

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS LA FARFANA

HUELE A NUEVO

Más allá de los cinco años que transcurrieron desde su inauguración, la planta La Farfana se mantiene vigente. No sólo porque se encuentra en pleno funcionamiento, sino por las obras posteriores para mitigar los malos olores y por la nueva planta que construirá el mandante, Aguas Andinas, en terrenos de la planta El Trebal. Además, hasta el día de hoy La Farfana es considerada una de las plantas de tratamiento de aguas servidas más grande del mundo en construirse en una sola etapa. Hay múltiples elementos a abordar, como construcción, montaje y proceso de tratamiento de aguas servidas. Esto empieza a oler bien.

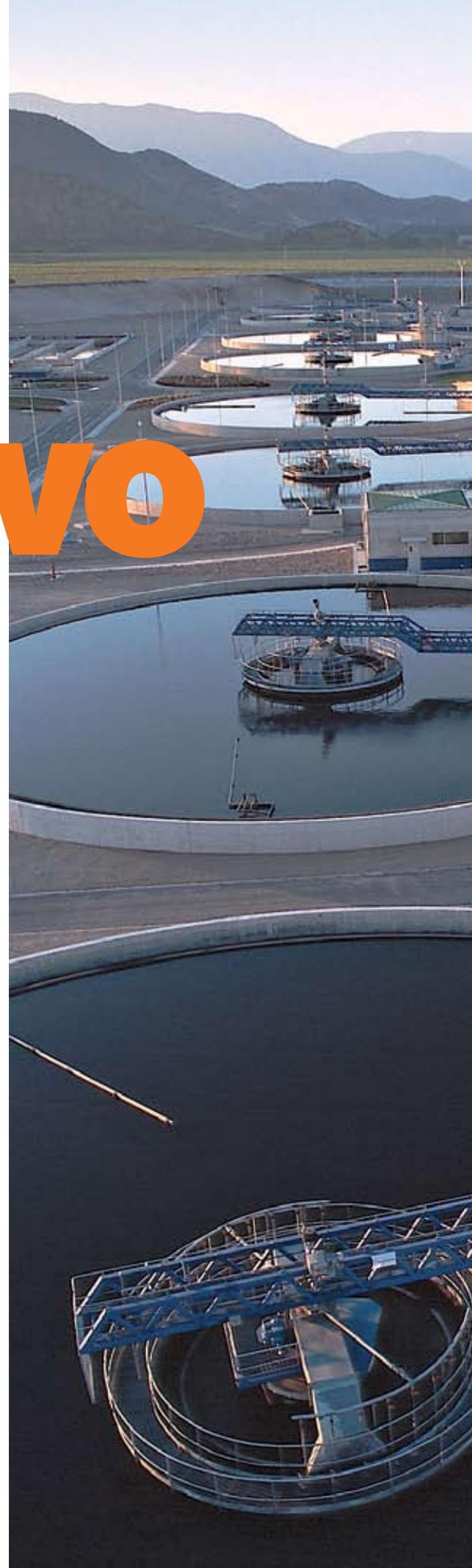
PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

MONUMENTAL. Propios y extraños la catalogan como uno de los hitos constructivos más grandes de nuestro país. No es para menos, la construcción de la planta La Farfana equivalió a edificar al mismo tiempo 150 edificios de cinco pisos con 27 grúas torre trabajando simultáneamente. Impresionante.

En noviembre del 2001 se pusieron en marcha las faenas de construcción. Hoy, a punto de cumplir siete años desde esa histórica fecha, Revista BiT presenta los desafíos constructivos más importantes de una de las plantas de tratamiento de aguas servidas más grande del mundo, construida en una sola etapa y en tiempo récord para su envergadura, sólo 20 meses.

La construcción tiene méritos, y de sobra. Claro, no fue sencillo. "La complejidad consistió en administrar este inmenso proyecto, controlando procesos simultáneos y enormes cantidades de recursos humanos, materiales y obras. A pesar de todo, los trabajos finalizaron tres meses antes de lo estipulado", indica Luis Fuentes, gerente de ingeniería de Aguas Andinas, mandante del proyecto.

