



**COSTOS ASOCIADOS AL REFUERZO ESTRUCTURAL DE PILARES DE
HORMIGÓN ARMADO EN ETAPA DE OBRA GRUESA: CASO DE LA OBRA
CENTRO MÉDICO INDEPENDENCIA.**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Daniel Alejandro Jofré Santana

Profesor Guía:
Francisco Omar Lagos Peralta

Fecha:
Mayo 2020
Santiago, Chile

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia, quienes me alentaron a estudiar y me apoyaron durante el transcurso de la carrera, especialmente a mi hijo Damián. Gracias hijo por creer en mí.

SOLO USO ACADÉMICO

AGREDECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos a mis compañeros de trabajo por su apoyo en el desempeño de mis funciones, su ayuda fue muy importante para poder desarrollar mi investigación, y de manera muy especial a mi jefe Mauricio Bravo, por creer en mis capacidades y darme la oportunidad de aprender la labor de la inspección técnica de obras. También agradezco a mi compañero en obra Carlos Candia, por compartir conmigo sus conocimientos y su compañerismo. Quiero agradecer además a mi profesor Francisco Lagos por el respaldo y la motivación que me ha entregado durante el desarrollo del presente trabajo.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

En este estudio se exponen los costos que tuvo para un proyecto de construcción el acontecimiento de un incidente relacionado con los pilares estructurales del edificio, durante la etapa de obra gruesa, como consecuencia de la aplicación deficiente de las medidas de seguridad en obra. El contexto corresponde a un proyecto de 9.660 metros cuadrados de edificación, distribuidos en cuatro subterráneos y ocho pisos superiores, en la ciudad de Santiago, durante los meses de Septiembre y Octubre del año 2019. Son evaluados los costos asociados a las obras de refuerzo estructural indicadas por el ingeniero calculista y al impacto en la programación de las obras. También se identifican las medidas de seguridad que deben ser implementadas para prevenir de manera eficiente este tipo de incidentes en específico y los accidentes graves o fatales que pudieran ocurrir como consecuencia de ellos. Los datos obtenidos de esta investigación son expuestos y analizados de manera cuantitativa, y las conclusiones pretenden ser un aporte para el conocimiento disponible acerca del tema abordado.

Palabras Claves: incidente, pilar estructural, costo, refuerzo estructural, esbeltez, medidas de seguridad.

SUMMARY

This study exposes the costs that an incident related to the structural pillars of the building, happened during the heavy work stage, had for a construction project, as a consequence of the poor application of safety measures on site. The context corresponds to a 9,660 square meters project of building, distributed in four underground levels and eight upper floors, in the city of Santiago, during the months of September and October of the year 2019. The costs associated with the structural reinforcement works indicated by the design engineer and the impact on the scheduling of the works are evaluated. The security measures that must be implemented to efficiently prevent this type of specific incidents and the serious or fatal accidents that may occur as a consequence of them are also identified. The data obtained from this research are exposed and analyzed in a quantitative way, and the conclusions are intended to be a contribution to the available knowledge on the topic addressed.

Keywords: incident, structural pillar, cost, structural reinforcement, slenderness, security measures.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE	4
CAPÍTULO II: PRESENTACIÓN DEL INCIDENTE Y OBRAS DE REPARACIÓN	7
CAPÍTULO III: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS.....	38
CAPÍTULO IV: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN OBRA.....	47
CONCLUSIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	57

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Plano de ubicación – Proyecto Centro Médico Independencia.	7
Imagen N° 2: Planta de estructuras 1° piso – Proyecto Centro Médico Independencia. ...	8
Imagen N° 3: Planta de estructuras 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia. ...	8
Imagen N° 4: Corte transversal de arquitectura– Proyecto Centro Médico Independencia.	9
Imagen N° 5: Elevación pilares P1 y sección 1J– Proyecto Centro Médico Independencia.	10
Imagen N° 6: Pilar en ejes B/3, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	11
Imagen N° 7: 3° piso lado sur – Proyecto Centro Médico Independencia.	12
Imagen N° 8: 3° piso lado norte – Proyecto Centro Médico Independencia.	13
Imagen N° 9: Izaje del pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	14
Imagen N° 10: Pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia. ...	15
Imagen N° 11: Ficha de reparación, detalle pilar PIRM en 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	16
Imagen N° 12: Superficie de pilar con 100% de rugosidad, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	16
Imagen N° 13: Perforación de losa 4° piso para inyección de barras cabezales, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	17
Imagen N° 14: Demolición controlada de la losa y vigas en cielo del 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	18
Imagen N° 15: Demolición controlada de la losa y vigas en cielo del 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	18
Imagen N° 16: Inyección de nuevas barras cabezales con resina epóxica en losa 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	19
Imagen N° 17: Barras inyectadas en losa de 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	19
Imagen N° 18: Instalación de trabas diámetro 12 milímetros, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	20
Imagen N° 19: Ficha de reparación, elevación pilares PIRM – Proyecto Centro Médico Independencia.	21
Imagen N° 20: Ficha de reparación, sección 1K – Proyecto Centro Médico Independencia.	22
Imagen N° 21: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.	22
Imagen N° 22: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.	23
Imagen N° 23: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.	23
Imagen N° 24: Descenso del pilar pre armado en eje B, visto desde la calzada – Proyecto Centro Médico Independencia.	24
Imagen N° 25: Descenso del pilar pre armado en eje B, visto desde la losa del 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	25

Imagen N° 26: Cuadrilla de maestros recibiendo la estructura en el 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	26
Imagen N° 27: Barras cabezales pasando entre medio de las armaduras de las vigas y la losa cielo del 4° piso en ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	26
Imagen N° 28: Maestros en el 4° piso recibiendo los cabezales de la estructura en el pilar, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	27
Imagen N° 29: Trabajador recogiendo el material filtrado entre los moldajes, mientras otro corrige la estanqueidad de los mismos, pilar en ejes B/2, 4° piso– Proyecto Centro Médico Independencia.	28
Imagen N° 30: Pilar llenado hasta el nivel de losa del 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	29
Imagen N° 31: Instalación y aplomado de moldajes para el pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	29
Imagen N° 32: Control de dosificación de gravilla para el pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	30
Imagen N° 33: Vertido de la mezcla desde la plataforma habilitada en 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	31
Imagen N° 34: Pilar llenado hasta el nivel de losa del 5° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	32
Imagen N° 35: Instalación de cuñas y chequeo del plomo del pilar en ejes A/2, nivel de cielo del 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	33
Imagen N° 36: Vertido de la mezcla desde la plataforma habilitada en 5° piso a nivel de cielo, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.	33
Imagen N° 37: Pilar en proceso de curado, ejes A/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	34
Imagen N° 38: Ficha de reparación, refuerzo de fibra de carbono en 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	35
Imagen N° 39: Superficie pulida, pilar en ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	35
Imagen N° 40: Refuerzos de fibra de carbono instalados en pilar, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	36
Imagen N° 41: Detalle de la fibra de carbono tejida, instalada en pilar ejes A/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	37
Imagen N° 42: Programación base presentada por la constructora antes del inicio de las obras – Proyecto Centro Médico Independencia.	42
Imagen N° 43: Reprogramación presentada por la constructora después de ocurrido el incidente – Proyecto Centro Médico Independencia.	43
Imagen N° 44: Diagrama tensión–deformación para una barra de acero sometida a tracción.	47
Imagen N° 45: Barras cabezales deformadas, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.	48
Imagen N° 46: Esquema de instalación de anclajes a losa para amarre de vientos.	50
Imagen N° 47: Pilare de acero de refuerzo arriostrado con vientos y eslingas – Proyecto Centro Médico Independencia.	51
Imagen N° 48: Límites de carga de trabajo y códigos de color para eslingas textiles. ..	52

Imagen N° 49: Demarcación de zona de peligro – Proyecto Centro Médico
Independencia..... 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Costo directo preparación superficial de pilares en 4° piso. 38
Tabla N° 2: Costo directo demolición controlada de vigas y losa cielo 4° piso. 38
Tabla N° 3: Cubicación de armaduras instaladas para los pisos 4°, 5° y 6°. 39
Tabla N° 4: Costo directo de las armaduras instaladas en obra. 39
Tabla N° 5: Costo directo de los moldajes instalados en obra. 40
Tabla N° 6: Costo directo rotación y desplazamiento de pilar pre armado. 40
Tabla N° 7: Costo directo del grouteo de los dos pilares en ambos niveles. 40
Tabla N° 8: Cubicación del grout y la gravilla para ambos pilares. 41
Tabla N° 9: Costo directo de los materiales de grouteo para ambos pilares. 41
Tabla N° 10: Costo directo instalación de refuerzos de fibra de carbono. 41
Tabla N° 11: Costo directo total de las obras de refuerzo estructural. 42
Tabla N° 12: Productividad de la empresa constructora durante el año 2019. 44
Tabla N° 13: Costo asociado al incidente en estudio, en comparación al costo directo de las obras..... 45

SOLO USO ACADÉMICO

INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como propósito responder a la siguiente pregunta: ¿cuáles son los costos que tiene para un proyecto de construcción el acontecimiento de un incidente que provoca daño estructural en los pilares de la edificación, durante la etapa de obra gruesa, y cuáles son los métodos que permiten su prevención de manera más eficiente? Esta pregunta nos encauza hacia dos ámbitos distintos: por una parte, el ámbito financiero, en este caso, la estimación de costos contables; y por otra, el ámbito de la prevención de riesgos. Por esta razón, este trabajo pretende determinar tanto los costos de las obras de reparación como aquellos derivados del impacto en la programación de las obras, además de precisar las técnicas más eficientes para la prevención de este tipo de incidente. Probablemente exista un costo para la empresa constructora como participante del mercado local, en cuanto a su imagen frente a los inversionistas, el cual queda excluido de esta investigación debido a que se requiere disponer de un horizonte de tiempo mucho mayor para evaluar si hubo o no un costo real en ese ámbito. Para la medición de las variables y la recolección de los datos se ha tomado como objeto de estudio un caso en Santiago, de reciente data, acerca del cual se exponen las causas y se detallan tanto las obras de reparación indicadas por el ingeniero calculista como las acciones llevadas a cabo por la empresa constructora.

El caso estudiado ocurrió en la obra “Centro Médico Independencia”, ubicada en la calle Profesor Zañartu n°1121 de la comuna de Independencia. El proyecto consiste en un edificio de hormigón armado de 9.660 metros cuadrados de superficie, distribuidos en cuatro subterráneos (bajo cota cero) y ocho pisos de centro médico (sobre cota cero), de los cuales los dos primeros incluyen locales comerciales. La investigación se llevó a cabo durante los meses de Septiembre y Octubre del año 2019, trabajando jornada completa en la obra, y durante este período se pudo confirmar una serie de factores que favorecieron el acontecimiento del incidente mencionado. Uno de ellos fue la construcción de armaduras demasiado esbeltas para los pilares del edificio, cuya altura alcanzaba cerca de nueve metros por sobre el nivel de la última losa hormigonada (sobre el nivel del 5° piso). Otro factor importante fue la aplicación deficiente de las medidas de seguridad en obra y la falta de capacitación de los trabajadores en esta materia. En definitiva, la suma de estas condiciones vino a propiciar el incidente presentado en este estudio: el volcamiento de dos de los pilares de acero de refuerzo de la estructura. Es importante señalar que la práctica de construir armaduras demasiado esbeltas no se aplica para los muros estructurales por motivos prácticos que tienen que ver con la secuencia constructiva, en cambio para los pilares se pueden construir de una vez armaduras cuya altura puede ser el equivalente a dos niveles completos o incluso más, si se aplican las medidas de seguridad adecuadas. En un informe emitido por el profesional experto en prevención de riesgos de la obra, la causa del incidente es atribuida a la mala ejecución del sistema de arriostamiento de los pilares. Las obras de reparación indicadas por el ingeniero calculista contemplaron dos técnicas distintas de refuerzo estructural: por una parte, el aumento o recrecido de la sección de los pilares; y por otra, la aplicación de tejidos de fibra de carbono adheridos exteriormente. El refuerzo de la

estructura fue indicado tanto para el nivel en donde se produjo el incidente, es decir, el 5° piso, como para el piso inferior. En el 4° piso, el refuerzo consistió en el aumento de la sección de los pilares (que ya se encontraban hormigonados), 15 centímetros por cada lado (sección rectangular), con aporte de grout y armaduras, además de fibra de carbono adherida por el perímetro de cada pilar recrecido. Se especificó un grout premezclado, elaborado en base a cemento de alta resistencia, de baja retracción, con una resistencia a la compresión de 50 MPa a los 28 días bajo ensayo según norma ASTM C-109, dosificándose con un 11% de agua. Las armaduras que se añadieron fueron de acero de la misma calidad que las barras utilizadas en el resto de la edificación, esto es, A 63-42 H. El refuerzo con fibra de carbono que se aplicó consiste en adherir exteriormente a la superficie del elemento estructural tejidos de fibras de carbono que trabajan unidireccionalmente a tracción, mediante una resina epóxica de fijación. La resistencia a la tracción de este sistema es de 4.950 MPa bajo ensayo según norma ASTM D3039. Para el 5° piso se indicó el aumento de la sección, también 15 centímetros por cada lado, hormigonando completamente los pilares con el grout descrito, esta vez mezclado con gravilla, y además se indicó el aumento de la cuantía de acero de refuerzo. Más adelante se detalla el proceso completo del refuerzo estructural ejecutado.

Como ya se mencionó, esta investigación pretende determinar tanto los costos asociados al incidente en estudio como los métodos que permiten su prevención. Debido a esto, durante el desarrollo de este trabajo se busca responder a diversas interrogantes, entre las cuales destacan las siguientes: ¿cuál era el registro de accidentes que presentaba la empresa constructora en esta obra a la fecha del incidente?; ¿cuáles son los valores promedio del mercado local de empresas constructoras para los indicadores de accidentabilidad y otros relacionados a los estándares de seguridad en obra?; ¿cuál es la probabilidad de que este tipo de incidentes derive en un accidente grave o fatal?; ¿cuáles son las medidas de seguridad que se deben adoptar para la prevención más eficiente de los riesgos asociados a este tipo de incidente?; ¿qué impacto tuvo el incidente en la programación de las obras?; ¿cuáles son las multas aplicables por el no cumplimiento de los plazos contractuales?; ¿cuáles fueron las obras indicadas por el ingeniero calculista para el refuerzo estructural de la edificación frente a este incidente?; ¿cuál fue el costo de ejecución de estas obras de reparación?

El conocimiento que entrega el análisis de los datos recabados en el presente estudio es relevante principalmente desde la perspectiva de conocer los costos que implica para un proyecto de construcción un incidente de las características del caso expuesto, y cómo estos costos pueden ser prevenidos mediante la aplicación de ciertas medidas de seguridad específicas. Por otra parte, está la revisión de estas medidas y el valor que entrega su conocimiento en cuanto a la prevención de accidentes graves o fatales que pudieran ocurrir a los trabajadores como consecuencia de su omisión o de su aplicación deficiente.

OBJETIVO GENERAL

Determinar los costos que tiene para un proyecto de construcción el acontecimiento de un incidente de las características del caso estudiado y de qué manera puede ser prevenido de la manera más eficiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar y presentar el estado del arte, en materia de gestión de costos.
2. Calcular tanto los costos asociados a las obras de reparación como los costos derivados del impacto que tuvo el incidente en la programación de las obras.
3. Identificar las medidas de seguridad en obra que deben ser aplicadas para la prevención eficiente de los riesgos asociados al tipo de incidente estudiado.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE

Las reparaciones y los refuerzos estructurales en edificaciones de hormigón armado son una materia ampliamente estudiada en la actualidad desde el punto de vista de la ingeniería. En Chile, diversas entidades, tanto privadas como dependientes del gobierno, publican de forma periódica manuales y estudios acerca de estas técnicas. Es así como, por ejemplo, la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC), a través de su Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), lleva 25 años publicando artículos y reportajes gráficos en los que se exponen diversos procedimientos constructivos, algunos de los cuales exponen los métodos relacionados con este tema. También están las publicaciones del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH), de revistas como la EMB Construcción, y de los diferentes fabricantes de productos relacionados y de las empresas que prestan servicios de reparación de estructuras de hormigón armado. Por otra parte, el gobierno, a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, pone a disposición del público artículos y manuales, tanto propios como de otras entidades, en su centro de documentación. En el ámbito académico, son muchas las tesis y estudios referentes a la reparación de estructuras de hormigón armado, rehabilitación de edificios antiguos, refuerzo de edificaciones por daño estructural o por cambio de uso, mejoramiento sísmico, entre otros temas relacionados, exponiendo las experiencias y el análisis de los datos obtenidos desde el punto de vista de la ingeniería y el diseño. Pero, ¿cuál es el nivel de estudio acerca del refuerzo estructural de edificaciones, desde el punto de vista de los costos asociados a su ejecución en nuestro país?

