o elementos que pudieran golpear, es recomendable el uso de endurecedor superficial.

Se muestra a los asistentes una lámina con un estado típico de obra, en la que aparece una calle pequeña, de cuatro metros para dar una gran calidad de acabado.

Destaca que no se puede hacer un radier, una calle de 20 mt. de ancho, y pretender una regularidad superficial muy alta, con 4 m. y utilizando una regla de acabado, se puede garantizar lo que se llama ultra planicidad, que en particular, en el caso que se hizo en Chile, resultó. La ultraplanicidad es un requerimiento del cliente en función de sus necesidades, no siendo un objetivo para cualquiera, y estima que en ocasiones se exagera la necesidad de ultra planicidad, en circunstancias que basta con un radier bien plano y con muy pocas juntas de hormigonado.

Un aspecto muy importante que no aparece en un radier tradicional, ya que allí dos hormigones de diferente edad, uno al lado del otro, se separan por una junta pudiendo moverse más o menos libremente uno respecto al otro, es una situación que no ocurre en el post tensado, ya que si se hormigona un paño, y se espera 8 días para hormigonar el siguiente, al comprimirlo, un elemento tiene muchísimo más acortamiento de pendiente que el otro, lo que puede significar, que al estar trabadas una placa contra la otra rozando intensamente en la unión, una le impida a la otra desarrollar su contracción natural y aparezca alguna fisura ortogonal a la junta de hormigonado; de manera que se debe controlar muy bien que los hormigones contiguos tengan edades similares, problema que no existiría a largo plazo, ya que lo que sucede en la primera semana, al cabo de un año no tiene ninguna influencia, pero ello explica el por qué es necesario que el proyecto indique la secuencia de hormigonado.

Señala a la supervisión como algo extremadamente importante y que ayuda mucho, aunque a veces el constructor sienta que hay excesiva presión, la supervisión debe garantizar una buena compactación de la base, un buen control geométrico, que las dilataciones estén bien hechas etc., en el control de hormigones es muy importante que cada mañana se rompa una probeta, y se diga por ejemplo que el presente día son 80 kg. y que se le puede dar una pre carga del 20%, que al día siguiente serán 100 kg., pudiendo darle una pre carga del 30%, pero es muy importante que cada día se sepa la resistencia que se tuvo el día anterior. Posteriormente, el control a los 28 días es igualmente importante, no siendo tan crítico en cuanto el proyecto haya sido suficientemente conservador.

En relación a la certificación, es habitual en cualquier obra de post tensado, y significa que todo fabricante de cable emite su certificado, toda empresa de colocación de post tensado también debe emitir un certificado con alargamientos, cargas de gato, y el control geométrico de la obra. Sobre el último punto, el control geométrico, insiste en su importancia, ya que



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

gran parte de los problemas de un radier post tensado surgen alrededor de ello, es decir, que no se le da la importancia a las dilataciones que tiene que haber.

Muestra una lámina en que se ve una calle muy larga, 50 mt. de largo aproximado, con un nivel de acabado muy bueno, en que el camión está pisando los cables, que están colocados en ambos sentidos, lo que no daña al cable ya que es de 18 mil kg. cm² de resistencia elástica, lo que si es posible dice, en casos de radieres muy grandes, es que haya que reparar algunas zonas de plastificado, pero lo importante es que si es posible llegar con el camión, habrá ahorro en la bomba, aunque a su juicio, al final eso sería un poco secundario.

En cuanto a las ventajas del pavimento post tensado, del por qué hacerlo, la primera y fundamental, es la reducción drástica de juntas, ya que ellas son normalmente el origen de los problemas de un pavimento, y de un mayor costo de mantenimiento; al eliminarlas, se elimina un problema a largo y a medio plazo: el alabeo progresivo constituye una desgracia con la que tiene que vivir el pavimento tradicional, ya que el hormigón está vivo no solo una semana en la que se está curándolo, sino hasta un año y medio, lo que significa que se le puede dejar con una calidad de acabado superficial muy buena, pero seguirá produciéndose una pérdida de humedad y una contracción del hormigón, lo que empeorará la calidad superficial del hormigón con los años. Esto se elimina con el post tensado, y si la planitud tiene un valor el día, un mes después de hacerse el pavimento, tendrá la misma planitud y un año después la misma regularidad superficial.

Por otra parte, se reduce el espesor del pavimento tradicional frente a uno post tensado porque el hormigón trabaja mucho mejor, le da mayor flexibilidad y permite por ejemplo, que se adapte mejor a un asiento diferencial, es decir que si un pilar asienta un poco, 1 pulgada, eso puede dar problemas de fractura en un pavimento tradicional, que uno de menor espesor puede soportar mejor; si el asiento es un poco catastrófico, evidentemente ningún pavimento lo resistirá.

Otra ventaja es el aumento de asiento superficial al impedir la aparición de micro fisuras o reducirlas drásticamente, lo que mejora el comportamiento de la superficie del hormigón, mejora la impermeabilidad, ya que el hormigón comprimido es mucho más impermeable que el sin comprimir, lo que es importante por ejemplo en depósitos. Hay experiencias de depósitos que se han hecho de hormigón post tensado, en las que el contenido son gases licuados, incluso con la tremenda expansión producida por un gas licuado.

La rapidez de ejecución es también una ventaja, pero que puede ser también un inconveniente en el sentido de que no se podrá parar la obra un mes y continuar después, ya que en ese caso se deberá inducir una junta de otro tipo; lo que se tiene que hacer entonces es seguir la obra desde que se empieza hasta que se acaba, a un ritmo marcado por el proyecto, lo cual constituye una ventaja porque garantiza un ritmo muy alto de trabajos.