La construcción se adjudicó en marzo de 2001, bajo la modalidad de "Llave en Mano con Garantía de Tratamiento", a la compañía francesa Degremont S.A., especialista mundial en diseño y construcción de plantas de tratamiento de aguas servidas. A su vez, la empresa gala subcontrató los servicios de dos especialistas de peso, empresa constructora Tecsa S.A. y Construcción Sigdo Koppers S.A., que operaron bajo el nombre de TSK, con-





FICHA TÉCNICA

Ubicación: Sector de la Farfana, Maipú

Tipo de tratamiento: Lodos activados convencionales con digestión anaeróbica

Población saneada: 3.294.000 habitantes

Comunas beneficiadas: Santiago, Providencia, Macul, La Reina, Ñuñoa, San Joaquín, Peñalolén, La Florida, San Miguel, La Granja, La Cisterna, San Ramón, Pedro Aguirre Cerda, Quinta Normal, Lo Espejo, Estación Central, Las Condes, Pudahuel y Lo Prado

Caudal depuración: 8,8 m³/s (medio anual).
15,0 m³/s (máximo horario)

Inversión: US\$ 315 millones

Mandante y bases del diseño: Aguas Andinas

Contrato principal: Ondeo Degrémont

SUBCONTRATOS PRINCIPALES

Obras civiles: TSK Ltda.

(Consortio Tecsá-Sigdo Koppers)

Montaje: Mendes Junior & Asociados S.A.

Inspección en obra para Degrémont S.A.: ICESA

Inspección en obra para Aguas Andinas:

Ingendesa

Ingeniería obras civiles: Cade-Idepe

Período de construcción: 2001-2003

DATOS DE CONSTRUCCIÓN OBRAS CIVILES

Excavaciones: 2.650.000 m³

Rellenos: 1.400.000 m³

Hormigón estructural: 160.000 m³

Acero estructural: 19.000 t

Ductos/Cañerías subterráneas: 50.000 m

Conductores Eléctricos y de Control: 520.000 m

Emisario La Farfana: 7.630 m

Canal de Descarga Aguas Tratadas: 1.400 m

Potencia Instalada: 18 Megawatts (MW)

Superficie Planta: 60 hectáreas

GENTILEZA SIGDO KOPPERS



GENTILEZA DEGRÉMONT

Esquema del proceso de tratamiento de aguas servidas de la Farfana.



GENTILEZA AGUAS ANDINAS

Una grúa reticulada levanta un peso de 25 t y lo suelta en caída libre. Detalle del peso que compacta el terreno en base a pomacita.



GENTILEZA DEGRÉMONT

movimiento de tierra masivo, se retiró el material arcilloso hasta llegar al suelo existente que, en esa zona, es del tipo pomacita con el objeto de lograr suelos aptos para fundar. Primero se hicieron excavaciones y rellenos estructurales, donde se emplazaría la planta y

luego se generaron plataformas, en distintos niveles, para construir las distintas unidades estructurales que conformarían la planta”, indica Francisco Valdivia, gerente general de contrato de TSK.

La pomacita es un material de origen volcánico que se encuentra en la zona. Para dar con la densidad requerida y luego construir, el proyecto contemplaba, por ejemplo, en el área donde se ubicaron los digestores, la aplicación de un sistema de compactación de suelo denominado “Compactación Dinámica”, una tecnología innovadora para ese momento, especialmente en la Región Metropolitana. El sistema consiste en dejar caer un peso de 25 t sobre el terreno a compactar, utilizando una grúa reticulada. Las cargas en La Farfana se dejaban caer desde 32 m de altura en caída libre, para ir logrando una plataforma adecuada hasta que el terreno quedara apto para fundar”, recuerda Valdivia de TSK. Luego se comenzó a trabajar en las obras civiles y en la ingeniería de detalles. Las cifras impactan: 160 mil m³ de hormigón y 19 mil t de acero para las estructuras. Se hicieron 1.400.000 m³ de rellenos y se instalaron más de 300 km de cañerías.

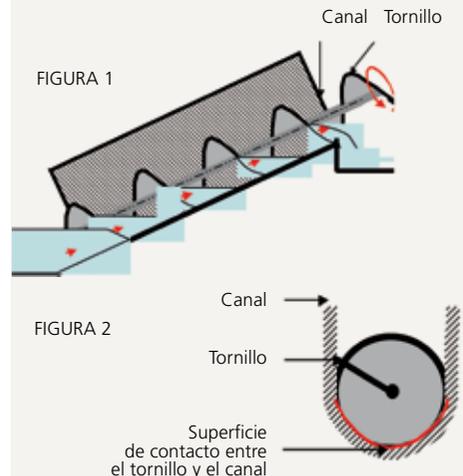
Montaje de tornillos

Entremos en la planta. La tecnología usada en La Farfana para tratar las aguas se conoce como “Lodos Activados Convencionales”,

que integra línea de agua y lodos. Comencemos. Las aguas llegan a través de un emisario de 7 km hasta la cámara de gruesos de la planta. Allí se sitúan las rejas de desbaste de paso de 10 cm y luego la cámara de aspiración, desde donde mediante una batería de 5 tornillos de Arquímedes (ver fig. 1 y 2), cada uno de 3,7 m de diámetro y 19 m de longitud, se elevan las aguas servidas a una altura aproximada de 10 m para escurrir por gravedad a lo largo de todo el proceso.