Los costos que implica reforzar una estructura de hormigón armado van a depender de las características de cada proyecto: del nivel de daño estructural y de los procedimientos de refuerzo indicados, de la envergadura del proyecto, de la capacidad técnica de la empresa constructora para ejecutar las obras o para contratarlas, de la situación geográfica del proyecto y de su accesibilidad, además de la disponibilidad de los recursos necesarios. Como ya se mencionó, para el caso estudiado en esta investigación se aplicaron dos métodos de refuerzo estructural ampliamente conocidos: el aumento de la sección de los pilares dañados (con aporte de hormigón y armaduras de refuerzo) y la incorporación de tejidos de fibra de carbono adheridos exteriormente. En cuanto al método de aumento de sección con aporte de hormigón y armaduras, el costo financiero está directamente relacionado a los costos de la obra gruesa y a los precios unitarios de los recursos necesarios para su ejecución, pero para el caso de nuestro estudio la indicación del ingeniero calculista fue hormigonar con un grout de alta resistencia de una marca específica, lo cual solo puede ser ejecutado por un instalador certificado por el fabricante y por lo tanto el costo de ejecución de este método bajo estas condiciones dependerá en parte del presupuesto presentado por la empresa certificada que instala el producto. En el caso de los tejidos de fibra de carbono adheridos exteriormente, su costo de aplicación ha sido estudiado en el ámbito académico, sobre todo en comparación al costo de otras técnicas similares. Toloza (2005) llegó a la conclusión de que el costo de reforzar una viga de hormigón armado de 40 x 30 centímetros de sección bajo la losa y 300 centímetros de largo con tejidos de

fibra de carbono era de aproximadamente 9,6 U.F. (unidad de fomento al cierre del año 2005), lo que en su estudio resultó ser un 52% mayor al costo de reforzar la misma viga con pletinas de acero. Por otra parte, Navarrete (2017) estimó que el costo de reforzar una viga de 60 x 30 centímetros de sección bajo la losa, a lo largo de 183 centímetros, con tejidos de fibra de carbono era de aproximadamente 13,2 U.F. (unidad de fomento al cierre del año 2017), lo que en su investigación resultó ser un 31% más costoso que reforzar la misma viga con pletinas metálicas. Pero más allá de estimar el costo de reforzar un elemento de hormigón armado con fibra de carbono, el libre acceso a estudios relacionados con los costos de rehabilitar estructuralmente una edificación resulta ser muy difícil. Además, los estudios mencionados acerca del refuerzo de vigas con fibra de carbono consideran, para la instalación de este material, el valor día estimado de un maestro calificado pero no el valor real de mercado de un maestro certificado por el fabricante del producto, que es lo que se exige en la práctica actualmente, de manera similar a lo que ocurre con el hormigonado con grout.

En el sector público, el rol que cumple la Contraloría General de la República nos permite conocer los costos de reparación de diferentes edificios públicos que sufrieron algún grado de daño estructural producto de un sismo o del paso de los años. Pero hay una limitante en la información que nos entregan los informes emitidos por esta entidad en relación con nuestra investigación, y es que en ellos se entregan solo los montos totales de los contratos o los montos de los estados de pago que se fueron emitiendo en el transcurso de las obras, los cuales incluyen partidas de instalaciones o terminaciones que nada tienen que ver con el refuerzo estructural de las edificaciones investigadas. Además, en todos los casos recuperados de la base de datos de la Contraloría, las obras contratadas incluyen mejoras a la estructura original o ampliaciones, además de mejoramiento de los espacios públicos, de los cierros perimetrales, entre otros, lo cual hace imposible llegar a estimar el costo del refuerzo estructural de la edificación en forma separada de otras obras contempladas en la inversión. En la región del Biobío es emblemático el caso del Hospital Clínico Regional de Concepción Dr. Guillermo Grant Benavente. Esta edificación sufrió un gran daño estructural producto del terremoto del 27 de Febrero del año 2010, y los antecedentes de su recuperación son expuestos en el informe IE-51/2012 emitido por la Contraloría Regional del Biobío. El proyecto de reparación de la torre de hospitalización paciente crítico y urgencia del hospital contempló la recuperación de un edificio de seis pisos más un zócalo, con una superficie total de 10.834 metros cuadrados, y una ampliación de 1.754 metros cuadrados, resultando una edificación total de 12.588 metros cuadrados, que se destinarían al funcionamiento del servicio de esterilización, servicio de urgencia, pabellones quirúrgicos, UCIS, UTIS y otras áreas administrativas. Las obras tuvieron como propósito el reducir la vulnerabilidad estructural de la edificación, con el fin de que pudiera responder adecuadamente ante las exigencias de un sismo de intensidad 9,5 grados en la escala de Richter, aumentando la resistencia y la rigidez, contemplando principalmente mejoras constructivas en muros exteriores e interiores y en arriostramientos laterales. El contrato incluyó obras de reparación a nivel de estructura, tabiquerías, revestimientos interiores y exteriores, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones de gases clínicos, instalaciones de climatización, red de

incendio, correo neumático y otras obras extraordinarias menores. El monto total del contrato fue de aproximadamente ocho mil ocho cientos millones de pesos.

El caso anterior sirve para ilustrar el costo que implica la reparación completa de un edificio de doce mil metros cuadrados destinado a la atención hospitalaria, tanto a nivel de estructura como de instalaciones y terminaciones, pero el propósito de nuestra investigación es llegar a establecer el costo que tiene para un proyecto el acontecimiento de un incidente específico durante la ejecución de la obra gruesa, que afecta a una parte de la estructura y que puede ser prevenido, es decir, determinar el costo que se puede llegar a evitar gracias a la aplicación de las medidas de seguridad adecuadas. A continuación se exponen todos los antecedentes del caso estudiado y se detallan las obras de reparación indicadas por el ingeniero calculista, para luego determinar los costos asociados a la ejecución de estas obras y el efecto negativo que tuvo el incidente para la programación del proyecto y los plazos contractuales.

SOLO USO ACADÉMICO

CAPÍTULO II: PRESENTACIÓN DEL INCIDENTE Y OBRAS DE REPARACIÓN

El proyecto “Centro Médico Independencia”, ubicado en la calle Profesor Zañartu #1121 de la comuna de Independencia, con frente predial en la acera norte, consiste en una obra de edificación que contempla 9.658,7 metros cuadrados de superficie construida, distribuidos en cuatro subterráneos (bajo cota cero) y ocho pisos de centro médico (sobre cota cero), emplazado en un terreno de 1.472 metros cuadrados (según permiso de edificación n°8 del 09-04-2018 de la municipalidad de Independencia, ver anexo A), que colinda al norte y al oriente con el hospital de niños Dr. Roberto del Río, al sur con la calle Profesor Zañartu y al poniente con la biblioteca pública Pablo Neruda, como se puede apreciar en el siguiente plano de ubicación.

Imagen N° 1: Plano de ubicación – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Google Maps (2019).

El proyecto inició su construcción el 05 de Noviembre de 2018, mediante la entrega del terreno por parte de la empresa Inversiones Inmobiliarias S.A. a la Constructora Altius S.A., estableciéndose para la obra una duración total de 316 días hábiles y su término para el 03 de Febrero de 2020, según carta Gantt presentada por la empresa constructora al mandante. En el transcurso de los primeros diez meses, la obra se desarrolló sin presentar ningún incidente importante en lo que respecta a la seguridad en obra y ningún accidente grave o fatal, aunque registrando índices de accidentabilidad por sobre el promedio para la industria de la construcción a nivel nacional. Para el período comprendido entre el inicio de las obras y el mes de Agosto de 2019, en este proyecto, la empresa constructora presentó una tasa de accidentabilidad de 9,7%, como se detalla en el anexo B, contrastando con el 3,9% que fue el valor promedio para la tasa de accidentabilidad en el sector construcción a nivel nacional durante el año 2018

(Superintendencia de Seguridad Social, 2019). El incidente en estudio se produce el día 09 de Septiembre de 2019, el cual afectó a dos de los pilares estructurales de la edificación. A continuación se explica la estructura del edificio para comprender de mejor manera la magnitud del problema.

La estructura soportante consiste en dos filas de pilares, cuyos ejes determinan los ejes principales del edificio, más un núcleo central, que es en donde se proyectan los muros estructurales, dejando a un lado los muros perimetrales que están presentes solo hasta el 2° piso.

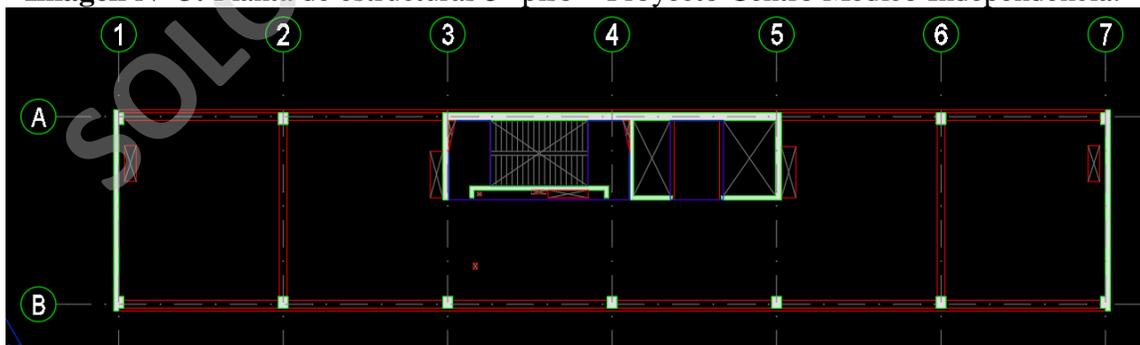
Imagen N° 2: Planta de estructuras 1° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

La edificación presenta la misma superficie total de planta desde el 4° subterráneo hasta el 2° piso, pero a partir del 3° piso la estructura se reduce solo a la torre central. El incidente afectó a los pilares de los ejes A/2 y B/2, es decir, a la parte poniente del edificio. Estos son pilares de 60x50 centímetros de sección rectangular.

Imagen N° 3: Planta de estructuras 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.

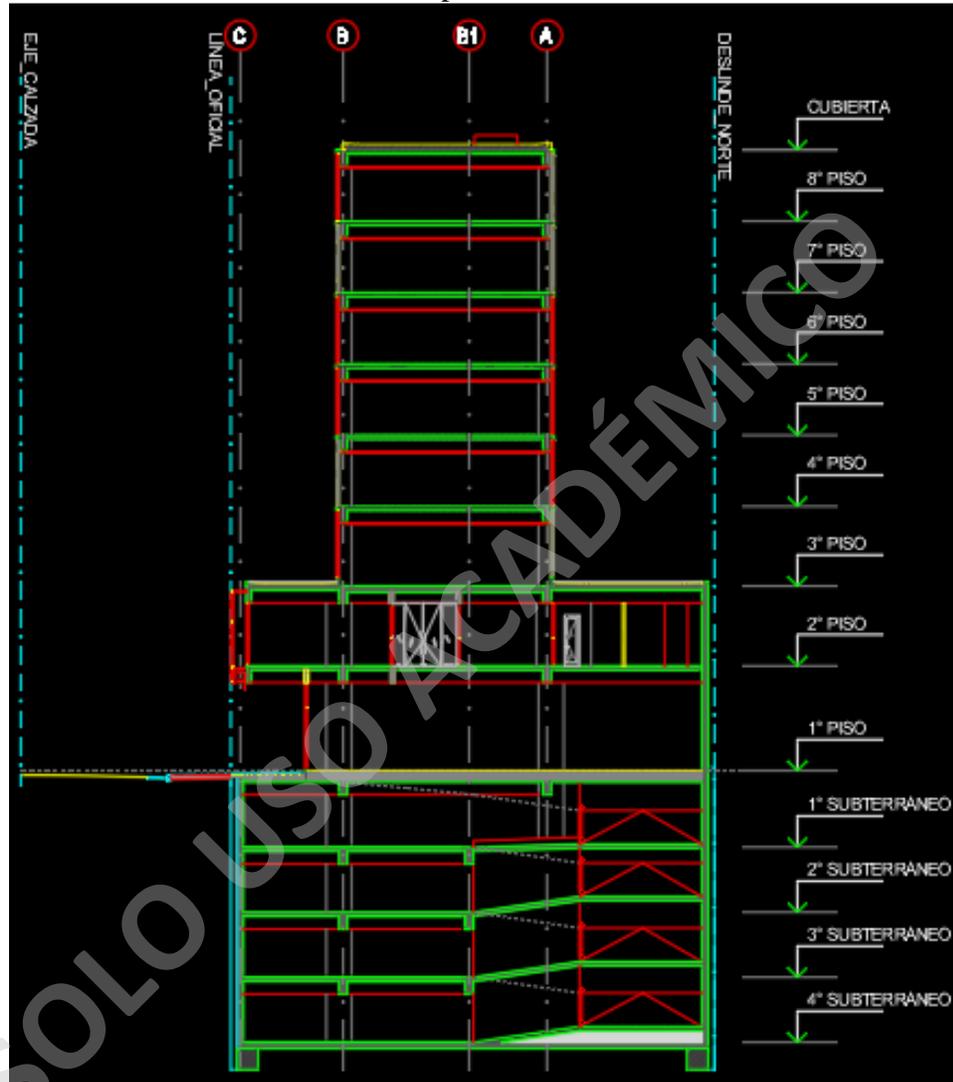


Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

El problema se produce una vez que las obras han alcanzado el nivel del 5° piso, es decir, estando ejecutada la losa cielo del 4° piso. La imagen a continuación, que

corresponde a un corte transversal del proyecto de arquitectura, ayuda a explicar de mejor manera la estructura de la edificación.

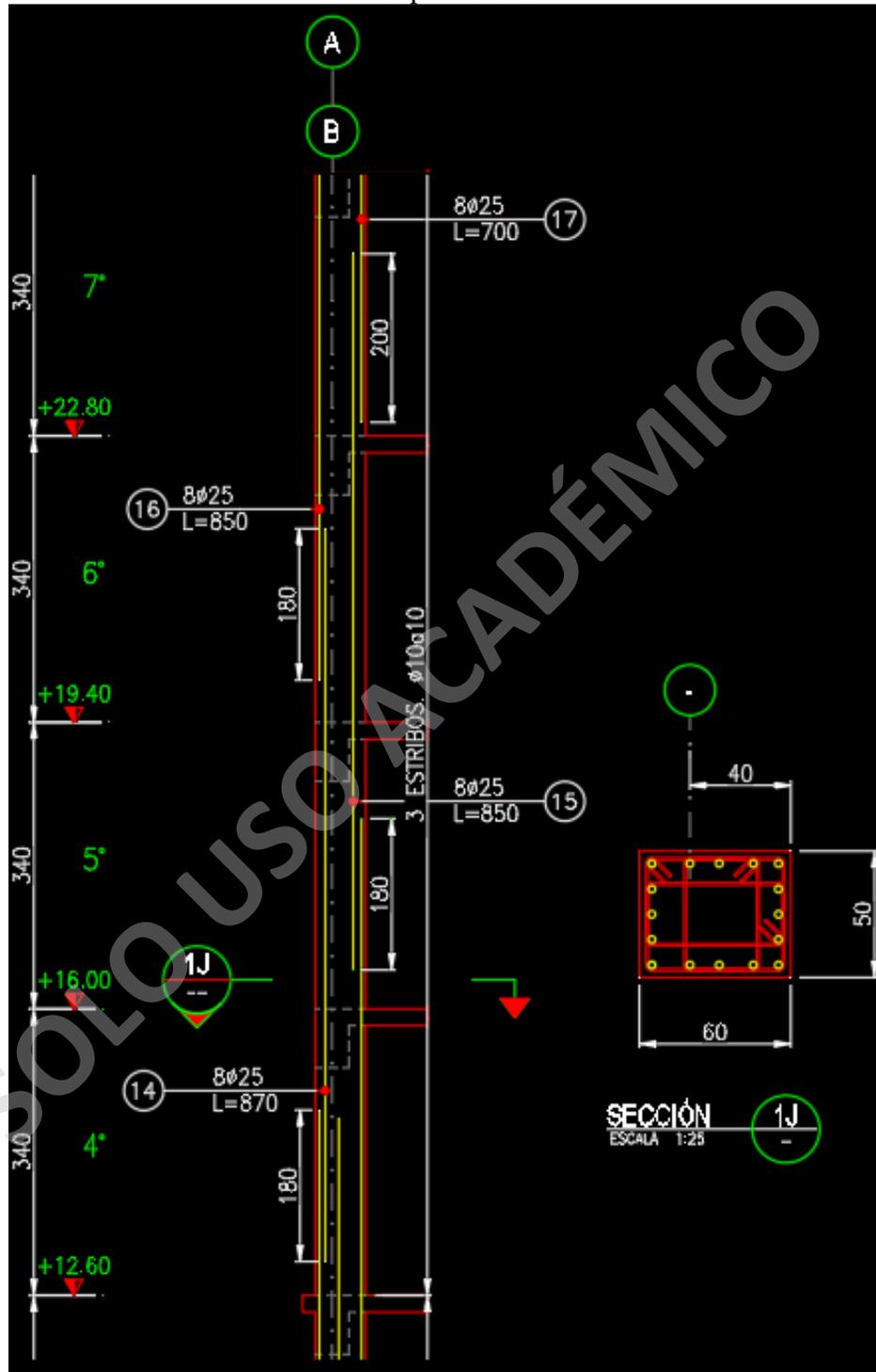
Imagen N° 4: Corte transversal de arquitectura– Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Polidura Arquitectos.

El día anterior al incidente se habían terminado de construir las armaduras de los pilares afectados. Estas armaduras alcanzaban alrededor de 9 metros de altura por sobre el nivel de la losa del 5° piso, y se encontraban amarradas a ésta por medio de 3 vientos, los cuales consistían en barras de acero de 25 milímetros de diámetro. Las siguientes imágenes del proyecto de ingeniería muestran la cuantía de acero de estos pilares. Se puede apreciar que sus barras cabezales son 16 barras de acero de 25 milímetros.

Imagen N° 5: Elevación pilares P1 y sección 1J– Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

También podemos deducir que las armaduras de estos pilares se encontraban construidas hasta el empalme de 2 metros indicado en el nivel del 7° piso, por la altura que presentaban por sobre el nivel de la losa del 5° piso. Además de estos pilares, se encontraba construida la armadura del pilar ubicado en los ejes B/3, cuya imagen se presenta a continuación, y nos permite hacernos una idea de cómo se encontraban los pilares afectados antes del incidente, ya que corresponde a la misma tipología de pilar según el proyecto de ingeniería y se encontraba construido hasta el mismo nivel que éstos.

Imagen N° 6: Pilar en ejes B/3, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

El incidente consistió en el volcamiento de ambas estructuras hacia el exterior del edificio, con la deformación plástica del sistema de barras cabezales de cada pilar debido a la acción de su propio peso, y puede ser atribuido a la acción conjunta de diversos

factores: la aplicación de una fuerza lateral; la deficiencia del sistema de arriostramiento; la excesiva esbeltez de la estructura, lo cual explicaría una menor estabilidad del sistema y cuya incidencia explicaremos más adelante en el capítulo IV. Es importante señalar que todas las armaduras de la obra son confeccionadas con barras de acero A 63-42 H. Las imágenes a continuación muestran el efecto que tuvo el incidente en las armaduras de estos pilares, las fotografías fueron tomadas pocos minutos después de lo acontecido.

