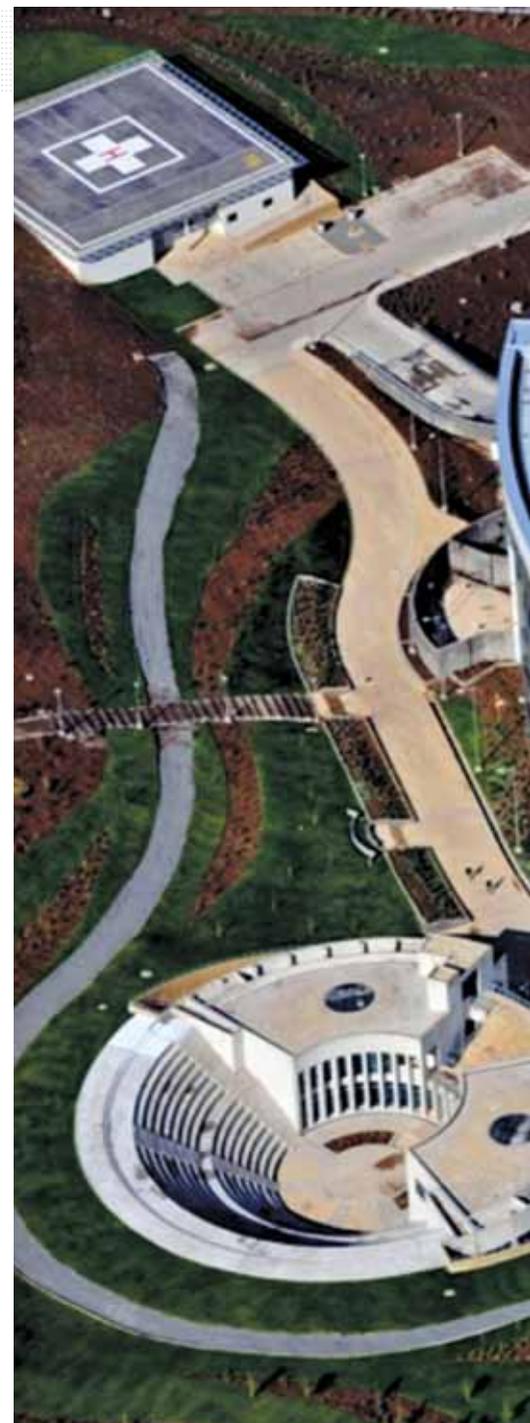


■ Emplazado en un terreno de 9,9 ha y con un poco más de 85 mil metros cuadrados de construcción, este proyecto se presenta como una de las obras públicas de mayor envergadura en el país. Un hito tecnológico que destaca por la temprana incorporación de protección sísmica en su construcción. ■ En total, 164 aisladores elastoméricos que le permitieron sobrellevar sin mayores problemas el 27F. Un ejército de innovaciones. Tecnología vital.

HOSPITAL MILITAR DE LA REINA

TECNOLOGÍA VITAL



FICHA TÉCNICA

HOSPITAL MILITAR DE LA REINA
Hospital Militar de La Reina
UBICACIÓN: Av. Larraín #9100,
comuna de La Reina
MANDANTE: Comando de Salud del
Ejército de Chile
UNIDAD TÉCNICA: Dirección de
Arquitectura MOP
CONSTRUCTORA: OHL
ÁREA CONSTRUIDA: 85.154 m²
AÑO CONSTRUCCIÓN: 2004 - 2008

ALEJANDRO PAVEZ V.
PERIODISTA REVISTA BIT



GENTILEZA COSALE

S E LE CONSIDERA una de las obras hospitalarias de mayor envergadura en el país. Sus 85.154 m² construidos dan cuenta de un proyecto exigente en cuanto a su ejecución y desarrollo. Se trata del Hospital Militar de la comuna de La Reina, un megaproyecto que respondió a un profundo proceso de modernización del Ejército de Chile. Un plan que buscó adaptarse a los diversos avances y cambios tecnológicos que, a mediados de la década de los '90, se estaban dando en el país. Este escenario decantó el 22 de junio del año 2001, con un convenio que suscribió el Ejército, a través de su Comando de Salud (COSALE), con la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas (MOP), quien se hizo cargo de la gestión técnica y administrativa para la ejecución completa de la construcción, equipamiento técnico, médico, clínico, industrial y administrativo del Hospital Militar de La Reina. Una obra adjudicada en el año 2004, tras dos intentos fallidos y por trato directo, a la constructora OHL.