Con relación a las necesidades de mantenimiento, ellas están asociadas a la reducción de juntas, las altas planitudes, la asociación de alabeo progresivo y a bajas temperaturas, porque al disminuir las micro fisuras, es más difícil que el agua penetre y haga el efecto de cuña, cuando se congela.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Presenta una lámina con un ejemplo muy bueno de post tensado, que es también un ejemplo típico de radier muy grande, con un buen acabado superficial.

Aplicaciones típicas de un radier post tensado son centros de distribución, ya que permiten mejorar la planitud que es una muy buena razón para utilizarlo en ellos, en donde incluso es posible reducir el costo de mantenimiento de maquinaria, que sufre mucho al atravesar las juntas y tacletear en cada una de ellas, sufre el pavimento y las maquinarias, siendo esta última mucho más cara que el pavimento. El costo que significa hacer un pavimento post tensado en un centro de distribución, es insignificante respecto al costo de un centro de distribución, y en tal caso estima más importante el análisis técnico que el económico.

Se aplica también en puertos y aeropuertos, debido a la gran capacidad aportante, ya que se comporta mucho mejor. Comenta la experiencia de aterrizar en un aeropuerto que tenga el pavimento post tensado, que es mucho más agradable que aterrizar en uno normal, ya que el avión desliza mucho mejor.

Se ha utilizado en puertos, ya que la influencia salina, todavía perjudica más los problemas de mantenimiento al introducirse en las juntas y acelerar los procesos de degradación; al evitar las juntas y las micro fisuras, la durabilidad de un pavimento en puertos aumentará mucho. Tal vez en puertos, sea un ámbito donde utilizar pavimentos con armadura adherente, precisamente porque la corrosión, si alcanzara a afectar a la zona del anclaje, el cable engrasado plastificado se suelta, si falla la cuña.

Respecto al uso residencial, es un uso que pareciera minoritario, porque hacer la fundación de una casa con un radier post tensado parece una obra muy pequeña, pero, en EE.UU. hay más de cien mil casas fundadas en pavimentos post tensados, lo que se justifica en caso de tener suelos expansivos, y en Santiago existe una zona en donde ello sería potencialmente aplicable, muy importante La Dehesa, pero además todo Chile tiene muchas zonas de pantanos que están urbanizándose, y que dan muchos problemas a los constructores, que luego, tienen que estar haciendo el mantenimiento durante el período de garantía con muchas dificultades: el pavimento que se propone lo que hace es un bloque rígido bajo de la casa, indiferente a los cambios que tenga el terreno debajo de la casa.

En relación con depósitos y camas frías, al mejorar la impermeabilidad de los depósitos, cree que produce la suficiente ventaja como para considerarlo una buena aplicación.

Otros usos menos frecuentes y algunos un poco divertidos, son por ejemplo el campo deportivo, si se hace una pista de tenis en un mal terreno, en muy poco tiempo no será apta para tenis; en túneles por ejemplo, en donde el mantenimiento de pavimentos tiene cierta complicación de seguridad, hacer un pavimento que dure 25 años sería un gran idea, y en el caso de los túneles no existe la influencia solar, el túnel mantiene una temperatura muy homogénea, y permite hacer un pavimento de mucha longitud sin grandes problemas de dilatación y contracción.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Muestra ilustraciones a los asistentes con ejemplos, de cancha de tenis, de pavimento portuario en donde aparece una zona de apilación de contenedores y con tráfico de grúas, lo que es muy pesado, con una ampliación, y dijo que el resultado era excelente con aquel tipo de cargas, y que tales pavimentos suelen ser muy reforzados, incluso refuerzo pasivo, mostró otro caso de uso en vialidad, en que la forma del post tensado transversal, estaría justificada debido a la poca longitud que tiene el cable, para reducir la importancia de la pérdida de las cuñas.

Se refiere al hormigón post tensado en Chile como introducción para mencionar al radier post tensado en el país. Señala la existencia de un par de campos en donde se utiliza habitualmente a aun nivel comparable o superior a muchos países modernos, losas post tensadas de edificación hay hechas 1 millón y medio de m², anclajes al terreno sin conocer exactamente la cantidad destaca que son muchos, siendo una solución habitual que compute normalmente.

Campos poco frecuentes de utilización son los puentes, ya que prácticamente no existe el puente de losa en Chile sino los de vigas, puentes de luces medianas; por ejemplo al cruzar el Mapocho, se podría cruzar con un puente post tensado sin hacerle pilas en medio, lo que es muy poco empleado, habiendo muy pocas referencias recientes.

En cuanto a depósitos de contención de gases y líquidos mencionó la existencia de ellos con post tensado, no siendo tampoco lo habitual, y espera que ello se empiece a hacer en breve.

En radiers post tensados ocurre lo mismo, se han hecho muy pocos, y se espera que sea un campo en que la aplicación se convierta en normal en un lapso más o menos breve, y que las pasarelas no las menciona porque sea significativo el volumen de consumo en post tensado, sino porque se han hecho algunas, bastante bonitas.

Para que los organismos de vivienda de EE.UU. aceptaran el sistema de radiers post tensados, hubo que hacer muchas pruebas, una que fue muy pintoresca incluyó la realización de un pedazo de radier, quitarle el sustento en la punta, y cargar la punta con plomo, la que se cargó con par de m. de plomo de altura, y el radier no sufrió daños, lo que permitió a las administraciones norteamericanas, aprobar el sistema en viviendas, sobre todo en viviendas sociales en el que también se utiliza frecuentemente.

En Chile, como VSL se ha hecho un gran centro de distribución, la Casa Piedra..., en donde el cliente tuvo un interés muy fuerte en la planitud, y la que obtuvo fue realmente espectacular, con parámetros de planitud muy superiores, incluso a los que se puede obtener en EE.UU., país en donde la planitud se trabaja muy bien.