Hasta aquí todo perfecto. Si bien TSK ya sumaba experiencia con El Trebal, La Farfana representó un reto mayúsculo. Solucionada la

FUNCIONAMIENTO DE LOS TORNILLOS



El tornillo toma apoyo inferior al pie de un canal inclinado de sección hemisférica en el cual está colocado (fig. 1). Movido por un motor gigante que posee en su parte superior, desplaza el volumen de aguas encerrado en la cavidad hacia lo alto, liberándolo al final del tornillo. En la figura 2 se aprecia el tornillo visto de frente.

PASO A PASO DEL MONTAJE DE LOS TORNILLOS SIN FIN

1. Los tornillos llegaban armados a la obra.
2. Detalle de la envergadura de los tornillos que son de 3,7 m de diámetro y 19 m de longitud.
3. Una vez en el suelo son izados por dos grúas simultáneas de 150 toneladas.
4. Los cinco tornillos montados en los cajones de hormigón.
5. El proceso se inicia cuando el agua que viene del emisario llega a los tornillos.
6. Prueba de los tornillos elevando el agua hacia la cota cero.



GENTILEZA DEGRÉMONT



compactación, un segundo inconveniente se aproximaba. Por la topografía del terreno, y a diferencia del Trebal, la cota con que llegan las aguas servidas a la Farfana es más baja que el nivel de fundación de la planta. "Como era muy caro bajar la planta a nivel de entrada de las aguas, se decidió levantar la cota de ella a través de bombeo, para ello Degrémont S.A. suministró cinco tornillos sin fin o Tornillos de Arquímedes, que se fabricaron en Bélgica y venían armados en una sola pieza para montarlos", señala Burstein. Ponga atención: Se montaron con dos grúas simultáneas de 150 t, ya que cada uno de estos gigantes elementos pesaba cerca de 25 toneladas.

Tras el montaje de los tornillos, insertos en cajones de hormigón, no resultó tan simple ponerlos en operación. Por diseño debía existir una tolerancia de 1 cm a lo largo del tornillo, entre las aspas y el hormigón. "Lograr 1 cm de tolerancia cuando se hacen hormigones es muy difícil. Lo que hicimos fue colocar en cada tornillo un ángulo o lana de acero provisoria de 1 cm a lo largo de las aspas, con el fin de dar el espesor solicitado de forma tal que fuera el giro del propio tornillo que dejara la superficie perfectamente alineada y lisa para un correcto funcionamiento hidráulico de los tornillos", indica Mauricio Burstein. Se hormigonó, se colocó el ángulo, y antes que endureciera el concreto se giró el tornillo para que quedara a una distancia uniforme.

El proceso sigue. El agua, una vez elevada, transcurre por gravedad por una batería de 6 rejillas medianas (paso de 4 cm), luego 6 rejillas finas (paso de 6 mm) y por último, 6 desarenadores - desengrasadores, que separan la arena

del agua. Tras el pretratamiento, el agua se distribuye en dos módulos compuestos por 8 estanques decantadores rectangulares, de 65 m x 29 m x 6,1 metros de fondo.

A continuación se encuentran 16 estanques de aireación, de 68 m x 29 m x 6,1 m de profundidad, donde el aire se inyecta mediante dos baterías (una por módulo). Tras la aireación, el ciclo prosigue con 16 decantadores secundarios (8 por módulo), estructuras de hormigón circulares de 50 m de diámetro y 5 m de profundidad. Por último, y tras los decantadores se encuentran 4 estanques de desinfección de 90 m x 23 m x 3,1 metros de profundidad. El proceso culmina cuando el agua tratada se descarga al río Mapocho mediante un emisario y un canal de descarga, este último de 1,7 km de largo.