En definitiva, se trata de un complejo emplazado en un terreno de 9,9 hectáreas, con accesibilidad por Av. Larraín y Av. Valenzuela Llanos. Un recinto compuesto de tres volúmenes relacionados entre sí por un eje diagonal que los une al acceso principal: el edificio Placa Técnica (5 niveles más un piso mecánico, 41.000 m²); Hospitalización (7 niveles, 16.818 m²) y el edificio Académico (2 niveles, 1.450 m²). A ellos se agrega un helipuerto y un área de estacionamientos subterráneos de 25.886 m².

Un hito de la innovación que destaca por la aplicación de 164 aisladores sísmicos en su Placa Técnica. Una inversión que, en los inicios de la obra, fue toda una apuesta, dado lo incipiente de la introducción de esta tecnología en el mercado. El recinto debía seguir operando en los momentos críticos, ese fue el objetivo. Una decisión que, tras el terremoto de febrero de 2010, rindió sus frutos, pues la zona aislada no presentó daños. No es todo. El Hospital Militar también destaca por su diseño amigable con el paciente, sus estrategias de eficiencia energética, juntas de dilatación, arriostramiento, entre otros avances. Un ejército de innovaciones. Tecnología vital.

LA ESTRUCTURA

“Los lineamientos de diseño del Hospital Militar se basaron en el concepto de un hospital a escala humana, con un predominio de la horizontalidad en su volumetría y la incorporación del paisaje y la naturaleza (4,7 hectáreas de jardines)”, indican desde el COSALE, el Coronel Erick Miranda, director ejecutivo del proyecto. La Placa Técnica está estructurada en base a marcos rígidos dispuestos en planta según una grilla típica de 9 x 9 metros, y con columnas cuadradas de lado de 80 cm y vigas de 60 x 90 cm. Las dimensiones en planta de la estructura son de 126 m x 115 m, aproximadamente; la altura de entrepiso es de 5.75 m para el subterráneo y de 4.50 m para los pisos superiores. Este volumen incorpora iluminación natural para sus diversos espacios a través de patios de luz. Se aprovechó el en-



GENTILEZA SIRVE



1. En la Placa Técnica se aplicó un total de 164 aisladores elastoméricos. Dicho volumen alberga el equipamiento médico más delicado del recinto y es el único edificio que está aislado sísmicamente.

2. El sistema se compone de aisladores con diámetros de 70 y 90 cm con un límite admisible de tensión vertical de 120 kg/cm² para cargas de largo plazo y 240 kg/cm² para cargas eventuales de corto plazo.

torno y se generaron vistas a los jardines, incluso en aquellos lugares donde están los pacientes más delicados. Además, se diseñó una gran plaza central, espacio público interior cubierto, donde se integran los diferentes niveles de la placa y se relacionan con el resto del hospital. “El aspecto imponente de la plaza, ya sea por sus dimensiones (36 x 36 m), por su iluminación cenital o por la mezcla de materiales que van desde los pétreos, a otros más modernos como el aluminio compuesto o a la calidez de la madera, hacen de este espacio un lugar singular. La imagen espacial del hospital, que quedará en la retina del visitante”, explican en el Comando de Salud.

El edificio de Hospitalización, destaca por su altura y su forma curva orientada hacia la

cordillera privilegiando las vistas. Cuenta con 225 habitaciones de una y dos camas (330 en total). Por su parte, el edificio Académico, se incorpora con un anfiteatro al aire libre acorde a la topografía del terreno que actúa como remate de la diagonal que componen los tres volúmenes del hospital. Cuenta con una biblioteca, un auditorio para 170 personas y 8 salas de clases.

PROTECCIÓN

Uno de los principales objetivos de este tipo de estructura tiene que ver con su continuidad de operación, especialmente cuando se enfrenta a sismos de gran intensidad. En palabras más simples, el edificio debe seguir funcionando, incluso, en el peor escenario.

El peso sísmico estimado de la estructura, por sobre el nivel de aislación, es de 72.160 t. Las masas de los elementos estructurales presentes en el edificio (vigas y columnas) fueron incluidas automáticamente en la modelación a través de matrices de masa consistentes para los elementos estructurales.



GENTILEZA SIRVE

Fue en este contexto, y de la mano del plan de modernización, que nace la idea de aplicar aislamiento sísmico en la Placa Técnica del nuevo Hospital Militar. Un equipo de trabajo dirigido por Juan Carlos de la Llera –entonces jefe del departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile–, e integrado por los ingenieros Carl Lüders y Henry Sady, diseñó el sistema de aislación de la Placa Técnica del hospital. La implementación de esta solución se determinó en un momento donde este sistema recién entraba al mercado nacional (sólo se había instalado en la Clínica UC San Carlos de Apoquindo, en el Edificio San Agustín, de la Escuela de Ingeniería PUC y en el conjunto residencial Comunidad Andalucía). Fueron los

primeros pasos de una innovación en materia de ingeniería sísmica.