Imagen N° 7: 3° piso lado sur – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 8: 3° piso lado norte – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

En el momento del incidente ningún trabajador se encontraba en la zona del 3° piso en donde cayeron los pilares, por lo cual no hubo ningún accidente grave o fatal producto de lo ocurrido. Tampoco hubo caída de material hacia la vía pública o hacia el hospital por el lado norte. El mismo día, la inspección técnica pide formalmente al administrador la entrega de un procedimiento de armado de pilares, el protocolo de emergencias y la investigación del incidente firmada por el comité paritario. Estos documentos fueron

entregados a la ITO el día 03 de Diciembre de 2019, y en la investigación presentada el profesional de obra determinó que los vientos que sujetaban estos pilares fueron golpeados por la torre de distribución de hormigón que se aprecia en la imagen n°8. Los vientos de ambos pilares, colocados hacia el interior del edificio, se juntaban en la parte central de la losa, y por esta razón fueron golpeados de tal manera que ambas estructuras tambalearon simultáneamente hasta alcanzar la deformación plástica y volcarse hacia el exterior. Se comprobó en terreno que estos vientos estaban cada uno amarrado a una barra de 12 milímetros de diámetro inyectada en la losa, mediante amarra simple hecha con alambre negro #18. Ninguno de los cabezales se cortó producto de la deformación, y los pilares fueron inmediatamente izados con la grúa torre, con el fin de conservar la mayor longitud posible de cabezales y así poder hacer un nuevo empalme hacia los niveles superiores. Se retiraron las armaduras pre armadas que habían sido empalmadas en el nivel del 5° piso, quedando solo aquellas que venían del nivel inferior, es decir, aproximadamente hasta 2 metros y medio por sobre el nivel de la losa del 5° piso (ver imagen n°5).

Imagen N° 9: Izaje del pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 10: Pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.

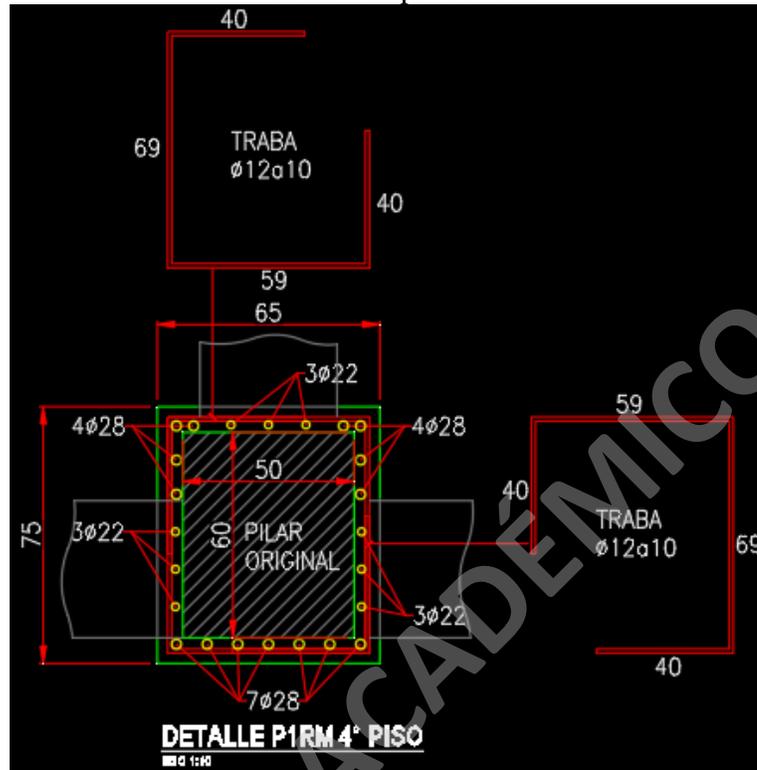


Fuente: Registro propio.

Los cabezales fueron cortados para ser enderezados. Las longitudes de los nuevos empalmes disponibles fueron medidas en terreno: para el pilar en ejes A/2 la longitud de empalme más desfavorable fue de 122 centímetros; para el pilar en ejes B/2 fue de 87 centímetros. Debido a la longitud insuficiente de estos empalmes y la deformación de los cabezales a nivel de la losa, el diseño de reparación del ingeniero calculista contempla la intervención de la estructura a partir del nivel inferior, es decir, a partir del nivel de la losa del 4° piso hacia arriba.

Las fichas de reparación fueron recibidas por la inspección técnica el día 16 de Septiembre, y detallan una serie de obras necesarias para el refuerzo estructural de la edificación. La primera medida de reparación indicada fue el picado de toda la superficie de estos pilares en el 4° piso, con el fin de lograr un 100% de rugosidad, ya que se deberían instalar una serie de cabezales por el perímetro del pilar existente, los cuales harían efectivo el empalme entre el 4° piso y el 5° piso, además de la instalación de trabas en barras de diámetro 12 milímetros, para luego hormigonar de tal manera que las dimensiones de los pilares en el 4° piso aumentarían en 15 centímetros por cada lado. El procedimiento de picado superficial de los pilares se llevó a cabo entre los días 23 y 24 de Septiembre.

Imagen N° 11: Ficha de reparación, detalle pilar P1RM en 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

Imagen N° 12: Superficie de pilar con 100% de rugosidad, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Los nuevos cabezales que se agregan fueron proyectados en barras de acero de 22 y 28 milímetros de diámetro, como se aprecia en la imagen n°11. Los de mayor diámetro quedarían a tope contra la losa del 4° piso, pero los de diámetro menor deberían ir inyectados 20 centímetros en esa losa. Para ejecutar esta inyección de barras, se hizo el picado de la losa por el contorno de cada pilar, con el fin de descubrir la traza de las barras existentes y así poder perforar sin dañar estas armaduras.

Imagen N° 13: Perforación de losa 4° piso para inyección de barras cabezales, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

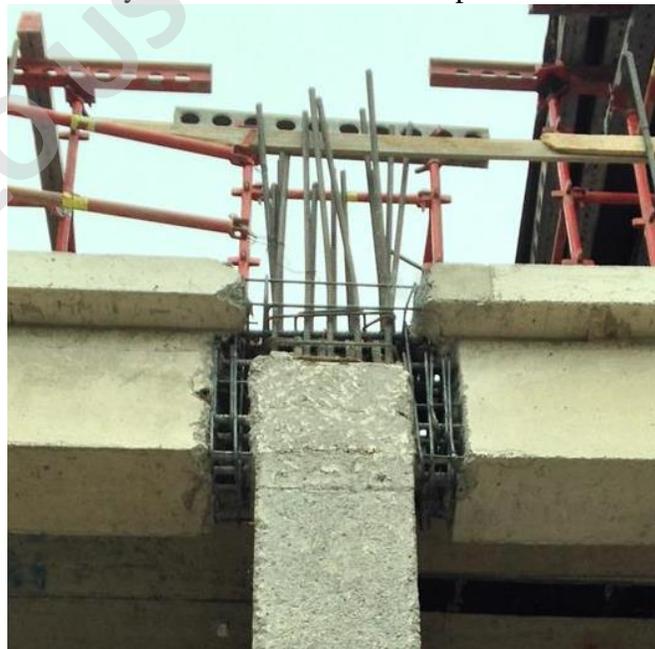
Paralelamente, y según lo indicado en la ficha de reparación, se efectuó la demolición controlada de la losa cielo del 4° piso y de las respectivas vigas, con el fin de pasar los nuevos cabezales por el 5° piso a través de las armaduras de ellas hasta la losa del 4° piso. Para esta demolición, el ingeniero calculista indicó el uso de martillo demoledor de 5 kilogramos, con el fin de evitar el daño a las armaduras existentes. Este procedimiento se realizó entre el 26 de Septiembre y el 01 de Octubre.

Imagen N° 14: Demolición controlada de la losa y vigas en cielo del 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 15: Demolición controlada de la losa y vigas en cielo del 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio

La inyección de las barras en la losa del 4° piso se completó con la aplicación de resina epóxica de anclaje en las perforaciones y grout de alta resistencia como sello. Esto se ejecutó el día 2 de Octubre.

Imagen N° 16: Inyección de nuevas barras cabezales con resina epóxica en losa 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 17: Barras inyectadas en losa de 4° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

A continuación se instalaron las trabas de diámetro 12 milímetros, proyectadas como se muestra en la imagen n°11. Para mantenerlas en su lugar, estas trabas se amarraron a una barra de 8 milímetros de diámetro en cada una de sus esquinas. Para esta faena se tuvieron que instalar plataformas por el exterior del edificio frente a cada pilar. Esto se ejecutó para ambos pilares el día 03 de Octubre.

Imagen N° 18: Instalación de trabas diámetro 12 milímetros, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.

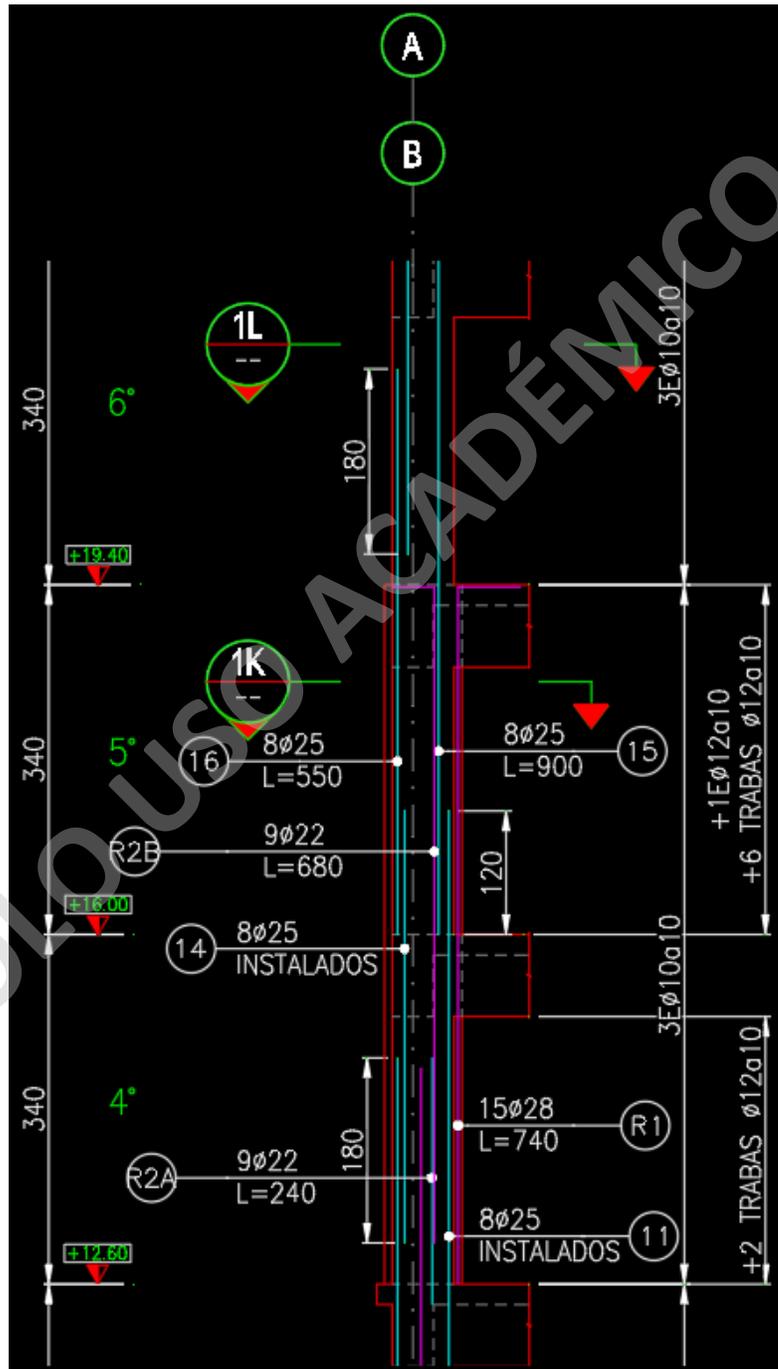


Fuente: Registro propio.

El resto de los cabezales de 28 milímetros de diámetro, más los cabezales de 22 milímetros que empalman con los inyectados y que van hacia el 5° piso, forman parte de una estructura pre armada en obra, que incluye además todas las armaduras de los pisos 5° y 6°, la cual debería ser montada con la grúa torre y cuyos cabezales deberían bajar

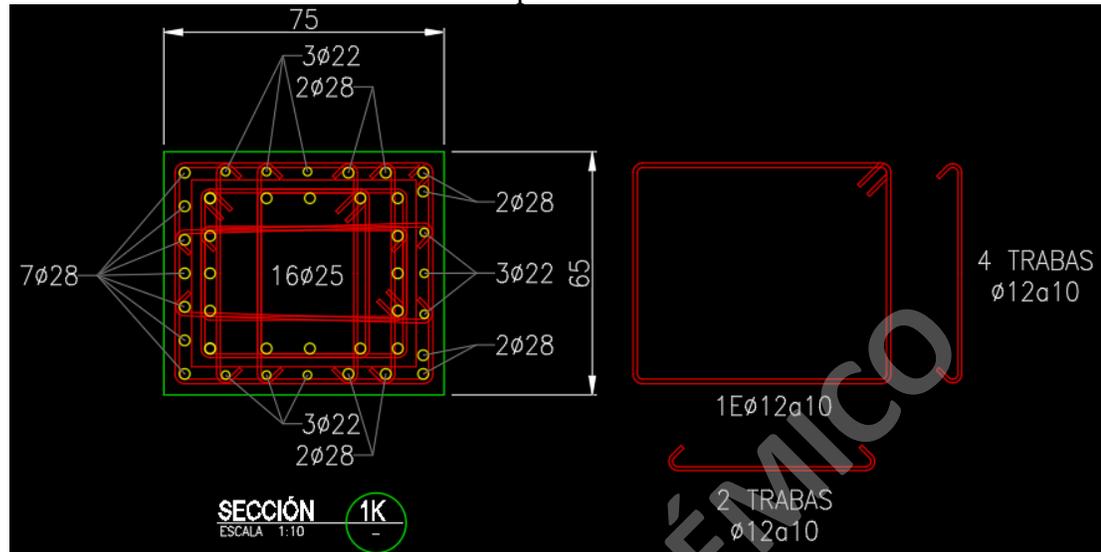
entre las armaduras del cielo del 4° piso y por dentro de las trabas instaladas en ese piso. En las siguientes imágenes de las fichas de reparación podemos ver las armaduras que se proyectaron para los pisos 5° y 6°.

Imagen N° 19: Ficha de reparación, elevación pilares P1RM – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

Imagen N° 20: Ficha de reparación, sección 1K – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

En la sección 1K podemos apreciar que para el 5° piso se ha proyectado una cuantía de acero similar al 4° piso, con 16 barras cabezales en diámetro 25 milímetros para su sección original y por el perímetro cabezales tanto de 28 como de 22 milímetros. También se aprecia que la sección de los pilares en el 5° piso aumentó de la misma forma que para el 4° piso, es decir, 15 centímetros por cada lado. En el caso del 6° piso, se conservaron los mismos cabezales y sección proyectados originalmente.

La estructura de acero pre armada se hizo en obra entre los días 01 y 03 de Octubre. A continuación se muestran algunas imágenes para apreciar la estructura en su conjunto.

Imagen N° 21: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 22: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 23: Estructura pre armada para pilar en ejes B/2, pisos 4° al 6°, – Proyecto Centro Médico Independencia.

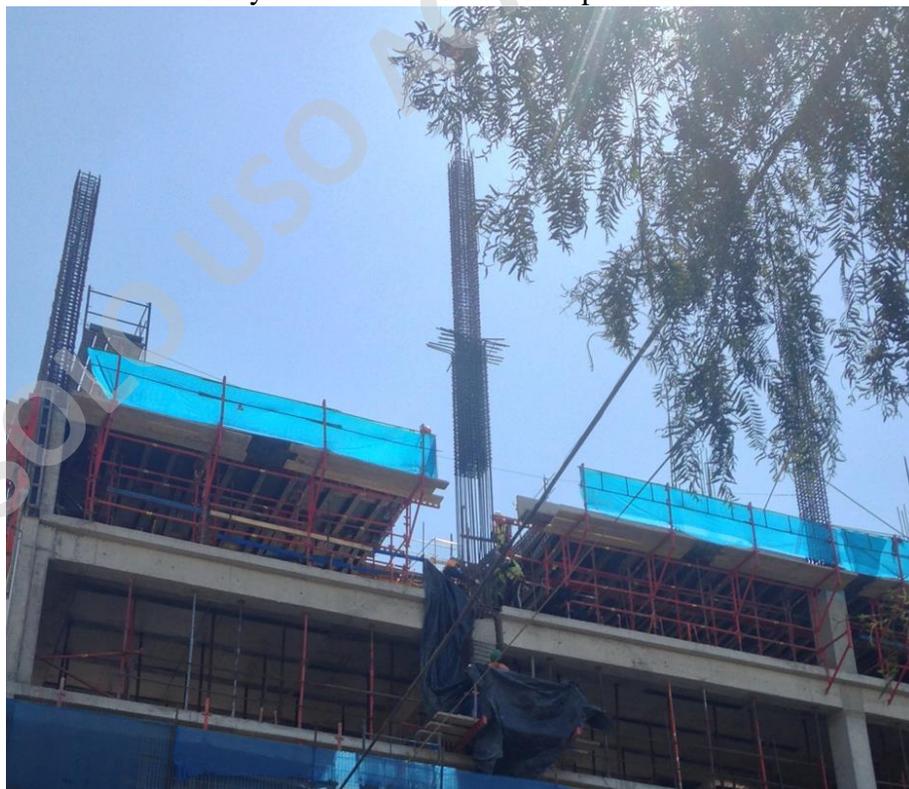


Fuente: Registro propio.