Proceso de lodos

Sigamos con la línea de lodos. Los lodos (biosólidos generados durante el proceso de tratamiento) decantados en los estanques primarios son bombeados hasta los 4 espesadores, de 20 m de diámetro cada uno y 4 m de profundidad. El exceso de lodo (no recirculado) procedente de la aireación, es bombeado hasta los flotadores de lodo secundario, seis estanques de 20 m de diámetro y 3,1 m de profundidad donde, mediante el burbujeo de aire, se acumula el lodo en la superficie del mismo. Desde allí, son bombeados hasta una cámara de mezcla en donde se reciben los lodos procedentes del espesador primario. Esta composición es bombeada hasta los digestores, los grandes protagonistas de esta línea.

Los ocho digestores anaeróbicos, cada uno



con capacidad de 15.000 m³, se agrupan en módulos de 4. El diámetro de cada digestor es de 34 m y de 18,6 m de alto. En ellos se produce la digestión anaeróbica mesofílica, es decir, la descomposición bacteriana de sólidos volátiles en biogás, a 35°C, y donde el lodo permanece por 21 días. "Parte del biogás se utiliza como combustible para las calderas que calientan un circuito de agua para mantener la temperatura del lodo a fin de que se formen las bacterias y lo digieran", indica Harvey Rojas, gerente de montaje de Degrémont S.A. en La Farfana.

Los digestores demandaron altos volúmenes de moldaje. Se sobrepasó el stock de las constructoras y se realizaron importaciones directas. "En los digestores empleamos un moldaje trepado, a diferencia del Trebal donde ocupamos uno deslizado. Este moldaje conlleva una secuencia muy rápida entre uno y otro anillo que conforma el diámetro del estanque", dice Burstein.

DIGESTORES.

1. Construcción de la cúpula.

2. Vista general de los digestores terminados. Al lado los gasómetros y las obras de conexión a la red de gas natural.

GENTILEZA SIGDO KOPPERS



A nivel constructivo los anillos de concreto de los digestores se armaron en tres etapas. “Teníamos dos juegos de moldajes, cuando se completaba una etapa, pasábamos a la siguiente. Trabajamos con una secuencia muy rápida. Las trepas de moldaje eran de tres metros. Mientras en un digestor hacíamos una losa, en el siguiente estábamos en el techo”, comenta Burstein.

Otro problema adicional se daba en qué moldaje aplicar en los techos de cada digestor, cúpulas semiesféricas de 34 m de diámetro. El moldaje que se aplicó fue en base a torretas armables que alcanzaban las alturas necesarias del proyecto. Pero el techo presentaba un pequeño inconveniente, una vez construido, quedaba herméticamente cerrado, sin opción de volver a abrirlo. Para ello se usó un encofrado donde las mismas torretas se desarmaban en estructuras mínimas de manera tal que pudieran ser sacadas por una zona inferior del digestor. El sistema ocupado se conoce como PERI UP Rosett, que se aplica para la cimbra de la losa. El descimbrado y desmontaje de los andamios se comenzó desde la torre central y se avanzó en anillos hacia el exterior.

Mejoras en La Farfana

Todo venía bien, pero algo empezaba a oler mal. El proceso original de la planta involucraba el secado solar de los lodos ya digeridos en una cancha de asfalto con pendiente de 5 m de profundidad y su traslado transitorio –por un período no mayor a 5 años– a un monorelleno o monofill de 11 hectáreas, ubicados



ambos en la planta. Sin embargo, en octubre de 2003, a 45 días de su inauguración, la planta presentó graves problemas de olores. Una nueva crisis se suscitó el 21 de octubre del 2004. Ante las fallas operativas de la planta y el reclamo de los vecinos, Aguas Andinas puso en marcha un plan para el manejo de lodos. En la actualidad ya no existe la cancha de asfalto y no se emplea el mono relleno, mientras que los lodos son llevados al vertedero Lomas El Colorado de Til-Til. Las mejoras al proyecto original se sintetizan en los siguientes puntos:

- **Carguío automático de lodos:** A causa de los olores, se implementó un sistema automático de carguío de lodos, consistente en el montaje de tres silos de acero que descargan a camiones herméticos, de manera que los lodos no tomen contacto con el exterior, para ser llevados a botaderos. “Se acondicionó un edificio donde centrifugas separan el lodo del agua y lo vierten en bombas de alta presión que bombean los lodos hasta los silos, llegando a tener presiones de hasta 75 bar”, señala Rojas.