Uno de los principales desafíos de la obra fue la implementación de un sistema capaz de soportar grandes cargas axiales en forma estable, junto a deformaciones horizontales significativas, producto de un sismo, sobre todo en la Placa Técnica que resguarda los equipos médicos más importantes. De hecho, se transformó en el único volumen del recinto que está aislado y el único que no sufrió daños de su estructura y sus contenidos, como consecuencia del terremoto de febrero de 2010. El resto, fue diseñado con un sistema estructural tradicional (el diseño estructu-

ral de todo el hospital fue obra de la oficina de ingeniería Hoehmann-Stagno).

En concreto, la solución estructural para la Placa Técnica consideró la incorporación de 164 aisladores sísmicos. El período fundamental objetivo en traslación del edificio para la condición de diseño fue de 2.5 s. Con el propósito de reducir la demanda de desplazamientos sobre el sistema de aislación y proveer un sistema de restricción para cargas frecuentes de viento, se decidió llevar el nivel de amortiguamiento interno global de la estructura para los modos aislados a un 12 por ciento. Esto se consiguió mediante la incorporación de corazones de plomo en 50 aisla-

Tecnología en Prefabricados de Hormigón

- NAVES INDUSTRIALES • VIGAS PARA PUENTES • PASARELAS PEATONALES
- ESCALERAS • POSTES PARA ELECTRIFICACIÓN • PIEZAS ESPECIALES



Hormisur
CASA MATRIZ
PLANTA SAN BERNARDO



BODEGA FORTALEZA
31.900 M² EN RENCA



GIMNASIO ESCUELA
DE CARABINEROS



FLEXENTER II



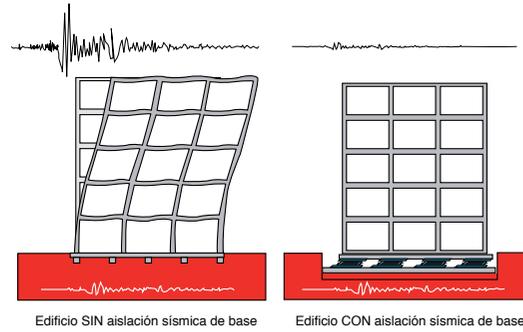
ESTACIÓN DE METRO

www.hormisur.cl • Fono: (02) 235 9451 • hormisur@hormisur.cl

EMPRESA CERTIFICADA BAJO NORMA ISO 9001



GENTILEZA COSALE



CONCEPTO BÁSICO DE LA AISLACIÓN SÍSMICA

El sistema impide daños estructurales y garantiza la continuidad operativa después de ser afectado por un sismo de gran intensidad.

Se realizó un proyecto de juntas flexibles para el edificio aislado. Significó el diseño de conexiones flexibles peatonales y vehiculares entre el edificio aislado y de base fija, con el fin de permitir que ambos fueran capaces de acomodar deformaciones relativas producidas por un sismo (25 cm aprox.).



especiales entre el eje de la columna y la cara de las vigas que arriostran las columnas en el plano horizontal.

JUNTAS Y ARRIOSTRAMIENTOS

Otro desafío en la construcción del Hospital Militar, se relacionó con el detalle de las juntas flexibles del edificio. Para ello, el equipo liderado por De la Llera trabajó en un proyecto de juntas flexibles para el edificio aislado. Éste apuntó justamente al cálculo de soluciones para todos los encuentros que se producen entre el edificio con aislación sísmica y los sectores sin aislación. Significó, en ese plano, el diseño de conexiones flexibles peatonales y vehiculares entre el edificio aislado y de base fija, con el fin de permitir que ambos fueran capaces de acomodar deformaciones relativas que se producen durante la ocurrencia de un terremoto (25 cm aproximadamente).

Por otro lado, el ingeniero Roberto Mollinedo desarrolló el diseño e inspección de arriostramientos longitudinales y transversales de la red de agua potable, electricidad y alcantarillado, entre otros. Se ejecutaron arriostres sísmicos en soportes de cañerías y ductos de aire acondicionado. "El espaciamiento máximo de los arriostres transversales es de 12 m y el máximo de los longitudinales es de 24 m. Las dimensiones anteriores deben reducirse a la mitad para cañerías que abastecen servicios críticos. El diseño de cañerías se realizó con un estándar internacional comparable a los aprobados por la 'American National Standards Institute' de EEUU, en su última versión para una zona sísmica similar o más severa que la correspondiente a la ubicación del hospital", ilustran desde el COSALE.