En la imagen n°21 podemos ver los cabezales en 22 y 28 milímetros que van a complementar las armaduras ya instaladas por el perímetro de cada pilar en el 4° piso, los cuales serán bajados entre las armaduras de la losa y las vigas del cielo de ese piso, mientras que en la imagen n°22 se aprecian tanto las armaduras para el 5° piso (de mayor sección) como para el 6° piso (de menor sección, igual a la sección originalmente proyectada para estos pilares). La faena siguiente corresponde al montaje de ambas estructuras pre armadas.

En el montaje participaron el operador de la grúa torre y un rigger, mientras que la cuadrilla completa de enfierradores recibió la estructura, algunos en el 5° piso haciendo palanca a los cabezales de la estructura para que pasaran entre medio de las armaduras existentes, y otros en el 4° piso haciendo palanca a las trabas instaladas para que pudieran pasar los cabezales de 28 milímetros entre estas y la superficie rugosa del pilar. Esta faena se ejecutó el 04 de Octubre para el pilar en el eje B. La grúa debió subir y bajar la estructura varias veces para acomodar las armaduras y tomó medio día poder llevarla a cabo. La estructura, una vez montada, fue arriostrada por medio de 3 vientos, consistentes en una barra de 25 milímetros amarrada con alambre negro #18 a una barra de 12 milímetros de diámetro inyectada en la losa. Las siguientes imágenes ilustran el proceso descrito.

Imagen N° 24: Descenso del pilar pre armado en eje B, visto desde la calzada – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 25: Descenso del pilar pre armado en eje B, visto desde la losa del 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 26: Cuadrilla de maestros recibiendo la estructura en el 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 27: Barras cabezales pasando entre medio de las armaduras de las vigas y la losa cielo del 4° piso en ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 28: Maestros en el 4° piso recibiendo los cabezales de la estructura en el pilar, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.

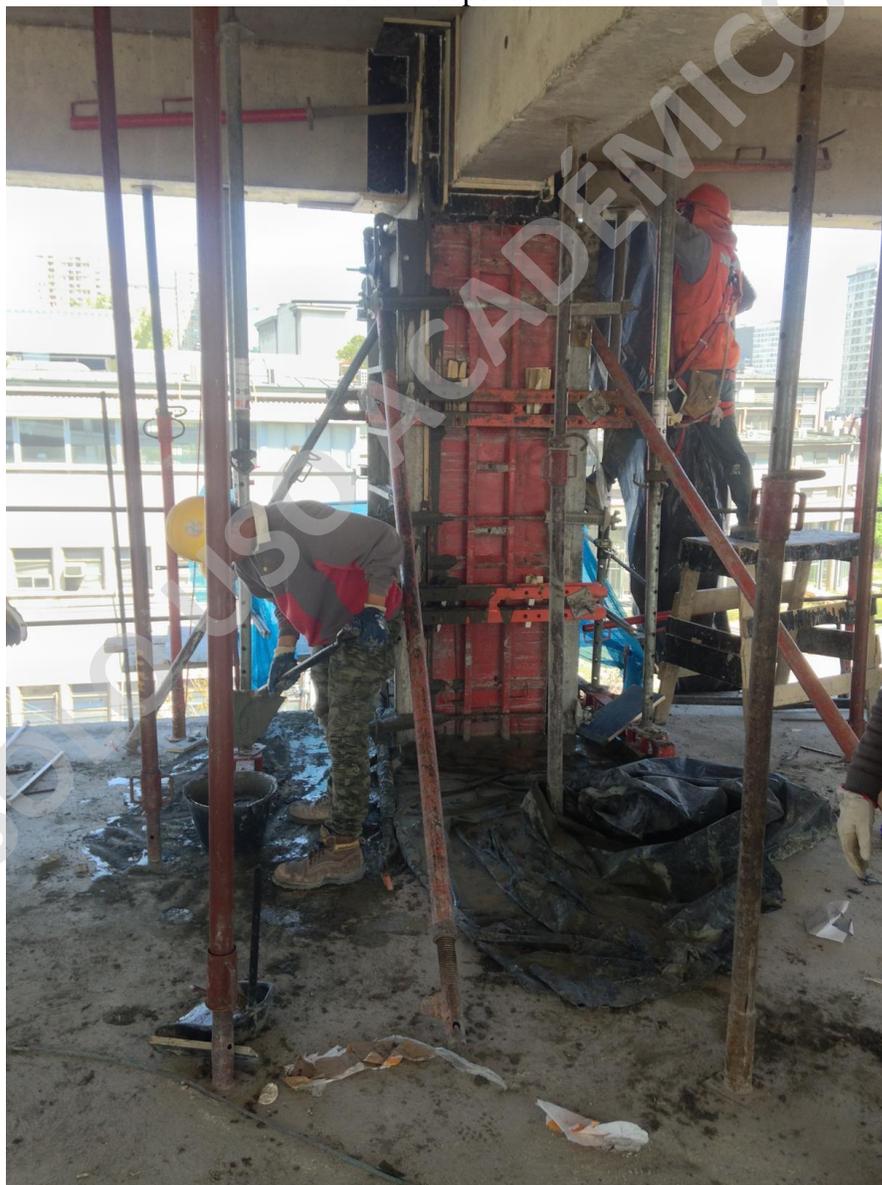


Fuente: Registro propio.

El montaje del pilar pre armado en el eje A se ejecutó el 07 de Octubre, de la misma manera que se hizo para el pilar en el eje B. Una vez montadas ambas estructuras, se procedió al trazado e instalación de los moldajes, los cuales tuvieron que ser sellados con espuma de poliuretano, ya que para el 4° piso el ingeniero calculista indicó hormigonar con un grout de alta resistencia debido a que posee un nivel de retracción muy bajo, pero este producto presenta una fluidez alta (>110% según normas ASTM C-1437 y C-1107), lo cual significó una dificultad adicional por la posibilidad de filtración del producto. La presentación de este grout es en saco de 25 kilogramos de polvo, y la dosificación indicada por el fabricante es de 10% a 11% de agua por peso del producto (recuperado de <https://chl.sika.com/dms/getdocument.get/bd98c725-f75b-401c-9808->

8513c286225c/sikagrout -214.pdf), la cual se controló con pesa electrónica y usando baldes concreteros de 12 litros. La mezcla se hizo con betonera eléctrica de 400 litros instalada en la losa del 5° piso, desde donde se vertió a través de las armaduras hacia el 4° piso. El procedimiento completo de hormigonado, tanto para el 4° como para el 5° piso fue ejecutado por la empresa RS Ingeniería, que es una de las empresas certificadas por el fabricante del grout utilizado. Primero se llenó el pilar en 4° piso ejes B/2, durante la mañana del 08 de Octubre, para posteriormente llenar ese mismo pilar en el 5° piso durante la tarde del mismo día.

Imagen N° 29: Trabajador recogiendo el material filtrado entre los moldajes, mientras otro corrige la estanqueidad de los mismos, pilar en ejes B/2, 4° piso– Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 30: Pilar llenado hasta el nivel de losa del 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 31: Instalación y aplomado de moldajes para el pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Para el 5° piso, el ingeniero calculista especificó hormigonar el pilar con el mismo grout utilizado en el 4° piso, pero en este caso con un 30% de gravilla. A pesar de que el fabricante indica usar gravilla saturada superficialmente seca, se constató en terreno que el instalador aplicó la siguiente dosificación, utilizando gravilla seca no saturada: 50 kilogramos de grout en polvo (2 sacos) + 15 kilogramos de gravilla seca (30%) + 14 litros de agua (28%).

Imagen N° 32: Control de dosificación de gravilla para el pilar en ejes B/2, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

La empresa constructora habilitó una plataforma en el 5° piso para instalar la betonera a nivel del cielo de ese piso, de modo de poder verter la mezcla sobre los moldajes del pilar.

Imagen N° 33: Vertido de la mezcla desde la plataforma habilitada en 5° piso, ejes B/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

El hormigonado del pilar en el eje A se ejecutó el día 09 de Octubre, en ambos niveles, y siguió el mismo procedimiento aplicado para el pilar en el eje B. Una vez montado este pilar, se constató que presentaba una rotación y además un desplazamiento de sus armaduras centrales hacia el interior del edificio en el nivel del cielo del 5° piso, producto de la manipulación de la estructura en el proceso de montaje. Luego de llenar este pilar hasta el nivel de la losa del 5° piso, y una vez que se instalaron los moldajes del pilar para ese piso, se procedió a corregir los problemas señalados. El problema de la rotación se corrigió simplemente haciendo la torsión en sentido contrario con una barra de acero atravesada en la estructura, mientras que el problema del desplazamiento se corrigió instalando cuñas de madera entre las armaduras centrales y las perimetrales, con las cuales se logró desplazar un par de centímetros las armaduras centrales hacia el exterior del edificio y así retomar el plomo de la estructura, evitando que el pilar quedara fuera de trazo hacia el 6° piso.

Imagen N° 34: Pilar llenado hasta el nivel de losa del 5° piso, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 35: Instalación de cuñas y chequeo del plomo del pilar en ejes A/2, nivel de cielo del 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 36: Vertido de la mezcla desde la plataforma habilitada en 5° piso a nivel de cielo, ejes A/2 – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Los moldajes en ambos pisos fueron retirados el día 15 de Octubre, completando 5 días instalados. Luego, ambos pilares fueron envueltos con un film plástico, tanto en el 4° como en el 5° piso, y se dejaron en proceso de curado por más de tres semanas.

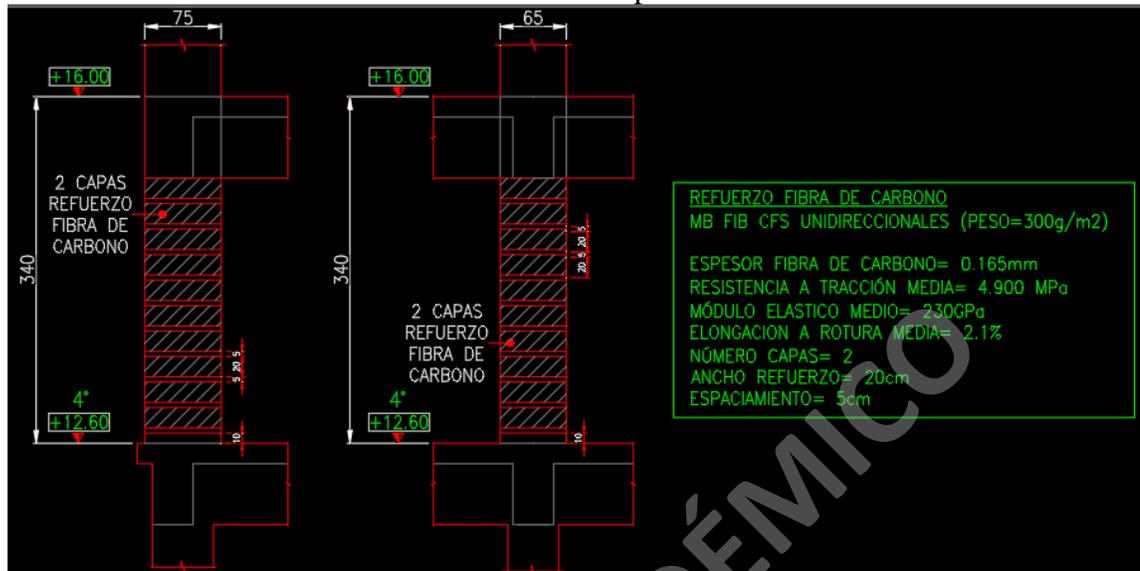
Imagen N° 37: Pilar en proceso de curado, ejes A/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Finalmente, y por indicación del ingeniero calculista, ambos pilares fueron reforzados con fibra de carbono en el 4° piso, según lo especificado en las fichas de reparación. El procedimiento se inició con el pulido de los pilares con pulidora manual, con el fin de eliminar la lechada superficial y optimizar la superficie de adherencia. Luego se colocaron las bandas tejidas de fibra de carbono de 20 centímetros de ancho espaciadas 5 centímetros, para luego aplicar una capa de resina epóxica sobre todas las superficies para su fijación a la estructura. Es importante señalar que se instaló una capa de fibra de carbono de 0,33 milímetros de espesor, en reemplazo de dos capas de 0,165 milímetros de espesor, lo cual es aceptado por el fabricante en la ficha técnica del producto.

Imagen N° 38: Ficha de reparación, refuerzo de fibra de carbono en 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Hoehmann Stagno y Asociados.

Imagen N° 39: Superficie pulida, pilar en ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 40: Refuerzos de fibra de carbono instalados en pilar, ejes B/2, 4° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Imagen N° 41: Detalle de la fibra de carbono tejida, instalada en pilar ejes A/2, 4° piso
– Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

La instalación de la fibra de carbono se indicó solo para los pilares en el 4° piso. Luego de este procedimiento, la reparación de los pilares y el refuerzo de la edificación están completos.

CAPÍTULO III: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS

A continuación se determina el costo directo de las obras de refuerzo estructural, presentando las partidas en orden cronológico de ejecución. Los valores hombre-día indicados corresponden a los entregados el 28 de Septiembre de 2018 por la empresa constructora en su análisis de precios unitarios (ver anexo C), y si bien están por sobre los valores promedio del mercado local, se decidió hacer uso de ellos en este estudio porque corresponden a la información entregada por la constructora de manera formal al mandante, y además porque el costo de la mano de obra por parte de la constructora tiene una incidencia muy menor en el costo directo total de las obras de refuerzo estructural, lo cual quedará en evidencia en los siguientes párrafos. Cabe señalar que en estos valores hombre-día están incluidas las leyes sociales. Otros valores del análisis de precios unitarios que consideraremos son el valor del kilogramo de fierro instalado en obra y el valor del metro cuadrado de moldajes instalados en obra. Para los valores del resto de los materiales utilizados se consideran los valores promedio del mercado local. En el caso del grouteo y la instalación de fibra de carbono se presentan los valores entregados por la empresa instaladora a la constructora en presupuestos emitidos el 03 de Octubre y 06 de Noviembre del año 2019 respectivamente (ver anexo D).

Para establecer el costo de la preparación superficial de los pilares de los ejes A/2 y B/2 en el 4° piso del edificio (100% de rugosidad) es importante tener en cuenta que la empresa constructora no tuvo que comprar o arrendar ninguna de las herramientas necesarias para la ejecución de esta partida, por lo tanto solo se considera la mano de obra.

Tabla N° 1: Costo directo preparación superficial de pilares en 4° piso.

Ítem	Trabajador	Unidad	Cantidad	Tiempo	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Jornal picador	hd	1	2	1,9259	3,86
					Total =	3,86

Fuente: Elaboración propia.

Luego determinamos el costo de la demolición controlada de los tramos de vigas y losa cielo del 4° piso en ejes A/2 y B/2. Al igual que para la partida anterior, solo vamos a considerar la mano de obra.

Tabla N° 2: Costo directo demolición controlada de vigas y losa cielo 4° piso.

Ítem	Trabajador	Unidad	Cantidad	Tiempo	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Jornal picador	hd	1	4	1,9259	7,71
					Total =	7,71

Fuente: Elaboración propia.

A continuación estimamos el costo de las armaduras instaladas en obra, tanto las inyectadas e instaladas por el perímetro de ambos pilares en el 4° piso como aquellas de los pilares pre armados instalados en ejes A/2 y B/2, que como ya vimos en el capítulo anterior corresponden a los cabezales que se agregan en el 4° piso más las armaduras del 5° y 6° piso, empalmados en una sola estructura. Como la empresa constructora cobra el kilogramo de fierro instalado en obra, cubicamos el total de kilogramos de armaduras que se agregan a las ya existentes, utilizando los valores de masa nominal (kg/ml) para cada diámetro de barra indicados en la NCh 204 of. 2006.

Tabla N° 3: Cubicación de armaduras instaladas para los pisos 4°, 5° y 6°.

Diámetro de barra (mm)	Longitud total (ml)	Masa nominal (kg/ml)	Masa total (kg)
28	222,00	4,830	1.073
25	232,00	3,850	894
22	122,40	2,980	365
12	861,64	0,888	766
10	393,40	0,617	243
		Total =	3.341

Fuente: Elaboración propia.

El valor del kilogramo de fierro instalado en obra, indicado en el análisis de precios unitarios, incluye la provisión del fierro, la colocación y el amarre con alambre negro calibre 18 (ver anexo C). El costo directo de las armaduras instaladas en obra es el siguiente.

Tabla N° 4: Costo directo de las armaduras instaladas en obra.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Armaduras	kg	3.341	0,0394	131,64
				Total =	131,64

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los moldajes, consideramos para los pilares el precio del metro cuadrado de moldaje instalado en obra hasta una altura de 2,40 metros sobre el nivel de cada losa, ya que se componen de paneles de 2,40 x 0,90 metros y 2,40 x 0,60 metros (paneles metálicos con placa de madera). El precio que se presenta incluye el arriendo de los módulos, el flete, las placas de madera, la mano de obra, los accesorios y el desmoldante (ver anexo C). Como la altura de piso a fondo de losa es 2,60 metros, los tramos de pilares que quedaron sin el moldaje anterior se hicieron con placas de contrachapado estructural de 18 milímetros de espesor, al igual que los tramos de vigas y losa cielo del 4° piso (ver imagen n°29), para los cuales vamos a considerar solo el valor hombre-día del carpintero y vamos a desestimar el valor del material por ser placas reutilizadas. De esta forma, el costo directo de los moldajes instalados en obra se compone de la siguiente manera.

Tabla N° 5: Costo directo de los moldajes instalados en obra.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Tiempo	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Moldajes	m2	26,88	-	0,5191	13,96
2	Carpintero	hd	1	1	2,8148	2,82
					Total =	16,78

Fuente: Elaboración propia.