El montaje de los silos resultó espectacular. Son tres silos de 150 m³ de almacenamiento



cada uno y donde se aloja el lodo final por cerca de ocho horas. “El montaje se realizó en tres fases: El montaje de la estructura base, fabricada en maestranza y ensamblada en terreno. El montaje de los silos, elaborados en su totalidad en maestranza y cuyo montaje en terreno se realizó con 2 grúas de 80 toneladas. El montaje del sistema de descarga de lodos, fabricado en Alemania y montado en terreno. Cada silo pesa alrededor de 30 t con una altura total de 20 metros”, indica Harvey Rojas.

Bajo este silo hay una báscula la cual controla el carguío automático de los camiones. El camión entra y comienza a operar un sistema de compuertas automático. En 20 minutos se cargan los camiones que llevan el lodo al botadero de Til-Til. “Esta tecnología ayudó a que el proceso final esté 100% libre de olores, tras eliminarse las canchas de secado”, indica Harvey Rojas.

- **Recubrimiento de digestores:** Una de las mejoras importantes que se realizan en la actualidad es el recubrimiento de los digestores. Internamente estos estanques poseen una pintura especial para evitar la corrosión del hormigón y la armadura en contacto con el biogás. El biogás que genera el proceso se acumula en la cúpula del estanque, siendo expulsado por el techo y vuelto a inyectar por la base del digestor, para mantener el lodo en mezcla continua. “Un gran problema fue que el revestimiento no cumplió el objetivo. Lo que ahora estamos haciendo es la recuperación de esta pintura, pero para ello es necesario vaciar todos los digestores”, explica Rojas. El vaciado del digestor se hace en 2 etapas: el vaciado por gravedad y por sistema de bombeo. En la fase de desocupación por gravedad, el lodo se almacena, se deshidrata y se transporta al relleno sanitario. El bombeo se realiza por medio de una bomba de cavidad progresiva, la cual

MONTAJE DE LOS SILOS

Cada uno pesa del orden de las 30 toneladas. Llegaban listos a obra y se montaban con dos grúas de 80 toneladas.

TÚNELES SUBTERRÁNEOS

A 6 m bajo tierra, hay más historia que contar. Y mucha. Imagínese: Una red subterránea que sólo en túneles de hormigón para el transporte de las aguas suma cerca de 3 km de extensión. “Los túneles se construyeron a tajo abierto excavando una zanja a 6 m de profundidad. Usamos unos carros deslizantes de moldaje Efcó”, comenta Francisco Valdivia de TSK. El carro avanzaba con losa y muro en tramos de 12 m, se hormigonaba y al día siguiente estaban en condiciones de ser desplazados al tramo que venía.

Además de los túneles, las redes de tuberías para el transporte de lodos no fueron menores. Se instalaron 9.300 m de cañería de acero carbono, 11 mil 800 m de cañería de PVC y 5 mil 500 m de FRP. En total de 50 km de cañerías subterráneas.

lleva el lodo a un tanque sedimentador que retira arenas de lodo, luego se deshidrata y finalmente es transportado al relleno sanitario.

Una vez vaciados, se hace un entramado de andamios interno en base a plataformas que proveyó Layher, para trabajar en las cúpulas. Los andamios usados corresponden al sistema Allround, consistente en un reticulado en base a elementos verticales, horizontales y diagonales conectados mediante una cuña articulada. “Se requería de una solución específica porque sólo existe una escotilla de diámetro 0,70 m por el cual se debe ingresar y retirar todo el material”, explica Rojas. El trabajo completo en cada digestor dura ocho meses y lo realizan 38 personas: 8 especialistas en el vaciado, el

andamio se arma con 15 expertos y el recubrimiento con 15 personas.

• **Biogás:** La planta contempló dos gasómetros y antorchas para contener y quemar el biogás sobrante del proceso de los lodos digeridos. “Había que mantenerlo en estos recipientes, cuya base está hecha de una losa de hormigón estructural y una barrera de hormigón de 1 m de alto. Al cierre de esta edición se trabajaba en la zona de las antorchas debido a que Aguas Andinas hizo un convenio con Metrogas, con el fin de que el sobrante de biogás se inyecte a la red de gas natural. En estos momentos se instala una planta de tratamiento de biogás en el sector de los gasómetros por parte de Metrogas y Degremont, adicional-

mente, debe colocar un sistema compensatorio de desulfurización del biogás. “Hay que hacerlo con gas en la línea y debe estar listo en agosto”, señala Harvey Rojas.