A diferencia de otros años, se están estudiando radiers, es un mercado que se está abriendo y se espera que siendo todavía en proporciones muy pequeñas, en los próximos años alcancen valores, que permitan notar la proporción de pavimentos post tensados que se hagan, quizá no el 50% dice, pero debería ser significativo, no marginal.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Se han estudiado radieres con relativa frecuencia, en los que se ha encontrado cierta oposición a la experimentación; señala que el radier post tensado es muy habitual en EE.UU., Australia, en algún país asiático, frecuente en Alemania, un poco raro por ejemplo en España, ya que allí no es muy habitual, pero en EE.UU. es considerado una de las mejores soluciones, con una muy buena experiencia, en donde la industria es muy dinámica, y aprovecha las ventajas de lo que le ofrece el mercado.

Espera que el motivo principal de que hasta ahora haya habido un rechazo a hacer un “experimento” deje de serlo y que los propietarios, o el cliente final, acepten que es el segundo, tercer o décimo radier que se hace en Chile, y esta tecnología se implante en los próximos años.

Muestra una lámina del radier de la Casa de Piedra, en donde se aprecian las puntas de hormigonado, señalando también que los colores del hormigón nunca son iguales de un día al otro, dice que la forma de construir allí fue por etapas, dándose al tercer día el post tensado transversal, debiendo mantenerse tal ritmo durante toda la obra, lo que significa estar haciendo 1000 m² diarios en esa obra. En otra menor, serían 500 m², pero manteniendo siempre el ritmo, y no esperar que una franja tenga 8 días para hormigonar la siguiente, ya que en tal caso, se podrían inducir fisuras.

Muestra la impresionante magnitud del radier de la obra, añade que la dilatación de los pilares es redonda, lo que es un elemento de gran responsabilidad ya que tiene que estar muy bien dilatado.

Muestra otra lámina con el aspecto de la entrada, en donde se produce un detalle de proyecto muy importante en centros de distribución, como es que un línea del radier se corre en una determinada dirección, desplazándose en ese lado un par de cm., lo que significa que todos los medios mecánicos para facilitar el acceso de mercancías en los camiones, deben estar preparados para permitir el mencionado movimiento, o para que dentro de un año o año y medio, se cierre definitivamente, la junta que se forma, producto del inevitable movimiento del pavimento.

Preguntas:

En muchas obras industriales se requiere a futuro demoler algún área de radier a fin de hacer alguna construcción, lo que obligaría al corte de cables, qué ocurre en ese caso?

Respuesta:

Normalmente en lo que son pasadas nuevas sobre una ya hecha, hay que llamar a quien hizo el post tensado para que esté presente, coloque nuevos anclajes en toda la zona a cortar, y tense una vez cortado el cable, para evitar que se pierda la continuidad de post tensado, lo que en principio requiere cuidado, pero no es una operación crítica, y es muy compatible con que la estructura siga en servicio.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Pregunta:

Lo anterior le queda claro cuando el cable es en sistema no adherente, pero al ser adherente –qué ocurre?

Respuesta:

Al ser adherente habría menos problemas, ya que la adherencia estaría garantizando el anclaje, y salvo secciones extremadamente post tensadas, las que no son habituales en radieres, existe suficiente hormigón alrededor del cable como para anclarlo, sin necesidad de nuevos anclajes, siendo ella una reparación también cuidadosa, pero tal vez, menos importante.

Pregunta:

Pregunta orientada a los costos, si se tienen términos referenciales con respecto al costo del radier post tensado respecto del tradicional.

Respuesta:

Se han hecho estudios, en que si el radier tradicional está estudiado con la misma normativa ACI, con las mismas cargas y suponiendo una durabilidad equivalente, el costo sería muy similar, ya que se está reduciendo hormigón para hacer un post tensado, y se está eliminando el acero pasivo que se debe colocar en uno tradicional; se elimina también el tratamiento de juntas que tiene un costo elevado; a pesar de ello, se suelen hacer los pavimentos tradicionales con muy poco refuerzo, por lo que dice, "a pesar de eso" sigue siendo hoy en día, un poco más caro el pavimento post tensado.

Pero estima que sus ventajas justifican al cliente en el pequeño esfuerzo, ya que en un centro de distribución que cuesta millones de dólares, gastarse un 5% más en el costo del pavimento, hay que ser muy fino para poder detectarlo en la contabilidad: Sin embargo cree que si el pavimento está estudiado en tradicional con todo el acero que dice el ACI que se debe poner, el precio sería parejo.

Para él la diferencia no es significativa, y se puede dar el caso de que se presione mucho en el precio del radier, y luego se utilice por ejemplo en las oficinas, un pavimento que cueste la diferencia del precio, por lo que cree que el análisis económico no se debiera hacer cerrado solamente al precio en que se ve, sino teniendo en cuenta por ejemplo, la durabilidad y la tranquilidad, ya que son muchos años de estar tranquilos y no años de estar pendientes del pavimento.

Pregunta:

En el caso de hacer un análisis cerrado comparativo, que porcentaje sería superior el costo del post tensado.



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

Respuesta:

Es lo que he indicado, en caso de ser un pavimento bien reforzado, equivalente de verdad, el costo sería muy similar, en caso de ser un pavimento con menos cuantía de la indicada por la ACI, se podría estar desde un 5% a 10% arriba, pero no más allá, más que eso significaría o, que es un pavimento está mal estudiado o que el otro proyecto sería demasiado conservador.

Pregunta:

En cuanto a la parte constructiva, entiende que el radier de Casa Piedra, se hizo una vez que estaba todo techado, pregunta si ello sería una condición o una ventaja, o si habría experiencia en radieres post tensados abiertos, aunque dice que dentro de las láminas mostradas en la exposición se vio puertos y aeropuertos.