En el capítulo anterior también se mencionó que, en el proceso de montaje, el pilar pre armado de los ejes A/2 tuvo una rotación y además un desplazamiento de sus armaduras centrales hacia el interior del edificio en el nivel del cielo del 5° piso. Para determinar el costo de corregir estos problemas propios del montaje de armaduras pre armadas vamos a considerar la mano de obra que se detalla a continuación.

Tabla N° 6: Costo directo rotación y desplazamiento de pilar pre armado.

Ítem	Trabajador	Unidad	Cantidad	Tiempo	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Trazador	hd	1	1/4	2,8148	0,71
2	Ayudante	hd	1	1/4	2,3704	0,60
					Total =	1,31

Fuente: Elaboración propia.

Por último incluiremos los costos del grouteo de los pilares en ambos niveles y de la instalación de los refuerzos de fibra de carbono en el 4° piso, ambos procedimientos ejecutados por la misma empresa, certificada por los fabricantes de ambos productos. El costo del grouteo se indica en el presupuesto entregado a la constructora el día 03 de Octubre de 2019, e incluye la mano de obra certificada, la betonera y herramientas de mezclado (ver anexo D). Se considera el valor de la unidad de fomento al día en que se emitió el presupuesto.

Tabla N° 7: Costo directo del grouteo de los dos pilares en ambos niveles.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Grouteo estructural	gl	1	262,35	262,35
				Total =	262,35

Fuente: Elaboración propia.

Para el costo de los materiales de grouteo, los cuales son el grout y la gravilla, se aplican los precios actuales promedio del mercado local, expresados en unidades de fomento según su valor al 31 de Mayo de 2020. Dada la dosificación entregada por el fabricante del grout, esto es, 2 kilogramos de grout para 1 litro de mezcla, y según la dosificación comprobada en terreno para la gravilla (30% del peso), considerando gravilla solo para la mezcla aplicada en el 5° piso, se obtuvo la siguiente cubicación.

Tabla N° 8: Cubicación del grout y la gravilla para ambos pilares.

Material	Volumen geométrico (litros)	Masa (kg)
Grout para pilares en 4° piso	1.930	3.860
Grout para pilares en 5° piso	2.540	5.080
Gravilla para pilares en 5° piso	-	1.524

Fuente: Elaboración propia.

De esta cubicación se deduce que para el grouteo de los dos pilares en ambos niveles se necesitaron 358 sacos de grout de 25 kilogramos, y 61 sacos de gravilla de 25 kilogramos. El costo de los materiales de grouteo se presenta en la siguiente tabla.

Tabla N° 9: Costo directo de los materiales de grouteo para ambos pilares.

Ítem	Material	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Grout	Saco	358	0,2496	89,36
2	Gravilla	Saco	61	0,0275	1,68
				Total =	91,04

Fuente: Elaboración propia.

El costo de la instalación de los refuerzos de fibra de carbono en ambos pilares en el 4° piso se indica en el presupuesto entregado a la constructora el día 06 de Noviembre de 2019, e incluye la preparación superficial de los pilares, todos los materiales y la mano de obra certificada (ver anexo D). Se considera el valor de la unidad de fomento al día en que se emitió el presupuesto.

Tabla N° 10: Costo directo instalación de refuerzos de fibra de carbono.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (U.F.)	Precio Total (U.F.)
1	Refuerzo fibra de carbono	gl	1	117,59	117,59
				Total =	117,59

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se puede apreciar cómo se compone el costo directo de las obras de refuerzo estructural de los pilares afectados, y en qué grado incide cada una de las partidas en el costo total. Como resultado, podemos afirmar que la mano de obra perteneciente a la constructora tiene una incidencia muy menor en el costo total, al igual que los moldajes, mientras que el costo del grouteo estructural ejecutado por la empresa certificada es lo que determina en mayor medida el costo total de las obras de refuerzo estructural.

Tabla N° 11: Costo directo total de las obras de refuerzo estructural.

Ítem	Partida	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (U.F.)	Incidencia (%)
1	Mano de obra por Constructora	gl	1	12,88	2,04
2	Armaduras instaladas	gl	1	131,64	20,82
3	Moldajes instalados	gl	1	16,78	2,65
4	Grouteo estructural	gl	1	353,39	55,89
5	Refuerzo con fibra de carbono	gl	1	117,59	18,60
			Total =	632,28	

Fuente: Elaboración propia.

Pero a estos costos podrían sumarse otros, derivados del impacto que tuvo el incidente en la programación de las obras y de los atrasos que generó con respecto a los plazos contractuales. Según la programación base presentada por la empresa constructora antes del inicio de las obras, el término de la obra gruesa estaba establecido para el día 23 de Octubre de 2019. Luego de ocurrido el incidente en estudio, el jefe de terreno presentó a la ITO una reprogramación informal de la obra gruesa fijando su término para el día 23 de Noviembre de 2019. Finalmente, la empresa constructora entregó el día 27 de Noviembre de 2019 una reprogramación formal que señala el fin de esta etapa para el día 09 de Diciembre de 2019. El término real de la obra gruesa quedó registrado en el libro de obras de la ITO, el día 13 de Diciembre de 2019 (ver anexo E), completando un atraso de 35 días hábiles en total respecto de la programación base.

Imagen N° 42: Programación base presentada por la constructora antes del inicio de las obras – Proyecto Centro Médico Independencia.

The image shows a screenshot of Microsoft Project software. The title bar indicates the project is 'Gantt Mandante Obra CMI 23-10-18 OG - Microsoft Project'. The interface includes a ribbon with 'Herramientas de diagrama de Gantt' and 'Formato' tabs. Below the ribbon is a Gantt chart showing a task 'Edificio' starting on 'vie 05-04-19' and ending on 'mié 23-10-19'. Below the Gantt chart is a task list table:

IDT	Nombre de tarea	Días Habiles	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de recursos
1	Edificio CENTRO MEDICO INDEPENDENCIA	316 días	jue 01-11-18	vie 31-01-20		
1.1	Entrega Terreno	0 días	vie 02-11-18	vie 02-11-18		
1.2	Obras Preliminares	10 días	vie 02-11-18	jue 15-11-18		
1.3	Obra Gruesa	242 días	vie 09-11-18	mié 23-10-19		
1.3.1	Subterráneos	113 días	vie 09-11-18	jue 18-04-19		
1.3.1.1	Fundaciones	30 días	vie 09-11-18	jue 20-12-18		
1.3.1.1.1	Excavacion de Fundaciones	20 días	vie 09-11-18	jue 06-12-18	5	

Fuente: Constructora Altius.

Imagen N° 43: Reprogramación presentada por la constructora después de ocurrido el incidente – Proyecto Centro Médico Independencia.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	% completado
1 OBRA CMI	372,25 días	jue 08-11-18	lun 24-02-20	32%
2 OBRAS PRELIMINARES	20 días	jue 08-11-18	lun 03-12-18	100%
4 OBRA GRUESA	299,88 días	vie 23-11-18	lun 09-12-19	93%
5 SUBTERRANEOS	130 días	vie 23-11-18	vie 03-05-19	100%
27 RADIERES 4TO SUBTE etapa 1	34,63 días	lun 22-04-19	lun 03-06-19	100%
31 EDIFICIO	191,88 días	lun 08-04-19	lun 09-12-19	92%
32 1ER PISO ETAPA A	32 días	lun 08-04-19	jue 16-05-19	100%
33 1ER PISO ETAPA B	54,9 días	mié 01-05-19	lun 22-07-19	100%
34 2DO PISO ETAPA A	16,5 días	lun 24-06-19	vie 12-07-19	100%
35 2DO PISO ETAPA B	15 días	vie 12-07-19	jue 01-08-19	100%
36 3ER PISO	14 días	lun 15-07-19	jue 01-08-19	100%
37 4TO PISO	14 días	jue 22-08-19	lun 09-09-19	100%
38 5TO PISO	30 días	lun 02-09-19	vie 11-10-19	100%
39 6TO PISO	20 días	vie 27-09-19	mar 22-10-19	100%
40 7MO PISO	29 días	mié 09-10-19	vie 15-11-19	100%
41 8VO PISO	20 días	lun 28-10-19	vie 22-11-19	50%
42 SM Y TERMINO DE OBRA GRUESA	12 días	lun 25-11-19	lun 09-12-19	10%

Fuente: Constructora Altius.

El contrato de construcción para la obra en estudio es un contrato a suma alzada, que solo estipula multas aplicables a la empresa contratista por atrasos con respecto al plazo total y señala que no existen plazos parciales (ver anexo F). Sin embargo lo anterior, los atrasos en la obra gruesa evidentemente tuvieron un efecto negativo en la productividad y en la eficiencia con que se utilizan los recursos disponibles. Ahora debemos determinar si estos atrasos implicaron o no un costo adicional para la constructora. Serpell (1986) señala que la productividad es la relación entre lo producido y lo consumido, y que se mide en relación al contenido de trabajo productivo, es decir, a las actividades que aportan al avance físico real de una obra. Al analizar la curva de hormigones de la obra (ver anexo G) podemos ver la cantidad de hormigón programado para el mes de Septiembre de 2019 y compararla con la cantidad de hormigón efectivamente instalado y pagado a la constructora ese mes, información que podemos recuperar del estado de pago correspondiente (ver anexo H). De esta manera podemos calcular tanto la productividad programada como la real para esta actividad, para cada mes hasta la fecha de término de la obra gruesa. La siguiente tabla muestra la productividad que presentó la empresa constructora entre los meses de Septiembre y Diciembre de 2019.

Tabla N° 12: Productividad de la empresa constructora durante el año 2019.

Mes	Hormigón programado (m3)	Hormigón instalado (m3)	Diferencia de Productividad (m3/mes)
Septiembre	420	194	-226
Octubre	87	279	+192
Noviembre	0	289	+289
Diciembre	0	100	+100

Fuente: Elaboración propia.

Como es lógico, avanzando hacia la fecha de término real de la obra gruesa, la productividad para esta actividad se va recuperando, por lo tanto se puede afirmar que esta actividad tuvo una pérdida de productividad durante el mes de Septiembre y que luego se recuperó, y lo mismo ocurriría si analizamos las demás actividades presentes en el costo directo y que forman parte o que dependen de la obra gruesa. Por otro lado tenemos los gastos generales y las utilidades, los que al ser analizados también presentarían una baja durante el mes de Septiembre con respecto a lo programado, ya que se cobran como un porcentaje del costo directo, y posteriormente se recuperarían hasta alcanzar el monto determinado en el contrato a suma alzada, una vez que la constructora terminara las obras. Y si bien los gastos generales se componen de partidas que no dependen de la productividad, tanto los profesionales como jefes de obra y capataces de la constructora son, en este caso, personal que está permanentemente con contrato vigente, y se comprueba que la empresa cuenta con la capacidad financiera como para operar con todo su personal contratado obra tras obra, por lo cual el hecho de cobrar menos gastos generales durante un mes y recuperarlos al mes siguiente o al subsiguiente no representa una pérdida real para la empresa constructora, siempre que ésta termine las obras dentro del plazo total acordado, ya que de lo contrario serían aplicables las multas estipuladas en el contrato de construcción. A propósito de esto último, cabe señalar que la constructora solicitó al mandante, durante el mes de Noviembre del 2019, un aumento de plazo por un total de dos meses, solicitud que desde el punto de vista del mandante estuvo justificada por el conflicto social que se dio en nuestro país a partir de Octubre del año 2019, el cual produjo bajas en la productividad en distintos rubros de nuestra economía incluyendo el nuestro. Pero, como se mencionó anteriormente, el incidente ocurrido se tradujo en un retraso de la obra gruesa por un total de 35 días hábiles con respecto al programa base, lo cual está bastante cerca de ser dos meses calendario. Además, como se puede ver en los reportes de asistencia de la fuerza laboral emitidos por la constructora (ver anexo I), durante los meses de Noviembre y Diciembre de 2019 la cantidad de trabajadores que asistieron a la obra no disminuyó sino que fue en aumento y solo disminuyó una vez que terminó la obra gruesa, lo cual nos dice que el conflicto social no tuvo un impacto significativo en la asistencia de la fuerza laboral a la obra. Entonces, desde esta perspectiva es interesante para nuestro estudio plantearse la siguiente pregunta: ¿cuál sería el escenario para la empresa constructora en el caso de terminar las obras 2 meses después de la fecha de término señalada en el contrato de construcción, sin poder justificar un aumento de plazo? El contrato (ver anexo F) establece como fecha de término el 05 de Febrero de

2020, y estipula una multa igual a 0,05% sobre el precio total del contrato, que son 204.680 unidades de fomento, por cada día de atraso, lo que significa que 42 días hábiles de atraso constituyen un monto por concepto de multas igual a 4.298,3 U.F. (42 días hábiles que hay entre el 05 de Febrero y el 05 de Abril de 2020). El costo directo total de la obra corresponde a 137.000 U.F., y el costo directo de la obra gruesa a 58.710 U.F. En base a esta información podemos, por ejemplo, hacer una comparación entre el costo directo de las obras de reparación y el costo directo de la obra gruesa, en el caso de que la constructora sí pudo justificar un aumento de plazo, y así mismo, hacer la comparación entre el costo conjunto de las obras de reparación más el costo por concepto de multas y el costo que tiene para la empresa construir el edificio completo, en el caso de que la constructora no pudo justificar un aumento de plazo y considerando que el incidente tuvo el efecto de provocar un atraso de dos meses en las obras. La siguiente tabla nos muestra ambas situaciones.

Tabla N° 13: Costo asociado al incidente en estudio, en comparación al costo directo de las obras.

Situación	Costo asociado al incidente (U.F.)	Costo Directo De la Obra Gruesa (U.F.)	Costo Directo Total de la Obra (U.F.)	Relación Porcentual (%)
No considera multas por atrasos	632,3	58.710	-	1,08
Sí considera multas por atrasos	4.930,6	-	137.000	3,60

Fuente: Elaboración propia.

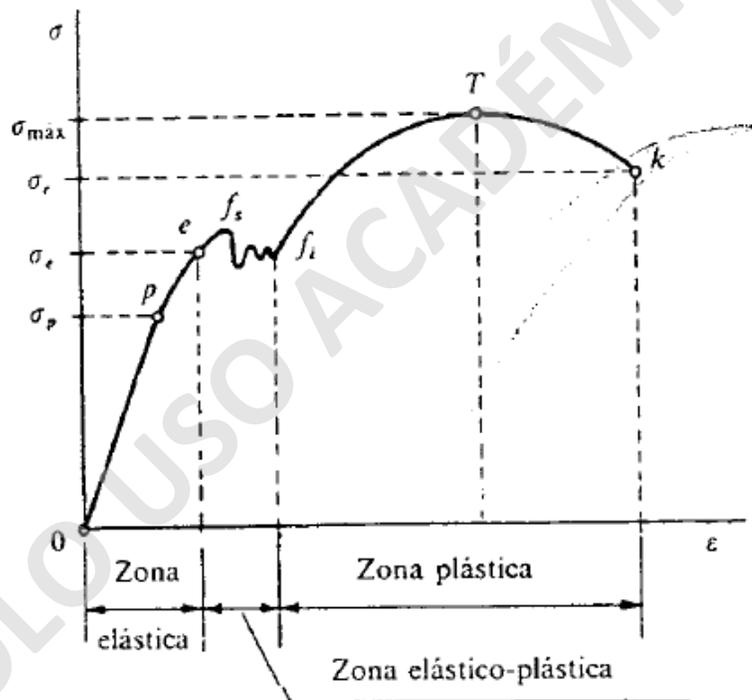
En el contexto de un incidente de obra, además de los costos descritos en los párrafos anteriores, podríamos tener costos asociados a los eventuales accidentes que pudieran haber afectado a los trabajadores, los que pueden llegar a implicar un costo contable para la empresa constructora más allá del proyecto en curso. Al inicio de este trabajo nos planteamos responder, entre otras preguntas, la siguiente: ¿cuál es la probabilidad de que este tipo de incidentes derive en un accidente grave o fatal? En la literatura disponible no encontramos un estudio estadístico al respecto, pero como se evidencia en las imágenes presentadas en los capítulos anteriores, los pilares están emplazados en zonas de trabajo que no pueden ser cerradas debido a las necesidades de avance de partidas de obra gruesa e instalaciones, y por lo tanto podemos afirmar que sí hay una probabilidad de que uno o más trabajadores sean víctimas de un accidente frente a un incidente de las características del caso estudiado, ya que existe la probabilidad de que uno o más pilares se vuelquen hacia el interior de edificio si el sistema que los arriestra es deficiente, y sí existe el riesgo de aplastamiento o de ser golpeados por estas estructuras para los trabajadores. También está la probabilidad de que estos eventuales accidentes resulten ser graves o fatales, debido a las características del incidente, que involucra estructuras de gran masa. La ley chilena n°16.744 de 1968 declaró obligatorio el seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, y en su artículo 15° establece que este seguro se financiará en parte con una cotización adicional

diferenciada, de cargo del empleador, en función de la actividad y riesgo de la empresa, y en su artículo 16° indica que las exenciones, rebajas o recargos de la cotización adicional serán determinadas por las mutualidades de empleadores respecto de sus empresas adherentes en relación a la magnitud de los riesgos efectivos y las condiciones de seguridad existentes en la respectiva empresa (Ley n°16744, 1968). El decreto 67 del año 2000, que constituye el reglamento que rige la aplicación de los artículos 15° y 16° de la ley n°16.744, establece que lo señalado en el artículo 16° de dicha ley se determinará en función de la “siniestralidad efectiva”, la cual es definida por este decreto como las incapacidades y muertes provocadas por accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, quedando excluidos los accidentes de trayecto. Señala que las mutualidades de empleadores determinarán la magnitud de las siniestralidades efectivas de sus empresas adheridas evaluando los tres períodos anuales inmediatamente anteriores al 1° de Julio del año respectivo, siendo un “período anual” el comprendido entre el 30 de Junio de un año y el 1° de Julio del año precedente, y que esta magnitud de la siniestralidad efectiva se medirá en función de la “tasa de siniestralidad total”, la cual depende tanto de los días perdidos dentro de un período anual como del promedio anual de trabajadores y del grado de invalidez que se haya determinado para cada trabajador víctima de un accidente o enfermedad profesional. El artículo 5° del decreto 67 muestra la cotización adicional que deberá pagar una empresa, por cada uno de sus trabajadores protegidos por el seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, según la tasa de siniestralidad total que haya tenido durante los tres últimos períodos anuales completos, cotización adicional que puede ir desde un valor mínimo de 0,00% (exención del pago de las cotizaciones adicionales) hasta un máximo de 6,80% sobre las remuneraciones imponibles de cada trabajador (Decreto 67, 2000). Lo anterior constituye un costo potencial para toda empresa constructora, costo contable cuyo monto va a ser diferente para cada empresa, según las estadísticas de siniestralidad que presente y la cantidad de trabajadores que tenga. Este costo potencial se hará efectivo o no según las condiciones de seguridad que presenten los lugares de trabajo y de los accidentes y enfermedades profesionales que afecten a los trabajadores, costo que toda empresa buscará evitar implementando las medidas de seguridad que la ley exige.