Por su parte, los ductos circulares con perímetros mayores a 3 m o ductos con un área mayor que 0.56 m² también fueron arriostra-



GENTILEZA SIRVE

dores, que fueron ubicados estratégicamente en la estructura para reducir los efectos de torsión en planta. Los aisladores elastoméricos fueron instalados a nivel del cielo del subterráneo, evitando así la construcción de una losa adicional. El sistema se compone de aisladores con diámetros de 70 y 90 cm. El uso de aislación sísmica en este edificio, y que se explica en la memoria del proyecto, permite reducir entre 4 y 8 veces los esfuerzos y deformaciones en la superestructura, manteniendo el nivel de aceleraciones en cada nivel dentro de márgenes aceptables.

Definidos los aisladores a utilizar, se realizó un análisis dinámico que, sumado al análisis para cargas de peso propio y sobrecarga, determinó las cargas axiales de diseño en los aisladores. Este análisis definió que el límite admisible de tensión vertical para estos dis-

positivos era de 120 kg/cm² para cargas de largo plazo y 240 kg/cm² para cargas eventuales de corto plazo. En estos valores está considerado, implícitamente, el límite de estabilidad de los aisladores.

El peso sísmico estimado de la estructura, por sobre el nivel de aislación, es de 72.160 t. Las masas de los elementos estructurales presentes en el edificio (vigas y columnas) fueron incluidas automáticamente en la modelación a través de matrices de masa consistentes para los elementos estructurales. El cálculo de descargas gravitacionales fue hecho de acuerdo a los criterios usuales de áreas tributarias. Finalmente, para el cálculo de masas sísmicas se consideró un 25% de la sobrecarga de uso para todos los pisos.

La flexibilidad del suelo de fundación se incorporó en el modelo a través de resortes horizontales, verticales, y rotacionales de acuerdo con las expresiones usuales para zapatas rectangulares sobre un medio continuo. Elementos especiales fueron utilizados entre el eje de las zapatas y las vigas de fundación, con propiedades consistentes con la sección de la zapata. Igual caso para los capiteles de las columnas que reciben al aislador, en que se utilizan elementos horizontales



1-2. Para el soporte de cañerías y ductos de aire acondicionado, agua potable, electricidad y alcantarillado, se ejecutó un diseño de arriostros longitudinales y transversales. El diseño de cañerías se realizó con un estándar internacional para una zona sísmica similar o más severa que la correspondiente a la ubicación del hospital.

3. Bombas de Climatización con restricción sísmica arriostros con topes limitadores.

4. Las canalizaciones rígidas y conductores que deben cruzar juntas de dilatación se resolvieron con tuberías flexibles formando una omega.

dos sísmicamente. El espaciamiento máximo de los arriostros transversales es de 9 m y el máximo de los longitudinales es de 18 m. Equipos y estanques verticales también fueron arriostros con topes limitadores. Finalmente, con el propósito de asegurar las canalizaciones eléctricas se usaron arriostros

transversales espaciados como máximo 9 m, y arriostros longitudinales espaciados como máximo 18 metros. “En el caso de canalizaciones rígidas y conductores que deben cruzar juntas de dilatación estructurales, siempre se consideró dejar libre de elementos rígidos en los pasos por estos espacios (escalerillas, bandejas y ductos). Los pasos de circuitos o centros, se resolvieron con tuberías flexibles formando una omega”, se indica en el Comando de Salud.

En el plano antisísmico, también se incorporó una válvula de corte general automático que corta el suministro de gas en forma instantánea cuando el sismo supera una cierta enver-



Líder en la industria de Mutualidades y una de las empresas con mejor Reputación Corporativa de Chile.



HILL & KNOWLTON CAPTIVA



REPUTATION INSTITUTE

1° LUGAR

Categoría Asociaciones de Seguridad

18° LUGAR

Ranking de Reputación Corporativa 2011

Agosto 2011

1° LUGAR

Industria de Mutualidades

13° LUGAR

Ranking Nacional RepTrak TM Pulse 2011

Diciembre 2011



tiempo que transcurrió entre el corte de energía y el funcionamiento de los generadores de emergencia.

gadura en cuanto a aceleración y eventualmente, a su velocidad, "su reposición es manual y sólo puede realizarla personal del proveedor del servicio o el jefe del Área de Combustibles del hospital", explican en el COSALE. Así mismo, se incorporó en los ascensores del edificio de Hospitalización (estructura tradicional), un detector de aceleraciones (sísmico) que detiene los ascensores en el piso más cercano para liberar a los pasajeros.