Respuesta:

Para obtener ultra planitud sería fundamental el techo, ya que si el sol le da al moldaje, y éste es de madera, se deformará, por lo que nadie conseguirá planitud en un radier si no está techado. Comenta que el hormigón es mucho más agradecido techado que al aire libre, y se pudo comprobar que el buen curado y el hecho de estar techado favorecía mucho el control de la fisuración a temprana edad, la que no se tuvo en la obra de Casa Piedra. Incluso menciona, en un paño grande que se hizo, en que no se pudo post tensar hasta el tercer día, en donde no se respetó la regla de post tensar al día siguiente, haciéndolo por circunstancias especiales al tercer día, no se produjo ninguna retracción de fisuración, ninguna expresión de retracción, y señaló que sin duda en un pavimento al aire libre hay que tener mucho más cuidado con ello.

Pregunta:

Consulta por otra desventaja del sistema, especialmente en cuanto a fisuraciones laterales.

Respuesta:

Señala que en pavimentos grandes, de más de 60 mt., se podrá notar que todo el contorno se mueve, y se habla por ejemplo de 1 cm. que sería mucho movimiento, el cliente debe asumir ello, y de no hacerlo no se hará un pavimento post tensado, es decir que si no es consciente de que se va a deformar, de que la entrada del radier tendrá una fisura, o una abertura que puede ser centimétrica, si no puede aceptarlo, no cree que se haga el radier, ya que la solución de post tensar desde fuera, no es compatible, por lo que ya mencionó en cuanto a tener cerrada la estructura para hormigonar sin sol. El post tensado desde fuera de la estructura podría hacerse, levantando las paredes después de haber hecho el pavimento, pero cree que ello no es habitual en radieres industriales. Diferente es en un radier a la intemperie, en donde ello se produce igualmente, teniendo que tenerse el mismo cuidado ya que la transición entre un pavimento de hormigón y uno bituminoso que esté al lado, es complicada, y si el radier va a moverse dos o tres cm. habrá que estar tratando durante el primer año esa junta, esa transición entre un



CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION
Comisión de Tecnología e Innovación

pavimento de un tipo y de otro, por lo que resulta complicado mezclar dos tipos de pavimento, lo es en uno tradicional, pero en el caso particular, es un poco más complicado.

Pregunta:

Señala que si bien es cierto, los pavimentos eliminan completamente las juntas, pregunta si hay posibilidades de que en el tiempo se puedan marcar esas juntas debido a una mayor retracción u otros efectos del hormigón, y como se podría solucionar ello.

Respuesta:

Está claro que toda fisura que se marque será un problema, pero hay que imaginarse que no se trata de dos pedazos de hormigón uno al lado del otro, sino de dos grandes losas de hormigón que tienen cientos de toneladas de compresión; en el caso de que se tuvieran por ejemplo, tres cables por m., serían 50 toneladas de compresión por m. de radier, lo que significa una fuerza enorme y que es muy difícil de separar. Lo que no quiere decir que si hubieran problemas de ejecución, o de que no esté bien nivelada la base y el radier se ancle en un punto, se fisura detrás; si el pilar no está dilatado el radier golpeará al pilar, fisurándose el radier.

Pero con buena ejecución, no tendrían por qué aparecer fisuras, aunque Murphy (la ley de Murphy) siempre está detrás de cualquier obra, dispuesto a contradecir lo que se diga.

Estima que el resultado es muy bueno, hay experiencias en EE.UU. de 10 a 15 años de durabilidad sin mantenimiento de juntas, lo que es muy bueno. El sellado de juntas, en caso de que se produzcan, es complicado; en un hormigón tradicional, si se produce una fisura en un paño, se sella al borde de arriba y el problema se soluciona, sellar el borde de arriba en un hormigón post tensado, es muy contraproducente, ya que al sellar la parte superior de la fisura, sigue apretando en el tiempo el hormigón, se puede romper todo el triángulo de arriba, lo que significa que cualquier reparación implica penetrar hasta la base de la fisura.

Ello en caso de que se requiera, pero como ha dicho, lo normal es que no se haga, ya que si está bien ejecutado, lo normal es que no haya necesidad de mantenimiento durante 10 a 15 años.

Se agradece al señor Cabello su interesante exposición, brindándole un aplauso.

Construcción de Radieres Postensados

Experiencia de VSL en Chile

INDICE

QUE ES UN RADIER POSTENSADO

COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO

POR QUE HACER UN RADIER POSTENSADO

EL HORMIGON POSTENSADO EN CHILE

RADIERES POSTENSADOS EN CHILE

QUE ES UN RADIER POSTENSADO

Esquema general de funcionamiento.

Pavimento de hormigón tradicional:

Resistencia a flexión mediante refuerzos de acero.
Traspaso de corte mediante barras.
Deformación en cada junta = $d/1$

Pavimento de hormigón postensado:

Resistencia a flexión mediante la precompresión del hormigón.
Traspaso de corte por continuidad de postensado.
Deformación en cada extremo = $D1+D2$

Relación aproximada: $D1+D2=Sd/1$

Creating
Solutions
Together

VSL

QUE ES UN RADIER POSTENSADO



QUE ES UN RADIER POSTENSADO

Esquema general de cálculo.