Un año de marcha blanca tuvo La Farfana. Mucha agua ha pasado por ella y seguirá pasando. A cinco años de su puesta en operación, sigue siendo considerada la inversión ambiental más significativa de la historia de Chile y la principal obra del Plan de Saneamiento Hídrico. Las aguas servidas se tratan con tecnología de punta, tecnología que en 2008 sigue renovándose. Una iniciativa con buen olor. ■

www.aguasandinas.cl

EN SÍNTESIS

En apenas 20 meses se construyó La Farfana, con un peak de mano de obra gruesa de 3 mil 500 trabajadores. La clave del éxito fue trabajar en etapas secuenciales. Y cómo no, si todas las instalaciones son monumentales, destacando el montaje de cinco tornillos sin fin de 25 t cada uno y la construcción de ocho digestores de 18,6 m de alto. Un reto a la ingeniería y a la imaginación.

BIT 62 SEPTIEMBRE 2008 ■ 35

PERI, presente en una de las Plantas de Tratamiento de aguas servidas más grandes del mundo “La Farfana” y considerada una de las cinco instalaciones de mayor magnitud en su tipo de Latinoamérica.



PERI CHILE Ltda.
Santiago
Fono: 444 6000
Perich@peri.cl

PERI Centro Costa
Viña del Mar
Fono/Fax: 32-687713
peri.centrocosta@peri.cl

PERI Norte
Antofagasta
Fono: 55-216193
peri.norte@peri.cl

PERI Sur
Concepción
Fono: 41-2310808
peri.sur@peri.cl

EL ÉXITO ES CONSTRUIR CON PERI

www.peri.cl

IV ENCUENTRO INTERNACIONAL CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE



Organiza:



CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2008

Renovando Energías en Edificios de Uso Público

Coorganiza:



9
OCTUBRE
2008

CENTRO
EVENTOS
MANQUEHUE

CUPOS
LIMITADOS



RENOVANDO

ENERGÍAS

Auspician:

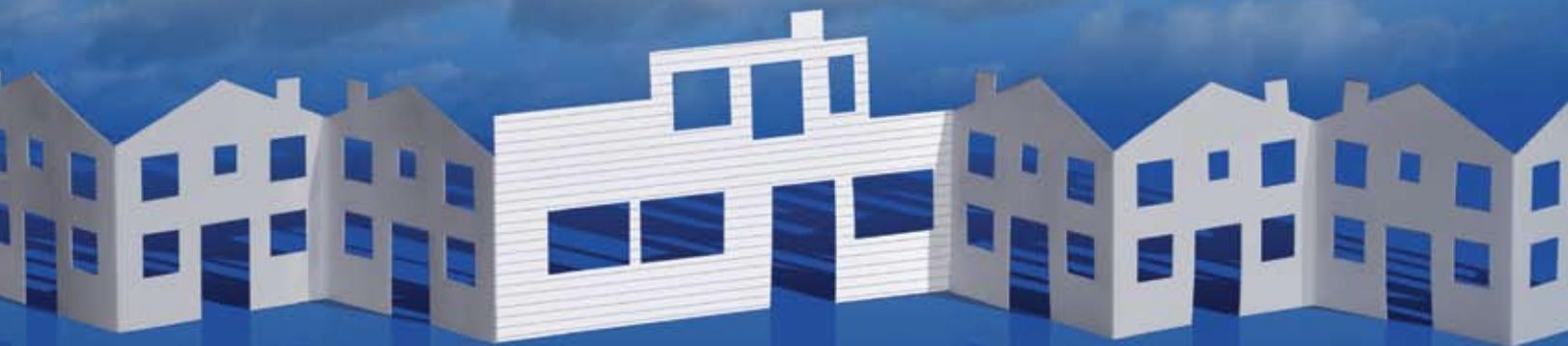


Patrocina:



www.construccion-sustentable.cl

CALIDAD QUE MARCA LA DIFERENCIA



Cuente con la versatilidad de los Revestimientos Exteriores Volcán

Los Revestimientos Exteriores Volcán ofrecen enormes ventajas a su proyecto, además de su competitivo costo por m², su resistencia y larga vida útil aumentan el valor comercial y estético de su obra.

Estos revestimientos, hechos en base a fibrocemento, también destacan por su seguridad, son incombustibles y de gran estabilidad dimensional. Decídase por la calidad de los revestimientos exteriores Volcán, el líder en soluciones constructivas.

- Alta resistencia y larga vida útil
- Competitivo costo por m²
- Mayor valor estético y comercial
- Resistencia al fuego
- Variedad de diseños y colores (resiste pinturas)



Asistencia Técnica Volcán
600 399 2000
asistencia@volcan.cl



VOLCAN®
Experto en Soluciones Constructivas