CAPÍTULO IV: MEDIDAS DE SEGURIDAD EN OBRA

Al explicar las causas del incidente en estudio en el capítulo II, surgen dos conceptos que son clave para comprender la manera en la cual ocurren este tipo de imponderables en el proceso de construcción de armaduras verticales: la deformación plástica y la esbeltez. En el estudio experimental de las propiedades mecánicas de sólidos elásticos sometidos a tracción, por ejemplo, en el ensayo de una probeta de acero dulce, se denomina zona elástico-plástica a aquella parte de la curva del diagrama tensión-deformación a partir de la cual se comienzan a observar deformaciones permanentes en la probeta, lo que imposibilita que el material vuelva a recuperar las condiciones iniciales (Ortiz, 1990).

Imagen N° 44: Diagrama tensión-deformación para una barra de acero sometida a tracción.



Fuente: Luis Ortíz Berrocal, *Resistencia de Materiales* (1990).

Por lo tanto, la deformación plástica se refiere a aquella deformación provocada a un sólido elástico (barra de acero) por medio de la aplicación de una fuerza, luego de la cual este sólido no puede recuperar su forma original (en contraposición al concepto de deformación elástica). En el caso de los pilares de acero de refuerzo de nuestro estudio, al volcarse hacia afuera del edificio estos fueron sometidos a un esfuerzo tal que se produjo la deformación plástica de las barras cabezales cerca del punto de empotramiento, al ser traccionadas por el propio peso de cada estructura, lo cual se comprobó en la práctica observando las zonas en donde las barras cabezales sufrieron deformación permanente. En la imagen n°45 podemos ver que luego del incidente las

barras cabezales de cada estructura presentaron deformación plástica hacia el extremo empotrado, mientras que hacia el extremo libre no tuvieron deformación.

Imagen N° 45: Barras cabezales deformadas, 5° piso – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Pero estos pilares, al estar erguidos, ¿qué factores son los que propician su volcamiento? Estos se comportan de manera similar una barra sometida a compresión por una fuerza axial (peso propio), empotrada en un extremo y libre en el otro. Refiriéndose al estudio experimental del comportamiento mecánico de piezas prismáticas de sección constante, Ortiz (1990) explica el concepto de esbeltez como la relación entre la longitud de la pieza y la dimensión de su sección recta (sección transversal perpendicular al eje longitudinal), afirmando que cuanto mayor es esta relación entonces más esbelta es la pieza. Señala que cuando estas piezas presentan una relación entre su altura y la longitud de su sección recta superior a 100, al ser sometidas a compresión debido a la aplicación de una carga axial entonces el eje longitudinal de la pieza adopta forma curva cuando la carga toma un cierto valor crítico, siendo este fenómeno conocido con el nombre de pandeo, el cual representa la pérdida del equilibrio elástico que se da cuando las fuerzas internas de cohesión molecular de la pieza no son capaces de contrarrestar las fuerzas externas que actúan sobre ella. También explica que si sometemos a compresión axial piezas de la misma sección recta, del mismo material, pero de diferentes longitudes, la carga necesaria para producir el pandeo es menor cuanto más esbelta es la pieza. De lo anterior podemos deducir el siguiente razonamiento que nos ayuda a entender de mejor manera el comportamiento mecánico de las barras de acero: al aumentar la altura de los pilares aumentamos su esbeltez, y añadimos peso a la estructura por lo cual la carga

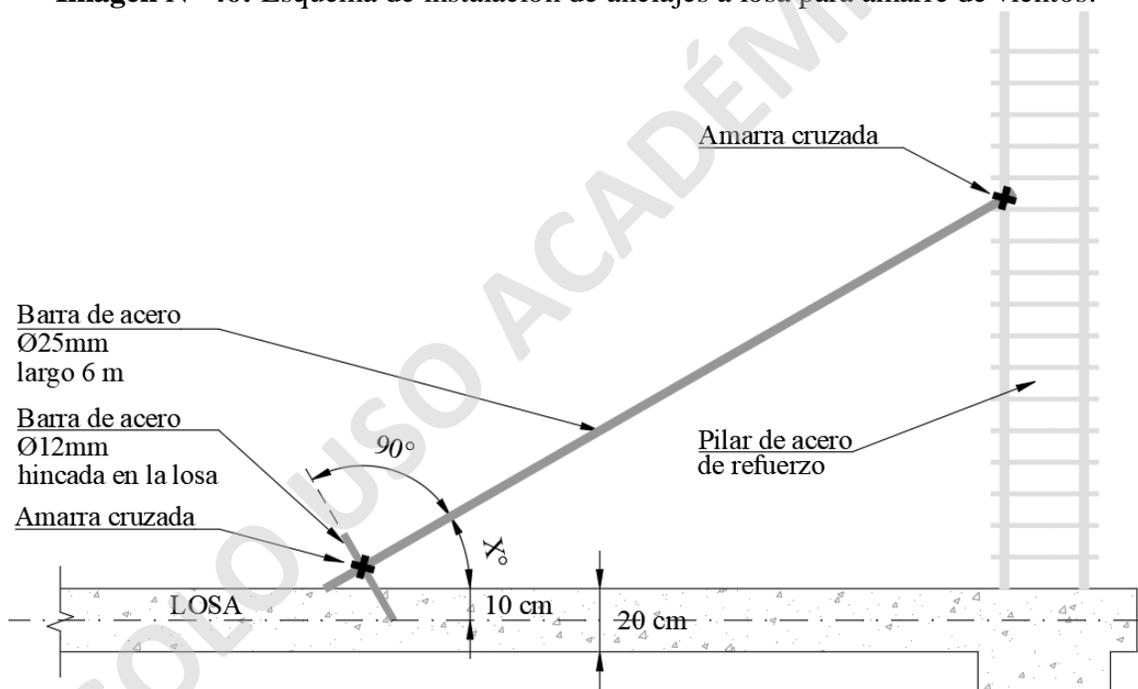
axial de compresión es mayor, y por lo tanto crece la probabilidad de que las barras cabezales pierdan su equilibrio elástico y se pandeen.

Por lo anterior, en el presente estudio se propone que el conocimiento de las propiedades mecánicas del material con el cual se está trabajando es una de las principales medidas de seguridad en obra, ya que nos permitirá prevenir el pandeo y el eventual volcamiento de las estructuras. Pero entonces, ¿cuál sería la altura máxima que deberíamos dar a los pilares de nuestro estudio para evitar el pandeo? Ya explicamos que el pandeo se da cuando la carga de compresión se acerca a un valor crítico. Por definición, esta carga crítica depende de ciertas propiedades tanto geométricas como mecánicas de la pieza, siendo inversamente proporcional a su altura (a mayor altura de la pieza, mayor esbeltez, entonces es menor la carga necesaria para producir el pandeo), y directamente proporcional al momento de inercia de la estructura, respecto del cual no ha sido posible encontrar valores para este tipo de sistemas compuestos por barras cabezales y estribos en la literatura disponible, por lo que resulta difícil llegar a calcular con certeza la carga crítica para estas armaduras considerando una altura determinada. Por otra parte está el factor de la fuerza lateral ejercida sobre ellas, factor que también es considerado dentro de las posibles causas del incidente en estudio, pero como no podemos determinar de manera teórica la rigidez de estas estructuras (ya que estas armaduras constituyen un sistema complejo y su rigidez va a depender del distanciamiento real de los estribos, de las características de los ganchos de estos estribos, entre otras variables), entonces no podemos saber la magnitud de las fuerzas que deben actuar para provocar su volcamiento si no es de manera empírica. Además, no podemos suponer que los pilares de nuestro estudio presenten propiedades mecánicas (momento de inercia, rigidez) similares a un tubo de acero de igual sección recta (60 cm x 50 cm) o a otra pieza prismática. En consecuencia podemos decir, en base a lo que se comprobó de manera empírica en terreno, que para una altura de 9 metros (altura que presentaban los pilares al momento del incidente) es muy probable que en estas estructuras se produzca la pérdida del equilibrio elástico en sus barras cabezales cuando el peso propio se combine con una fuerza lateral ejercida sobre ellas, y que el desplazamiento producido por esta fuerza provoque su volcamiento, en el caso de que el sistema de arriostamiento no sea capaz de contrarrestar aquella fuerza. Considerando la sección transversal de estos pilares, la altura mencionada es 15 veces la longitud de su sección recta (considerando el eje en el cual se volcaron, es decir, 60 centímetros), y por lo tanto, para que esta relación de esbeltez se pueda considerar segura entonces debe ser en todo caso menor a 15, siendo fundamental implementar un sistema de arriostamiento eficaz si nos acercamos a este valor.

¿Pero cómo nos podemos asegurar de que el sistema de arriostamiento de los pilares sea eficaz frente a la aplicación de una fuerza externa? En el formulario de investigación del incidente preparado por la empresa constructora (ver anexo J), como causas se identificaron tanto la falta de anclaje individual para los vientos que arriostraban ambas estructuras como la poca profundidad del anclaje a losa (dower) al cual estaban amarrados los vientos, y como recomendaciones de seguridad se indicaron una mayor profundidad e inclinación de los anclajes y una mejor supervisión en la ejecución de

estos. En terreno se comprobó que durante la obra gruesa se instalan estos anclajes tipo dower, que consisten en una barra de acero para hormigón hincada en la losa. Su uso es generalizado debido a su bajo costo de implementación y a lo rápido que resulta su instalación. Al ser anclajes provisorios, solo se perfora la losa y se martilla la barra de acero hasta asegurarse que tenga una profundidad y agarre suficientes (el diámetro de la broca debe ser el mismo que la barra de acero, para asegurar que ésta quede firmemente hincada en el hormigón). Debido a que la barra no va inyectada con adhesivo, es fundamental instalarla con un grado de inclinación adecuado, quedando la barra inclinada en sentido contrario al viento que va amarrado a ella y formando un ángulo recto con respecto a este, como se muestra en la imagen n°46. La profundidad recomendada en terreno por el profesional de obra a cargo fue de 10 centímetros como mínimo, es decir, al menos la mitad del espesor de la losa, y el diámetro de barra que se recomendó fue de 12 milímetros.

Imagen N° 46: Esquema de instalación de anclajes a losa para amarre de vientos.



Fuente: Elaboración propia.

Para los vientos que deben arriostrar las estructuras la recomendación es que sean barras de acero para hormigón de un diámetro tal que tengan la suficiente rigidez pero que no transmitan una carga significativa a los pilares, por lo cual se recomienda barra de acero de 25 milímetros de diámetro. Además es muy importante que cada viento se amarre a un anclaje de manera individual, y no amarrar más de un viento a un solo anclaje, ya que de esta manera limitamos el riesgo de que una falla en el anclaje provoque el movimiento de más de un pilar. En el amarre de los vientos a los anclajes se recomienda usar alambre negro #18 como mínimo (1,24 milímetros de diámetro), dando varias vueltas con el alambre en forma cruzada para mayor seguridad.

Dependiendo de la secuencia constructiva de la obra, los vientos que arriostran las estructuras se pueden instalar antes o después de hormigonar la respectiva losa, es decir, pueden amarrarse de anclajes hincados en la losa ya ejecutada o de las armaduras de las vigas del cielo del nivel inferior, como se muestra en la imagen n°47.

Imagen N° 47: Pilare de acero de refuerzo arriostrado con vientos y eslingas
– Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Se recomienda amarrar estos vientos a las armaduras de las vigas y no a las armaduras de la losa, debido a que las primeras presentan una rigidez mucho mayor y están compuestas por barras de mayor diámetro. Para lograr un mayor estándar de seguridad, el arriostramiento de las estructuras se complementa con la instalación de eslingas de trinquete, las cuales ayudarán a prevenir principalmente el volcamiento de las estructuras hacia el exterior del edificio, eliminando el riesgo de provocar el aplastamiento de personas en los niveles inferiores o el desprendimiento de material en las fachadas, dependiendo de las características del edificio. Se recomienda el uso de eslingas textiles de fibras sintéticas, con anillas metálicas en sus extremos, debido a su

bajo peso y alta flexibilidad y maniobrabilidad, con una capacidad de carga de al menos 3.000 kilogramos (color amarillo, según codificación de colores de la norma UNE EN 1492-1).

Imagen N° 48: Límites de carga de trabajo y códigos de color para eslingas textiles.

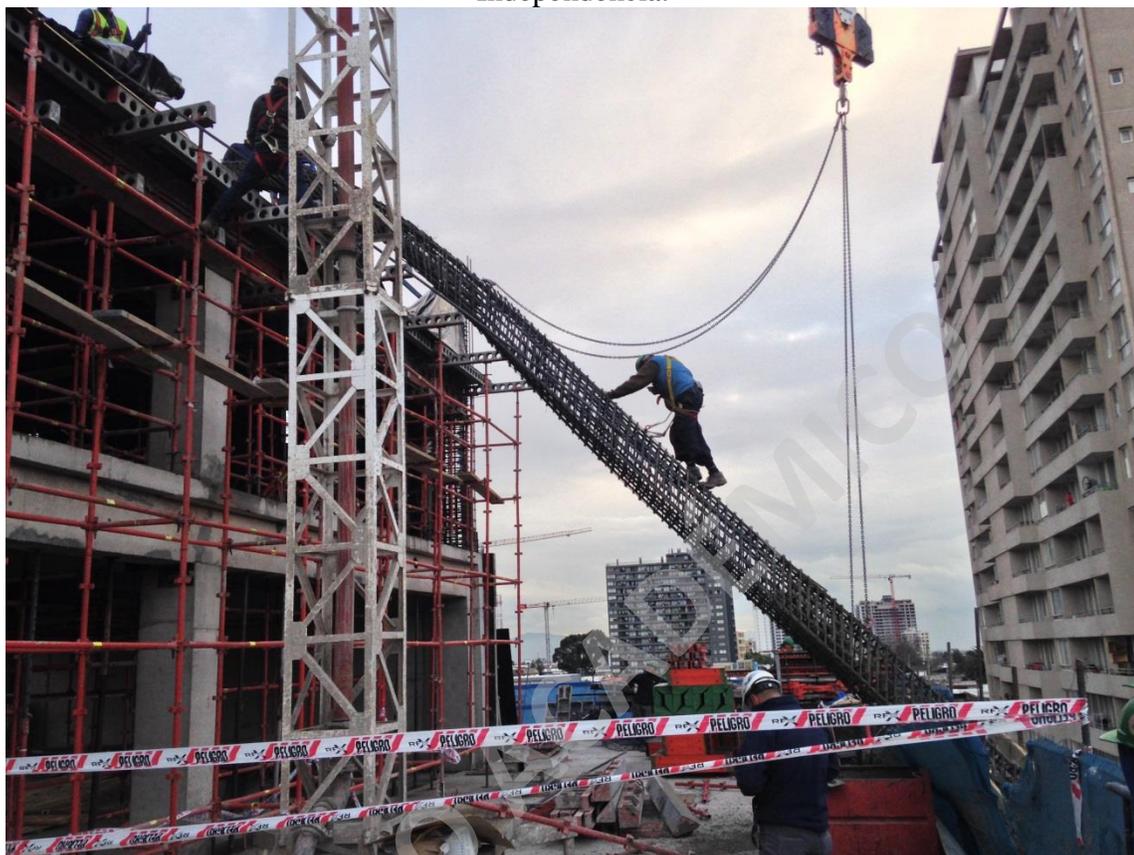
WLL del componente cinta cosida	Color del componente cinta cosida	Límites de la carga de trabajo en toneladas						
		Elevación vertical	Elevación estrangulada	Cesta estrangulada			Eslinga de 2 ramales	
				Paralelo	$\beta = 0$ a 45°	$\beta = 45^\circ$ a 60°	$\beta = 0$ a 45°	$\beta = 45^\circ$ a 60°
M = 1	M = 0,8	M = 2	M = 1,4	M = 1	M = 1,4	M = 1		
1,0	Violeta	1,0	0,8	2,0	1,4	1,0	1,4	1,0
2,0	Verde	2,0	1,6	4,0	2,8	2,0	2,8	2,0
3,0	Amarillo	3,0	2,4	6,0	4,2	3,0	4,2	3,0
4,0	Gris	4,0	3,2	8,0	5,6	4,0	5,6	4,0
5,0	Rojo	5,0	4,0	10,0	7,0	5,0	7,0	5,0
6,0	Marrón	6,0	4,8	12,0	8,4	6,0	8,4	6,0
8,0	Azul	8,0	6,4	16,0	11,2	8,0	11,2	8,0
10,0	Anaranjado	10,0	8,0	20,0	14,0	10,0	14,0	10,0
Superior a 10,0	Anaranjado							

M = Factor de forma para carga simétrica. Tolerancia de manipulación para eslingas o partes de eslingas indicadas como verticales = 6°.

Fuente: UNE EN 1492-1 (2001).