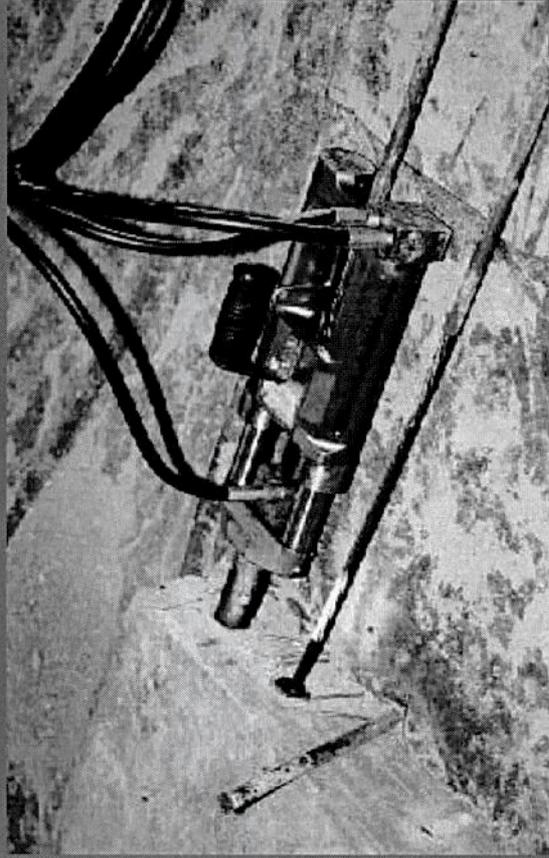
- Normativa de aplicación: ACI 360 R92
- Modelo de cálculo de elementos finitos apoyados sobre medio elástico continuo (coeficiente de balasto).
- Análisis de postensado estándar con pérdidas adicionales de fricción losa-suelo.
- Consideraciones especiales:
 - Efecto térmico.
 - Efecto de fatiga.
 - Secuencia constructiva.

QUE ES UN RADIER POSTENSADO

Diferencias con otros tipos de estructuras postensadas:

- La fricción losa-suelo.
 - $Fr = m * W$
 - Valores típicos de m desde 1.0 hasta 0.2
 - Valor recomendado $m = 0.3$ para doble lámina de polietileno.
- La transferencia de carga de postensado.
 - Precarga a t+1 días, se realiza en función de la resistencia determinada (aunque sea muy baja).
 - Carga final de postensado a t+3 días (o 180 Kg./cm²).

QUE ES UN RADIER POSTENSADO



QUE ES UN RADIER POSTENSADO

Sistemas de postensado.

Sistemas no adherentes

Descripción
Monotorón 0.5" o 0.6"

Cable engrasado plastificado

Ventajas

Limpieza
Rapidez

Sistemas adherentes

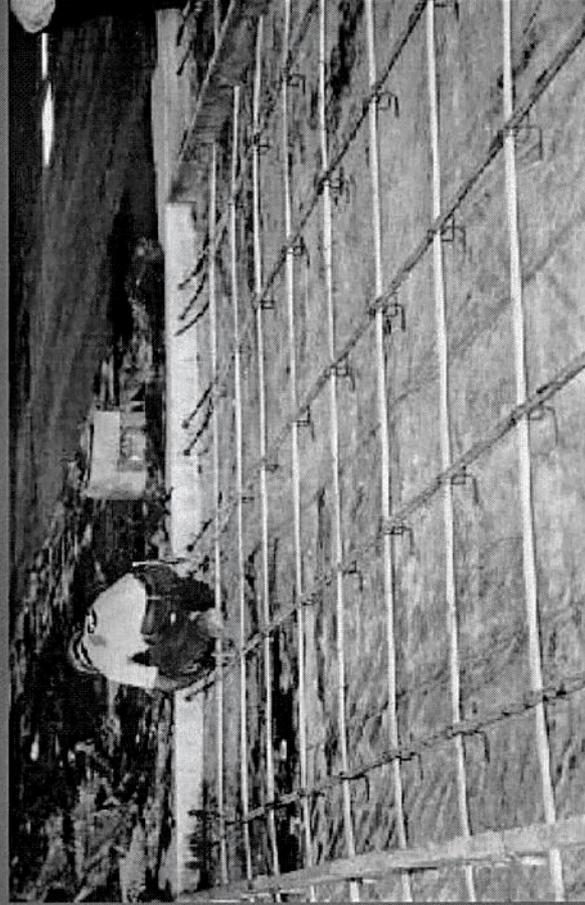
Monotorón o multitorón
en cable 0.5" o 0.6"

Inyección en ducto tras
transferencia

Capacidad resistente
Grandes cargas

QUE ES UN RADIER POSTENSADO

Sistema no adherente



Sistema adherente



COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO

Información de proyecto:

1. Secuencia de hormigonado, vaciados y juntas de tensado.
2. Refuerzos de acero pasivo (usualmente de 1.0 a 2.0 Kg./m²).
3. Cables de postensado:
pre compresiones entre 1.0 hasta 2.5 Mpa
4. Movimiento de losa y dilataciones (0.4 a 0.6%)
5. Materiales, especificaciones técnicas y detalles

COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO

Componentes de un radier postensado:

Componente

Propiedades destacadas

.La base:

regularidad y compactación.

.Polietileno:

recomendado 2 capas de 0.10 o 0.15 mm.

.Hormigón:

resistencia según proyecto y características según necesidades de terminación

.Cables:

ASTM A 416-85 Grado 270.

.Moldajes:

características según necesidades de terminación.

.Sistema de curado:

exigencias similares a las de cualquier pavimento.

.Endurecedor superficial:

características según necesidades de terminación.

COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO



COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO

La interacción entre el proyecto y el hormigonado:

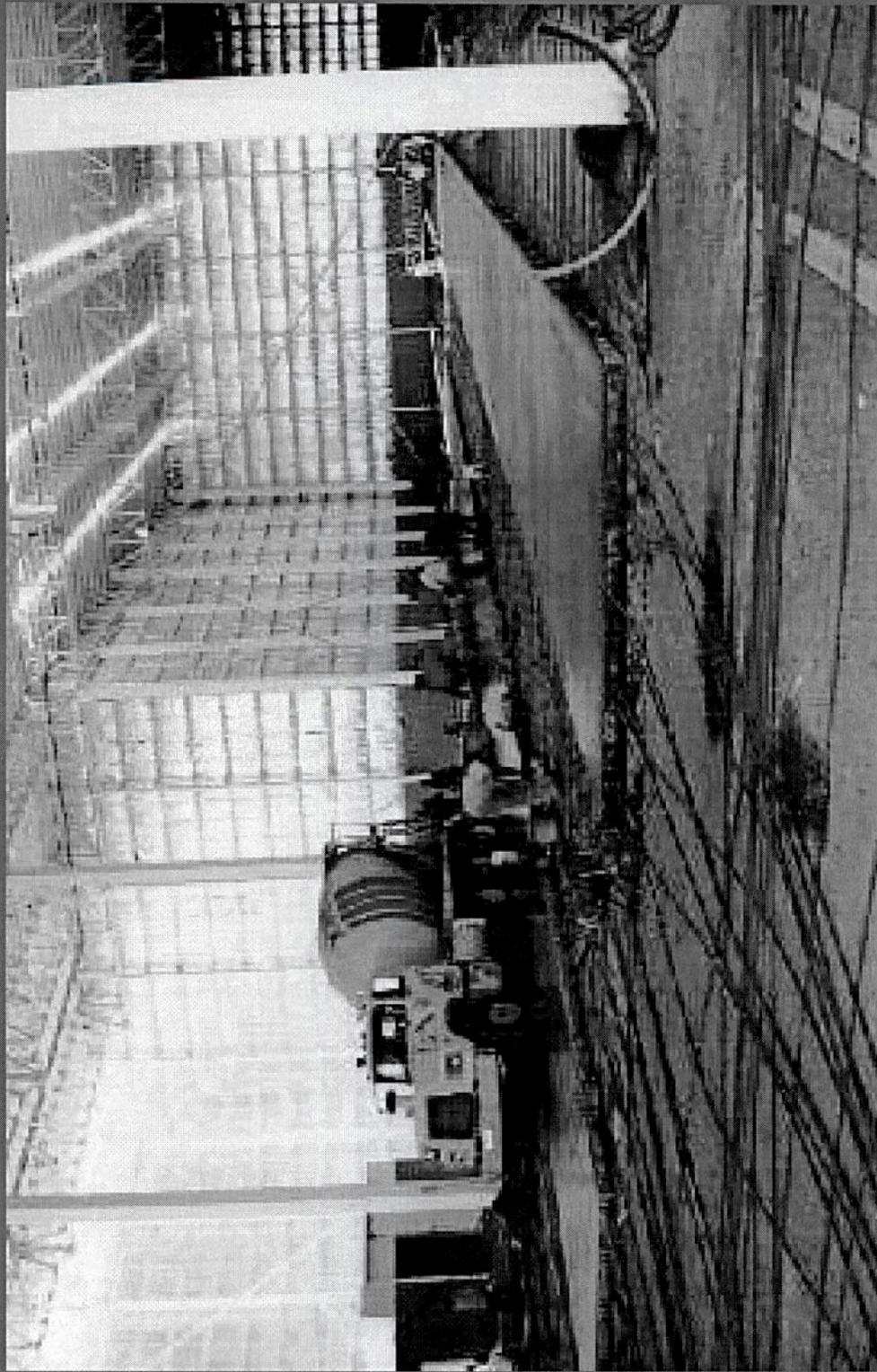
- Homogeneidad de edades entre vaciados contiguos.
- Los acortamientos pendientes entre dos vaciados contiguos deben ser lo más parecidos entre sí.

COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO

Supervisión de obra:

- Control de compactaciones de base y sub - base.
- Control geométrico.
- Control de hormigones.
- Certificación de postensado.
- Verificación de dilataciones de columnas y contorno.

COMO SE HACE UN RADIER POSTENSADO



POR QUE HACER UN RADIER POSTENSADO

Ventajas del pavimento postensado:

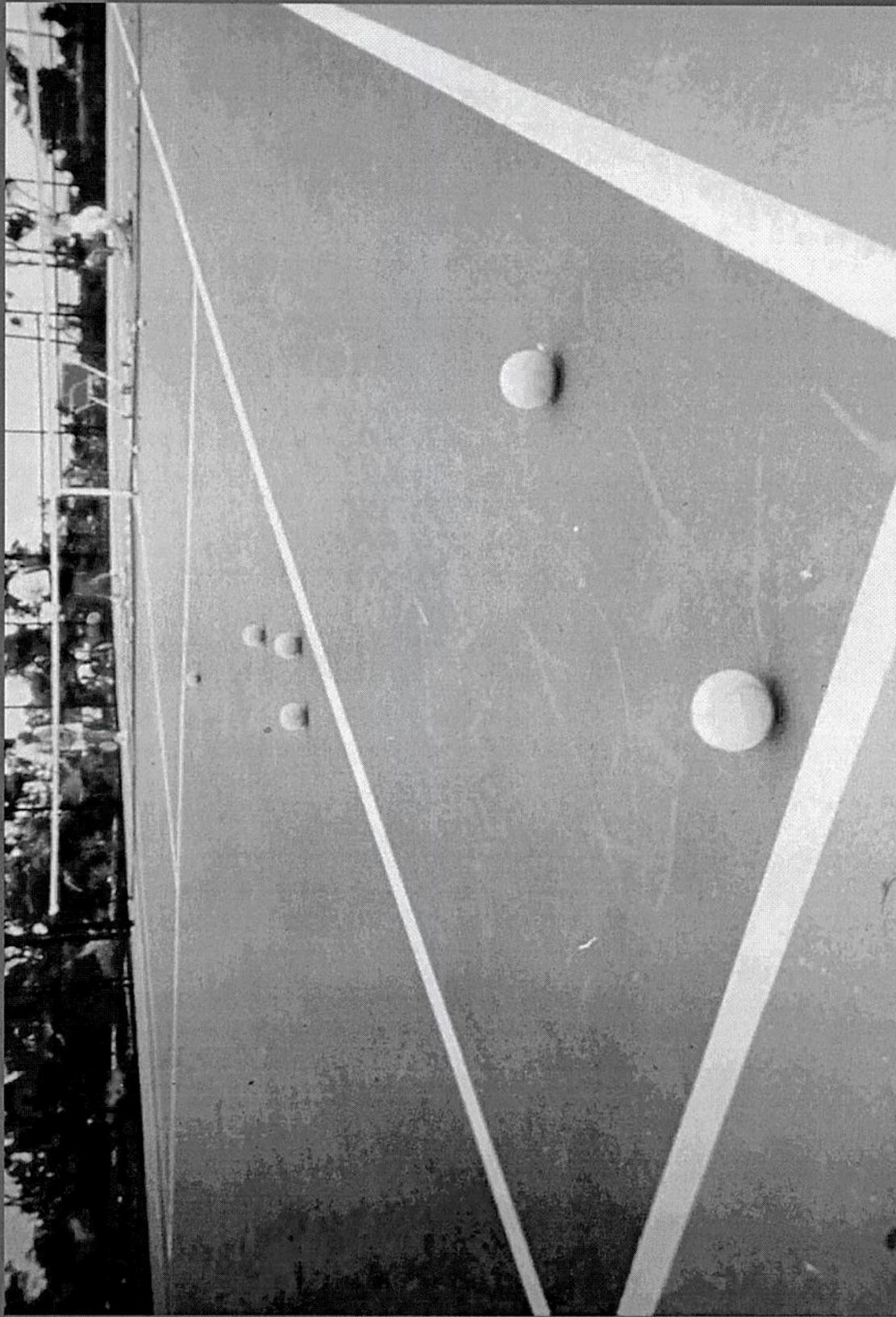
- REDUCCIÓN DRÁSTICA DE JUNTAS
- Eliminación del alabeo progresivo de juntas (hasta 18 meses de retracción).
- Mayor flexibilidad por reducción de espesor.
- Aumento de la resistencia superficial.
- Mejora impermeabilidad.
- Rapidez de ejecución.
- Reducción de las necesidades de mantenimiento.
- Permite alcanzar altas planitudes.
- Mayor resistencia a bajas temperaturas (heladas).

POR QUE HACER UN RADIER POSTENSADO

Aplicaciones del radier postensado:

- Centros de distribución:
 - Puertos y aeropuertos:
 - Uso residencial:
 - Depósitos y cámaras frías:
 - Otros usos
- permite mayor planitud.
 - gracias a la gran capacidad portante.
 - suelo expansivos.
 - mayor impermeabilidad.
 - Campos deportivos, Túneles