27F

El terremoto 8.8 en la escala de Richter vivido el 27 de febrero de 2010, representó la gran prueba para el Hospital Militar. Un desafío que, a grandes rasgos, sorteó sin problemas. El comportamiento observado en el edificio aislado (Placa Técnica) fue óptimo dada la magnitud del evento, expresan en el COSALE. Los elementos estructurales presentaron daños considerados como insignificantes, tanto en la superestructura, como en la infraestructura. El sistema de aislamiento sísmico funcionó correctamente durante el evento, dejando al edificio en su posición original luego del terremoto. Es más, tras el evento, el hospital se mantuvo operativo en un 100%. De hecho, durante el sismo, en el edificio aislado, se estaba realizando una cirugía de emergencia que sólo se interrumpió durante 30 segundos,

A partir de ese instante, el hospital estuvo operativo en toda su capacidad.

A diferencia del edificio aislado, la planta de hospitalización fue la que presentó algunos daños. Los más importantes se concentraron en los transportes verticales (ascensores). En ellos hubo rotura de guidores de contrapesos, lo que generó que se desanclaran de sus rieles-guías. También hubo apertura por deformación de las estructuras metálicas de los contrapesos, lo que provocó la caída de bloques sólidos sobre algunas cabinas, dañándolas seriamente. Algunos de estos bloques quedaron apoyados sobre los rieles de las cabinas, con riesgo de caída ante eventuales réplicas. Otros problemas menores, siempre en el edificio no aislado, se relacionaron con el desprendimiento de cielos, cerámicas, vidrios, y enchapados de mármol. En total, la reparación de los daños en el edificio no aislado representó un 0,6% de la inversión total que se realizó en la obra. Un número que según el COSALE, no representa una mayor significancia y justifica la aplicación de la tecnología en el recinto.

El Hospital Militar de la Reina, un ejército de innovaciones. Una obra que ya sobrellevó una importante prueba. Innovación al servicio de la salud. Tecnología vital. ■

www.hosmil.cl; www.cosale.cl

DAÑOS

1. Los daños más significativos, tras el terremoto del año 2010, se presentaron en los transportes verticales del edificio no aislado. Hubo rotura de guidores de contrapesos, lo que generó que se desanclaran de sus rieles-guías.
2. Daños en los elementos no estructurales. Caída de cielos. También se registraron algunas caídas del revestimiento de mármol del edificio no aislado.

EN SÍNTESIS

→ El Hospital Militar de La Reina es fruto de un largo proceso de modernización del Ejército de Chile. El objetivo es utilizar la última tecnología al servicio de sus pacientes.

→ **Se le considera una de las obras públicas de mayor envergadura del país, con 85.154 m² construidos en un terreno de 9,9 hectáreas.**

→ En total son tres volúmenes que son conectados por un eje central. En el edificio que contiene los equipos técnicos, se aplicaron 164 aisladores sísmicos.

→ **El uso de aislación sísmica permite reducir entre 4 y 8 veces los esfuerzos y deformaciones en la superestructura, manteniendo el nivel de aceleraciones en cada nivel dentro de márgenes del orden de 0,2 g.**

→ La reparación de los daños de todo el complejo representó un 0,6% de la inversión total que se realizó en la obra.



Presto, el programa de gestión de precios para la construcción más difundido entre los países de habla hispana

Presto permite crear presupuestos desde el punto de vista del proyectista o del departamento de estudios de la empresa constructora

- Prepare su Presupuesto con todo el nivel de detalle que requiera, incluyendo Cubicaciones, Especificaciones Técnicas y Administrativas, Textos, Dibujos, Planos y Fotografías
- Abra Planos Cad o desarrolle su Carta Gantt la que podrá exportar a MS Project y Primavera.
- Emita directamente sus Estados de Pago

Presto desarrolla la Planificación económica, financiera y temporal de ingresos y costos

Gestión de Compras y Vencimientos de Facturas. Control de la Producción, pedidos, entregas, facturas y vencimientos. Control de la producción y análisis integral del costo. Incluye el SIE, Sistema de Información Económico para la empresa constructora, y el Método del Valor Ganado basado en costos reales.

Presto permite a los fabricantes y Proveedores crear un Catálogo de sus productos con informaciones técnicas y comerciales, precios, imágenes y detalles constructivos, de forma que los redactores de proyectos localicen fácilmente la información que desean y la incorporen directamente a sus presupuestos y a sus planos.

www.aminfo.cl

comercial@aminfo.cl

Huelén 224, of 201, Providencia

(562)374 9980

Presto 2012.0