Si las condiciones de la obra lo permiten, se deben cerrar las zonas que se encuentran por el exterior de la edificación en altura y bajo los pilares que están en esta condición de arriostamiento, debido a que estas zonas se encuentran expuestas al alcance de estas estructuras ante su eventual volcamiento o al desprendimiento y caída de material desde los niveles superiores producto de cualquier tipo de incidente relacionado. Para esto se deben delimitar las áreas con cinta y señales de peligro que cumplan con las normas chilenas 1410 y 1411, a una altura mínima de 90 cm desde el nivel de piso, de manera de advertir el riesgo y evitar el tránsito de las personas a través de ellas.

Imagen N° 49: Demarcación de zona de peligro – Proyecto Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

CONCLUSIONES

Con respecto a los objetivos planteados para esta investigación, podemos decir que se cumplen y que las interrogantes propuestas al inicio de este trabajo son respondidas de manera satisfactoria. Al finalizar la evaluación de los costos que tuvo el incidente para el proyecto, podemos afirmar que el costo relacionado a las obras de refuerzo estructural, determinado en gran medida por el costo del grouteo estructural, no es tan significativo en comparación al costo derivado del impacto negativo en la programación de las obras y de las correspondientes multas aplicadas a la empresa constructora por el no cumplimiento del plazo contractual, que en nuestro estudio se tradujo en un monto equivalente al 3,1% del costo directo total de la obra, más de 6 veces mayor que el costo total de las obras de reparación. Y si bien es cierto que al principio este costo se plantea como eventual, en la actualidad la empresa constructora no ha hecho entrega de la obra, y hasta el 05 de Mayo de 2020 ya completaba un mes de atraso con respecto al nuevo plazo, considerando que anteriormente se le había otorgado un aumento de dos meses con respecto al plazo estipulado en el contrato, por lo tanto este costo es muy probable en la práctica y debe ser considerado para cualquier caso de similares características al presentado en este trabajo.

Por otra parte, las medidas de seguridad adecuadas para prevenir los riesgos asociados a este tipo de incidentes son fáciles de implementar y de muy bajo costo, y el beneficio de su aplicación se traduce no solo en evitar los costos que puede tener el incidente para un proyecto en curso sino que también el costo que significa para la constructora como empresa el aumento de sus índices de siniestralidad, y aún más importante, se pueden evitar accidentes que pudieran llegar a provocar algún grado de incapacidad en los trabajadores involucrados, lo cual representa un costo social considerable, y es aquí donde radica la importancia de que los profesionales de la construcción sigamos analizando estas medidas de seguridad y podamos identificar nuevos procedimientos que nos permitan mejorar las estadísticas relacionadas a los accidentes de trabajo en el sector de la construcción, contribuir a que nuestras obras sean más seguras y productivas, de manera que resulten ser un aporte íntegro al desarrollo de nuestra sociedad en su conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Contraloría Regional del Biobío. (2012). *Informe investigación especial (IE-51/2012)*. Recuperado de <http://transparencia.redsalud.gov.cl/transparencia/public/ssconcepcion/2013/IE%2051%20EXAMEN%20DE%20CUENTAS%20A%20OBRAS.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización. (2006). *Acero - Barras laminadas en caliente para hormigón armado*. (NCh204:2006). Santiago, Chile: INN.
- Instituto Nacional de Normalización. (2012). *Prevención de riesgos – Colores de seguridad*. (NCh1410/1:2012). Santiago, Chile: INN.
- Instituto Nacional de Normalización. (1978). *Prevención de riesgos – Parte 1: Letreros de seguridad*. (NCh1411/1:1978). Santiago, Chile: INN.
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (01 de Febrero de 1968). Ley 16744. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=28650>
- Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (07 de Marzo de 2000). Decreto 67. Recuperado de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=159800>
- Navarrete, I. (2017). *Procedimiento de refuerzo de estructuras de hormigón armado con materiales CFRP* (tesis de pregrado). Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/23583/3560900258431UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortíz, L. (1990). *Resistencia de Materiales*. Recuperado de <https://resistenciadematerialesylaboratoriounet.files.wordpress.com/2016/07/resistencia-de-materiales-berrocal.pdf>
- Serpell, A. (1986, Agosto). Productividad en la construcción. *Revista ingeniería de construcción*. Recuperado de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/220/pdf>
- Superintendencia de Seguridad Social. (2019). *Informe anual. Estadísticas de seguridad social 2018*. Recuperado de https://www.suseso.cl/605/articles-578297_recurso_2.pdf
- Toloza, L. (2005). *Recuperación de estructuras de hormigón en base a CFRP* (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcit653r/doc/bmfcit653r.pdf>

UNE EN 1942-1. (2001). *Eslingas textiles. Seguridad. Parte 1: Eslingas de cintas tejidas planas, fabricadas con fibras químicas, para uso general*. Madrid: AENOR, 2001. 37p.

SOLO USO ACADÉMICO

ANEXOS

**Anexo A.
Permiso de edificación, obra Centro Médico Independencia.**

FORMULARIO 2.4 (P.E. - 5.1.4./5.1.6) 10

PERMISO DE EDIFICACION

OBRA NUEVA LOTE# DEL 2 CON CONSTRUCCION SIMULTANEA
LOTE# CON CONSTRUCCION SIMULTANEA SI NO

AMPLIACION MAYOR A 100 M2 ALTERACION REPARACION RECONSTRUCCION

DIRECCION DE OBRAS - I. MUNICIPALIDAD DE :
INDEPENDENCIA

REGION : METROPOLITANA

URBANO RURAL

NUMERO DE PERMISO
8
Fecha de Aprobación
09.04.2018
ROL S.J.I
1748-03

VISTOS:

A) Las atribuciones emanadas del Art. 24 de la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades,
B) Las disposiciones de la Ley General de Urbanismo y Construcciones en especial el Art. 116, su Ordenanza General, y el Instrumento de Planificación Territorial.
C) La solicitud de aprobación, los planos y demás antecedentes debidamente suscritos por el propietario y los profesionales correspondientes al expediente S.P.E.-5.1.4./5.1.6 N° 14/2018
D) El Certificado de Informaciones Previas N° 363 de fecha 20.06.2017
E) El Anteproyecto de Edificación N° _____ vigente, de fecha _____ (cuando corresponda)
F) El informe Favorable de Revisor Independiente N° 3890 de fecha 30.01.2018 (cuando corresponda)
G) El informe Favorable de Revisor de Proyecto de Cálculo Estructural N° 2018-R056 de fecha 28.03.2018 (cuando corresponda)
H) La solicitud N° _____ de fecha _____ de aprobación de loteo con construcción simultánea.
I) Otros (especificar) _____

RESUELVO:

1.- Otorgar permiso para OBRA NUEVA 1 EDIFICIO con una superficie edificada total de 9.658,70 m² y de 8 pisos de altura, destinado a COMERCIO (LOCALES COMERCIALES) Y SERVICIOS PRIVADOS (CENTRO MEDICO) ubicado en calle/avenida/camino PROFESOR ZANARTU N° 1121 Lote N° _____ manzana _____ localidad o loteo _____ sector URBANO Zona C del Plan Regulador COMUNAL 2014 (URBANO O RURAL) (COMUNAL O INTERCOMUNAL)

aprobando los planos y demás antecedentes, que forman parte de la presente autorización mencionados en la letra C de los VISTOS de este permiso.

2.- Dejar constancia que la obra que se aprueba PIERDE (MANTENE O PERDE) los beneficios del D.F.L.-N°2 de 1960 y se anega a las siguientes disposiciones especiales:
BENEFICIO DE FUSION Y PROYECCION DE SOMBRAS
BENEFICIO DE FUSION DE TERRENOS, PROYECCION DE SOMBRAS, COMUNITARIO AMERICANO

3.- Que el presente permiso se otorga amparado en las siguientes autorizaciones especiales:
ART. 121, ART. 132, ART. 135, ART. 134, de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, otras (especificar)

Plazos de la autorización especial _____

4.- Que el proyecto que se aprueba se queda al citado anteproyecto aprobado (CUANDO CORRESPONDA)

5.- INDIVIDUALIZACION DEL PROPIETARIO

Fuente: Ilustre Municipalidad de Independencia.

6.- INDIVIDUALIZACION DE LOS PROFESIONALES

NOMBRE O RAZÓN SOCIAL de la Empresa del ARQUITECTO PROYECTISTA (cuando corresponda)	R.U.T.	
POLIDURA ARQUITECTOS	76.377.632-8	
NOMBRE DEL ARQUITECTO PROYECTISTA	R.U.T.	
MARCO POLIDURA ALVAREZ	10.392.119-8	
NOMBRE DEL CALCULISTA	R.U.T.	
PATRICIO DANIEL STAGNO NERVI	8.669.170-1	
NOMBRE DEL CONSTRUCTOR (*)	R.U.T.	
A DEFINIR	-----	
NOMBRE del REVISOR INDEPENDIENTE (cuando corresponda)	REGISTRO	CATEGORIA
MARIO INOSTROZA ULLOA	027-13	1°
NOMBRE O RAZÓN SOCIAL del REVISOR DEL PROYECTO DE CALCULO ESTRUCTURAL (cuando corresponda)	REGISTRO	CATEGORIA
GUIDO CAVALLA PARAUD	55	1°

(*) Podrá individualizarse hasta antes del inicio de las obras

7.- CARACTERISTICAS DEL PROYECTO**7.1.- DESTINO (S) CONTEMPLADO (S)**

<input type="checkbox"/> RESIDENCIAL Art. 2.1.25. OGUC	DESTINO ESPECIFICO:	-----	
<input checked="" type="checkbox"/> EQUIPAMIENTO Art. 2.1.33. OGUC	CLASE Art. 2.1.33. OGUC	ACTIVIDAD	ESCALA Art. 2.1.36. OGUC
	COMERCIO Y SERVICIOS	LOCALES COMERCIALES Y CENTRO MEDICO	MEDIANO
<input type="checkbox"/> ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Art. 2.1.28. OGUC	DESTINO ESPECIFICO:	-----	
<input type="checkbox"/> INFRAESTRUCTURA Art. 2.1.29. O.G.U.C.	DESTINO ESPECIFICO:	-----	
<input type="checkbox"/> otros (especificar)	-----		

7.2.- SUPERFICIES

	UTIL (m2)	COMUN (m2)	TOTAL (m2)
S. EDIFICADA BAJO TERRENO	4.311,20	-----	4.311,20
S. EDIFICADA SOBRE TERRENO	5.347,50	-----	5.347,50
S. EDIFICADA TOTAL	9.658,70	-----	9.658,70
SUPERFICIE TOTAL TERRENO (m2)		1.472	

7.3.- NORMAS URBANISTICAS APLICADAS

Fuente: Ilustre Municipalidad de Independencia.

**Anexo B.
Cuadro de accidentabilidad, obra Centro Médico Independencia.**

ESTADÍSTICA DE ACCIDENTABILIDAD, OBRA CENTRO MÉDICO INDEPENDENCIA.	
Período considerado	Nov 2018 - Ago 2019
Total meses	10
Promedio trabajadores del período	31
Total accidentes	3
Total días perdidos	40
Noviembre	24
Diciembre	28
Enero	28
Febrero	24
Marzo	24
Abril	30
Mayo	34
Junio	39
Julio	39
Agosto	35
PROMEDIO	30,5
Total trabajadores	31
H.H.	55.800
Accidentes C.T.P.	3
Días perdidos	40
Tasa de accidentabilidad	9,68
Tasa de siniestralidad	129,03
Tasa de frecuencia	53,76

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C.
Precios unitarios de la empresa constructora, obra Centro Médico Independencia.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
CENTRO MÉDICO INDEPENDENCIA

Alcaldía, 28 de septiembre de 2020

FRACCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	FUNDIR	F.TOTAL	P.TOTAL
Instalación de faenas	1 gl	-	-	891,4318	891,43
Instalación de faenas	1 gl	-	891,4318	891,4318	-
Trazados	1 gl	-	-	204,7037	204,70
Materiales varios	200 gl	0,0741	-	14,8148	-
Clavos de 4" (c)=25 kg)	50 cj	0,3202	-	16,0093	-
Clavos de 2½" (c)=25 kg)	50 cj	0,3202	-	16,0093	-
Pino elaborado	25 pg	0,0526	-	2,3148	-
Capintero terminaciones	30 hd	2,8148	-	84,4444	-
Jornal	30 hd	2,3704	-	71,1111	-
Pilas Bajo Eje A	1 gl	-	-	780,0000	780,00
Pilas Bajo Eje A	1 gl	-	780,0000	780,0000	-
Base para radier con material excavación	1.188,00 m3	-	-	0,4483	521,41
Provision base de excavación	1,25 m3	-	0,2471	0,3089	-
Colocación de base estabilizada	1 m3	-	0,1395	0,1395	-
Hormigón radier e=12 cm.	1.188,00 m2	-	-	0,4687	551,18
Colocación de hormigón radier	1 m2	-	0,0478	0,0478	-
Poliétileno 0.2 mm.	1,1 m2	-	0,0080	0,0088	-
Jornal	0,03 hd	-	2,3704	0,0711	-
Hormigón HB 25 9040/8	0,13 m3	-	1,9259	0,2542	-
Corte y sello	0,5 ml	-	0,0439	0,0219	-
Servicio de bombeo	0,16 m3	-	0,3307	0,0529	-
Afinado mecánico	1.188,00 m2	-	-	0,0717	85,43
Afinado mecánico	1 m2	-	0,0717	0,0717	-
Excavación a mano	498 m3	-	-	1,4222	706,42
Jornal	0,6 hd	-	2,3704	1,4222	-
Rellenos controlados con materia de excavación	100 m3	-	-	0,8632	86,32
Jornal	0,2 hd	-	2,3704	0,4741	-
Materiales varios	0,25 gl	-	0,0741	0,0185	-
Ariendo rodillo compactador	0,5 hr	-	0,0637	0,0319	-
Traslado de material de relleno interno	1 m3	-	0,1196	0,1196	-
Material de relleno externo	1,25 m3	-	0,1674	0,2092	-
Extracción de escombros FUNDACION	800 m3	-	-	0,4663	278,18
Rietro de escombros	1 m3	-	0,2590	0,2590	-
Jornal	0,09 hd	-	2,3704	0,2062	-
Hormigón de emplantillados	28,13 m3	-	-	6,5804	167,28
Jornal concretero	0,6 hd	-	2,3704	1,4222	-
Hormigón emplantillado	1,3 m3	-	1,7407	2,2630	-
Albafil / Yesero	0,5 hd	-	2,8148	1,4074	-
Materiales varios	6,72 gl	-	0,0741	0,4979	-
Hormigón de fundaciones	498 m3	-	-	4,3005	2.133,08
Jornal concretero	1 hd	-	2,0259	2,0259	-
Hormigón HN 25 9040/8	1,15 m3	-	1,9259	2,2148	-
Aditivo sika 1	1 m3	-	0,0598	0,0598	-
Hormigón de muros, pilares	1.074,00 m3	-	-	3,8040	3.870,88
Jornal concretero	1 hd	-	1,5519	1,5519	-

Página 1.

Fuente: Constructora Altius.

Homígon HB 25 90/20/10	1,05 m3	1,9259	2,0222	-
Aditivo silta 1	0,5 m3	0,0598	0,0299	-
Homígon de muros conratemero	824 m3	-	3,8040	3.930,08
Jornal concreto	1 hd	1,5519	1,5519	-
Homígon HB 25 90/20/10	1,05 m3	1,9259	2,0222	-
Aditivo silta 1	0,5 m3	0,0598	0,0299	-
Homígon de losas	2.268,40 m3	-	3,8214	8.668,84
Jornal concreto	1 hd	1,5519	1,5519	-
Homígon HB 25 90/20/10	1 m3	2,3695	2,3695	-
Mejoramiento bajo fundaciones	100 m3	-	6,4867	648,67
Jornal concreto	0,6 hd	2,3704	1,4222	-
Homígon emplentado	1,3 m3	1,7407	2,2630	-
Materiales varios	6,72 gl	0,0741	0,4979	-
Jornal	0,55 hd	2,3704	1,3037	-
Alisado meolnlo de losas	10.787,00 m2	-	0,0710	786,68
Pulido de losas	1 m2	0,0710	0,0710	-
Bomba de Homígon	1,00 gl	-	850,0000	860,00
Bomba de Homígon	1 gl	850,0000	850,0000	-
Moldaje de fundaciones	400 m2	-	0,7340	285,68
Maderas varias moldaje modular	50 m2	0,0020	0,1000	-
Desmoldante	1 m2	0,0024	0,0024	-
Arriendo moldaje fundaciones	1 m2	0,1130	0,1130	-
Capintero terminaciones	0,1 hd	2,8148	0,2815	-
Jornal	0,1 hd	2,3704	0,2370	-
Moldaje de muros, pilares y vigas	3.815,00 m2	-	0,6181	1.978,61
Arriendo de moldajes muro/pilar	1 m2	0,1051	0,1051	-
Reparación de moldaje	1 m2	0,0080	0,0080	-
Flete moldaje metálico	1 m2	0,0060	0,0060	-
Capintero moldaje	0,09 hd	2,8148	0,2533	-
Jornal moldaje	0,05 hd	2,3704	0,1185	-
Tubo PVC ConduIt CIII D=25mm	0,6 ml	0,0100	0,0060	-
Conos de abraque d=25mm	2,5 un	0,0006	0,0015	-
Separadores de moldaje	8 un	0,0002	0,0018	-
Maderas varias moldaje modular	1 m2	0,0020	0,0020	-
Desmoldante	1 m2	0,0024	0,0024	-
Matabanco de madera	1,05 ml	0,0140	0,0147	-
Moldaje de losas y vigas	14.891,00 m2	-	0,6718	8.612,14
Reparación de moldaje	1 m2	0,0080	0,0080	-
Flete moldaje metálico	1 m2	0,0060	0,0060	-
Capintero moldaje	0,09 hd	2,8148	0,2533	-
Jornal moldaje	0,05 hd	2,3704	0,1185	-
Separadores de moldaje	8 un	0,0002	0,0018	-
Maderas varias moldaje modular	1 m2	0,0020	0,0020	-
Desmoldante	1 m2	0,0024	0,0024	-
Placa de moldaje fenolica 18 mm.	0,29 m2	0,2231	0,0643	-
Arriendo moldaje de losa h=3.50 mt.	1 m2	0,1011	0,1011	-
Aizaprima respuntalamiento h=3.5 mt.	3 un	0,0048	0,0143	-
Moldaje escalera	600 m2	-	2,0080	1.004,62
Reparación de moldaje	1 m2	0,0080	0,0080	-
Flete moldaje metálico	1 m2	0,0060	0,0060	-
Capintero moldaje	0,5 hd	2,8148	1,4074	-
Jornal moldaje	0,03 hd	2,3704	0,0711	-
Separadores de moldaje	8 un	0,0002	0,0018	-
Maderas varias moldaje modular	1 m2	0,0020	0,0020	-
Desmoldante	1 m2	0,0024	0,0024	-
Placa de moldaje fenolica 18 mm.	0,29 m2	0,2231	0,0643	-

Tabla 2

Fuente: Constructora Altius.