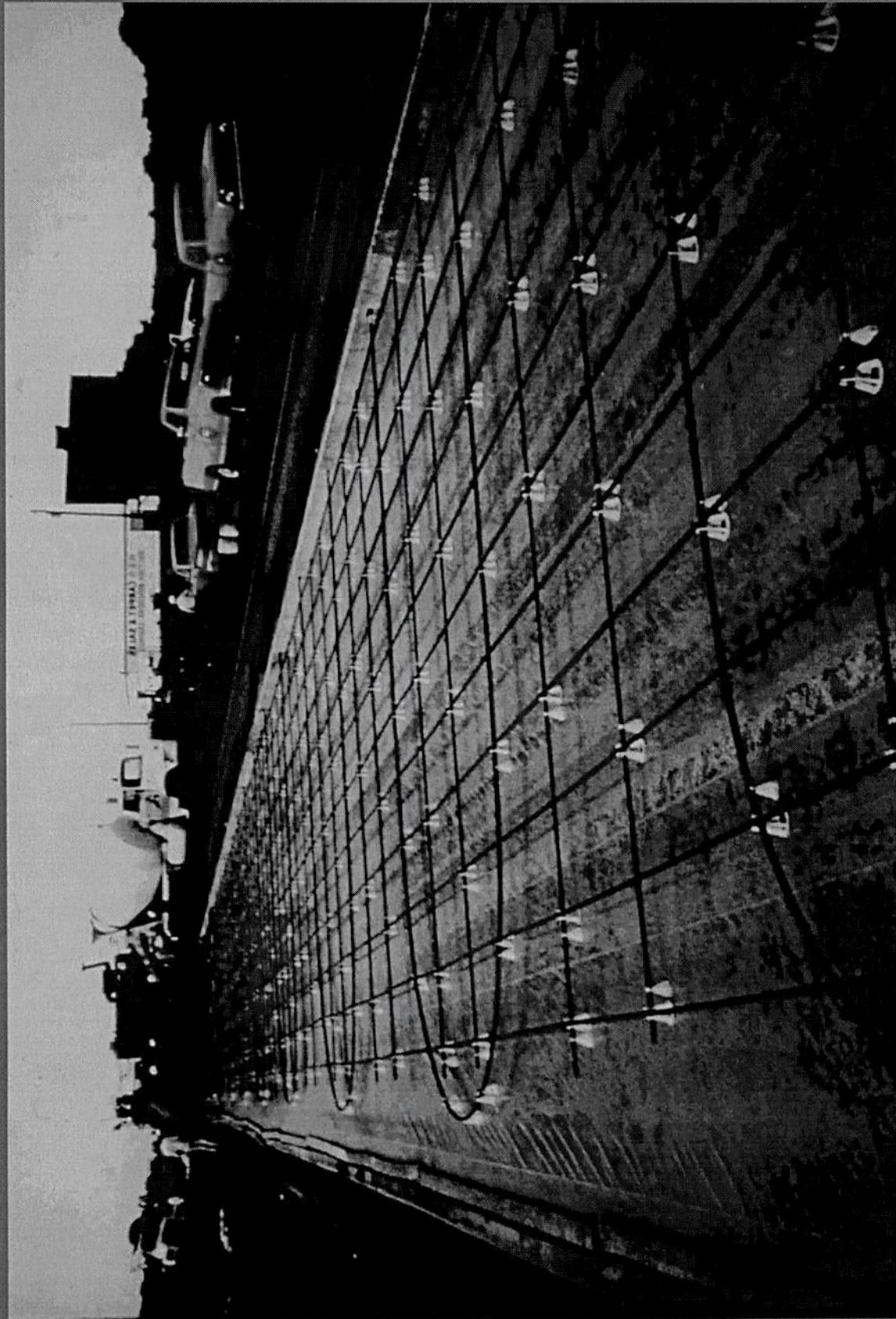
Uso en cancha de tenis



Uso en puertos



Uso en vialidad



EL HORMIGÓN POSTENSADO EN CHILE

Campos de aplicación habituales.

- Losas postensadas de edificación.
- Anclajes al terreno.

Campos donde es poco frecuente.

- Puentes losa y puentes de luces medianas (50 a 80m).
- Depósitos de contención de gases y líquidos.
- Radieres postensados.
- Pasarelas.

Uso en depósitos



Uso residencial

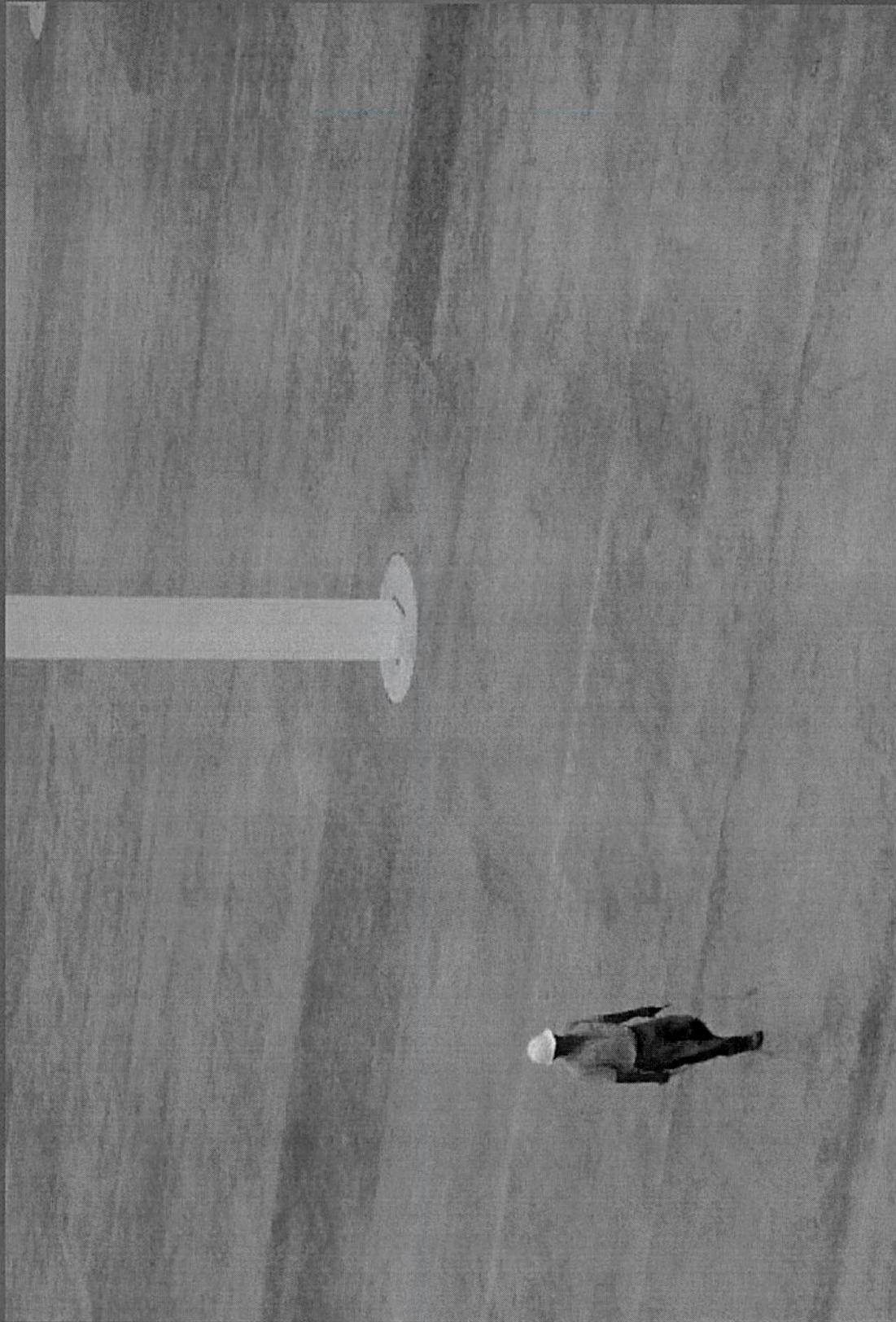


RADIERES POSTENSADOS EN CHILE

- La Casa de Piedra (Centro de Distribución Nestlé).
- Radieres contratados, próximos a ejecutarse (aprox. una superficie de 2.000 m²)
- Radieres que en este momento están en estudio (aprox. una superficie de 10.000 m²).
- Radieres que no se han hecho.

La Casa de Piedra

VSL



La Casa de Piedra