Ceramiquero	0,1 hd	2,8148	0,2815	-
Esquinero de aluminio de 120 cm de altura	138 ml	-	0,6018	88,28
Carpintero terminaciones	0,1 hd	2,8148	0,2815	-
Materiales varios	0,5 gl	0,0741	0,0370	-
Perfil de aluminio 120 cm	1,1 ml	0,1667	0,1833	-
Tabiques de plomo	186,68 m2	-	2,7778	561,68
Revestimiento de plomo	1 m2	2,7778	2,7778	-
Impermeabilización baños solo piso	362,00 m2	-	0,2690	91,18
Impermeabilización baños solo piso	1 m2	0,2590	0,2590	-
Impermeabilización estanque de agua	1 gl	-	600,0000	600,00
Prov e Inst Impermeabilización estanque de agua Bauseal	1 gl	500,0000	500,0000	-
Impermeabilización sala de basura	30 m2	-	0,3753	11,28
Prov e Inst Imper. sala de basura Flexocret Seal	1 m2	0,3753	0,3753	-
Reparación Muros Subterranos	3.334,47 m2	-	0,1214	404,80
Reparación Muros Subterranos	1 m2	0,1214	0,1214	-
Reparación Cielos Subterranos	4.043,88 m2	-	0,1214	489,83
Reparación Cielos Subterranos	1 m2	0,1214	0,1214	-
Estuco Estanque de Agua	1 m2	-	100,0000	100,00
Estuco Estanque de Agua	1 m2	100,0000	100,0000	-
Reparación de muros interiores (Solo Piso 3 al 8)	2.100,00 m2	-	0,3013	632,72
Yeso (sc=30 kg)	0,1 sc	0,0837	0,0084	-
Batas y reglas	0,25 un	0,0399	0,0100	-
Jornal picador	0,03 hd	1,5259	0,0578	-
Maestro yesero	0,08 hd	2,8148	0,2252	-
Cenefas Hall Ascensores	664 ml	-	0,6000	277,00
Clavos Hilti 3"x3/4" (c=100u)	1,84 un	0,0022	0,0041	-
Pino elaborado	0,06 pg	0,0926	0,0057	-
Montante tabigal 60 mm	2,8 ml	0,0144	0,0403	-
Canal tabigal 60 mm	0,7 ml	0,0101	0,0071	-
Esquinero metálico (l=2,4m)	0,11 ml	0,0044	0,0005	-
Masilla base junta (sc=30kg)	0,03 sc	0,1601	0,0051	-
Huíncha junt. Inv. (rolo=45m)	2 ml	0,0015	0,0030	-
Tomillo autoroscante (bolsa=500 un)	28 un	0,0002	0,0052	-
Volcantero	0,08 hd	2,3704	0,1896	-
Volcanita 10 mm (pl=120x240)	1,68 m2	0,0507	0,0852	-
Maestro huínchero	1 gl	0,0741	0,0741	-
Carpintero terminaciones	1 gl	0,0800	0,0800	-
Refuerzos metálicos para puertas protex	1 gl	-	18,5185	18,52
Refuerzos cieles	1 gl	18,5185	18,5185	-
Cielos de volcanita (No se Consideran)	0 m2	-	0,8124	-
Clavos de volcanita (c=30 kg)	0,05 kg	0,0210	0,0010	-
Clavos Hilti 3"x3/4" (c=100u)	4 un	0,0022	0,0089	-
Volcanita 10 mm (pl=120x240)	1,1 m2	0,0507	0,0558	-
Montante tabigal 60 mm	7,44 ml	0,0144	0,1072	-
Canal tabigal 60 mm	0,88 ml	0,0101	0,0089	-
Huíncha junt. Inv. (rolo=45m)	1,2 ml	0,0015	0,0018	-
Tomillo autoroscante (bolsa=500 un)	35 un	0,0002	0,0065	-
Masilla base junta (sc=30kg)	0,03 sc	0,1601	0,0048	-
Jornal	0,1 hd	2,3704	0,2370	-
Volcantero	0,2 hd	2,3704	0,4741	-
Materiales varios	0,09 gl	0,0741	0,0064	-
Cielo GYP C - PVC Limpiable	3.723,08 m2	-	0,3600	1.380,88

Página 5

Fuente: Constructora Altius.

Anexo D.
Presupuestos obras de refuerzo estructural, obra Centro Médico Independencia.

RS INGENIERÍA E INVERSIONES SpA

RUT N° 76.257.546 - 9
 Dirección : Príncipe de Gales 5921 oficina 607 - La Reina - Santiago
 Giro : Obras de Ingeniería
 Web : www.rs.servicios.cl
 Teléfono: +56 - 2 - 2823 5518



Fecha: 03 de Octubre de 2019

PRESUPUESTO N° 00976-0 / 2019

Proyecto :	Centro Médico Independencia
Cotización :	Refuerzo pilares
Atención :	Sr. Cristian Nuñez
e-mail :	cnunez@altius.cl
Fono :	+56 9 6689 4267

Item	Descripción	Unidad [-]	Cantidad [uni]	P. Unit. [\$]	Precio Total [\$]
1.0	<p>Centro Médico Independencia Refuerzo pilares Grouteo estructural pilares Pilar piso 4 recrecido + pilar 5 completo con SiltagROUT 214 NOTA : 1 unidad equivale a 1 pilar piso 4 + 1 pilar piso 5</p> <p>Servicio Incluye: * Mano de obra especializada en refuerzos estructurales * Betonera y herramientas de mezclado * Certificado de Ejecución</p> <p>Servicio NO Incluye: * Materiales (grout y gravilla) * Tratamiento superficial, puente de adherencia * Moldaje instalado, sizzaprimado * Enfermedad ancilada</p>	unidad	2	3.680.000	7.360.000
<p>Observaciones:</p> <p>1.- A este Presupuesto debe agregarse un 19% de IVA. 2.- Forma de Pago: Monto a facturar al término del Servicio. 3.- Plazo de ejecución : 2 días por cada unidad (viernes y sábado medio día). 4.- Escombros serán acopiados al pie del frente de trabajo. El retiro será cargo y costo del Mandante. 5.- Mandante deberá proveer sin costo para RS Ingeniería: Accesos, andamios instalados, despeje de estuco o revestimiento, iluminación, energía eléctrica a no más de 30 metros del frente de trabajo, estacionamiento, bodega, camarines, así como las coordinaciones con la obra y otros Contratistas. 6.- Presupuesto no considera terminaciones, gastos por retenciones, seguros adicionales, garantías, ni multas, u otros gastos administrativos, pero puede cotizarse si es de interés del Mandante. 7.- Presupuesto elaborado de acuerdo a Planos "Centro Médico Independencia" Plano S0218-F02 y Plano S0218-F03. Ambos emitidos por la oficina Hoehmann Stagno y Asociados. 8.- Para activar el Servicio, deberá enviarse Orden de Compra aceptando este Presupuesto. Tiempo de reacción: 1 día hábil. 9.- Validez de la oferta : 30 días.</p>					
Total Neto [\$]					7.360.000

Daniilo Chibey Rocher
 + 56 9 7646 8689
 RS Ingeniería y Servicios

Fuente: RS Ingeniería e Inversiones.

RS INGENIERÍA E INVERSIONES SpA

RUT N° 76.257.546 - 9
 Dirección : Príncipe de Gales 5921 oficina 607 - La Reina
 Giro : Obras de Ingeniería
 Web : www.rsarvicios.cl
 Teléfono: +56 - 2 - 2823 5518



Fecha: 06 de Noviembre de 2019

PRESUPUESTO N° 00988-2 / 2019

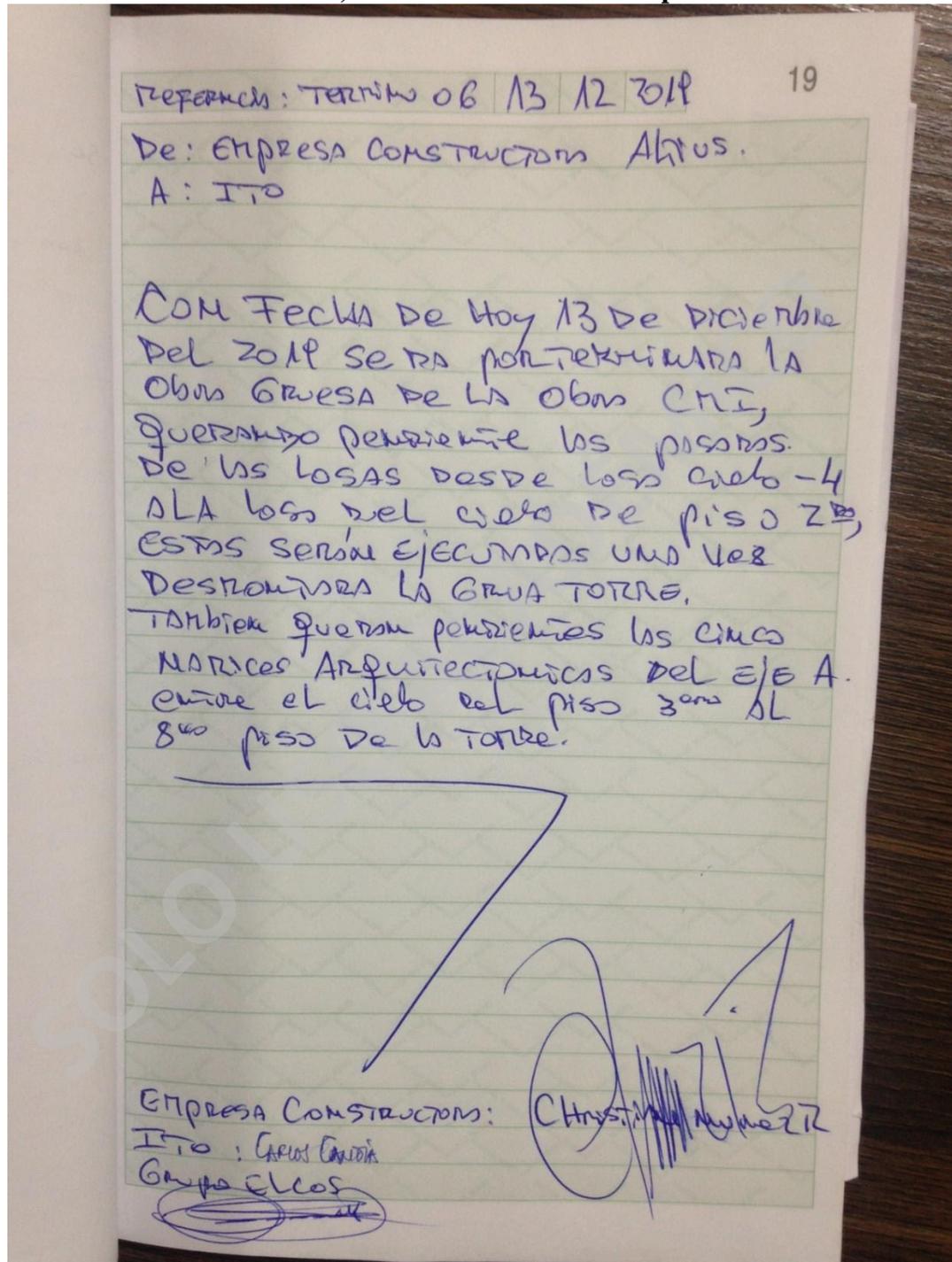
Proyecto	: Centro Médico Independencia
Cotización	: Refuerzo fibra de carbono en pilares
Atención	: Sr. Cristián Nuñez
e-mail	: cnunez@rsi.us
Fono	: +56 9 6689 4267

Item	Descripción	Unidad (-)	Cantidad [uni]	P. Unit. [\$]	Precio Total [\$]
1.0	<p><i>Centro Médico Independencia</i> Refuerzo fibra de carbono en pilares Provisión e instalación de fibra de carbono en pilares Nivel cuarto piso, en Eje 2, Intersección ejes A y B</p> <p>Servicio Incluye: * Preparación de superficie * Provisión de materiales * Ejecución por técnicos especialistas * Certificado de ejecución</p>	pliar	2	1.650.000	3.300.000
<p>Observaciones:</p> <p>1.- A este Presupuesto debe agregarse un 19% de IVA.</p> <p>2.- Monto a facturar al término del servicio.</p> <p>3.- Plazo de ejecución : 2 días hábiles. Se considera trabajos en horario normal diurno de lunes a viernes.</p> <p>4.- Escombros serán acopiados al pie del frente de trabajo. El retiro será cargo y costo del Mandante.</p> <p>5.- Mandante deberá proveer sin costo para RS Ingeniería: Alzaprimas y Andamios instalados, hormigones con edad mayor a 28 días, superficies despejadas de terminaciones, canalizaciones y otros adosamientos, iluminación, energía eléctrica a no más de 30 metros del frente de trabajo, estacionamiento, bodega, camarines, así como las coordinaciones con la obra y otros Contratistas.</p> <p>6.- Presupuesto no considera terminaciones, gastos por retenciones, seguros adicionales, garantías, ni multas, u otros gastos administrativos, pero puede cotizarse si es de interés del Mandante.</p> <p>7.- Presupuesto elaborado de acuerdo al plano: N° 50218-F04 "Centro Médico Independencia - Refuerzo fibra de carbono", revisión A de fecha 25.09.2019 emitido por la oficina Hoehmann Stagno y Asociados - Ingeniería de Proyectos.</p> <p>8.- Para activar el Servicio, deberá enviarse Orden de Compra aceptando este Presupuesto. Tiempo de reacción: 5 días hábiles.</p> <p>9.- Validez de la oferta : 20 días.</p>					
Total Neto [\$]					3.300.000

Daniilo Chibey Rocher
 + 56 9 7646 8689
 Gerente de Ventas

Fuente: RS Ingeniería e Inversiones.

Anexo E.
Libro de obra, obra Centro Médico Independencia.



Fuente: Registro propio.

Anexo F.
Contrato de construcción, obra Centro Médico Independencia.



ERCERO: Precio y Forma de Pago.

3.1 Precio. El precio del presente Contrato es la suma única y total de **204.680** Unidades de Fomento que incluye el Impuesto al Valor Agregado (en adelante el "Precio"), que constituye el monto máximo que se pagará por el Mandante al Contratista. El Precio que incluye todos los costos, gastos, materiales, insumos, mano de obra, contratos y subcontratos de especialidades, limpieza, instalaciones y cada una de las tareas necesarias para que el Contratista ejecute y concluya íntegra y adecuadamente la Obra encomendada dentro del plazo pactado. En consecuencia, el Contratista deberá soportar el pago de los impuestos, tributos, derechos, impuestos indirectos, aranceles aduaneros u otras cargas de cualquier índole o naturaleza que se apliquen a los Servicios. El Mandante estará expresamente facultado para retener o descontar del Precio aquellos impuestos y tributos que por Ley deba retener o descontar.

El Precio se desglosa en los ítems que se indican a continuación:

Total precio alzado en Unidades de Fomento (UF)

Concepto	UF	% pactado
Costo directo	UF 137.000	
Gastos generales	UF 21.500	15,69 %
Utilidad	UF 13.500	8,51 %
Subtotal (Neto)	UF 172.000	
IVA	UF 32.680	19,00 %
Bruto	UF 204.680	

Se deja constancia que las cubicaciones y valores que contenga el presupuesto y oferta de precio proporcionado por el Contratista, son de exclusiva responsabilidad de esta última y que en consecuencia, los errores, omisiones o diferencias con la realidad que ellas acusen, no modificarán el valor ofrecido para el proyecto y contemplado en esta cláusula, debiendo ser asumido por el Contratista.

Por tanto, el Precio del presente Contrato comprende el valor total de los Servicios cuya ejecución se encomienda, asumiendo el Contratista todos los riesgos e imponderables que signifiquen mayores costos en su ejecución. Lo anterior es sin perjuicio de las ampliaciones de Obras que pueda requerir el Mandante, en cuyo caso las Partes podrán revisar el Precio convenido según lo expuesto en este Contrato.

3

Fuente: Registro Propio.

9.5 Serán de cargo y responsabilidad directa y exclusiva del Contratista, cualquier multa, sanción pecuniaria, pago de indemnización de cualquier especie que llegue a aplicarse a éste o que sea obligado a pagar por omisión o incumplimiento de las obligaciones indicadas en los párrafos anteriores. En caso que el Mandante se viere obligado a efectuar cualquier desembolso por tales conceptos, estará expresamente autorizado para hacerse pago de las cantidades que corresponda, deduciéndolas de las retenciones, garantías y/o estados de pago pendientes, sin perjuicio de hacer efectiva la garantía y las indemnizaciones que fueren procedentes.

9.6 Las obligaciones y responsabilidades del Contratista se entienden sin perjuicio de las demás que consten en el Contrato o sus anexos.

DECIMO: Multas.

La aplicación de las multas se hará administrativamente por el Mandante, y serán deducidas del próximo estado de pago y/o de las garantías que obren en poder de éste.

a. Por incumplimiento de plazos:

Los atrasos provocados por los sub-contratistas no eximirán al Contratista de la aplicación por parte del Mandante de las penalidades correspondientes. Por su parte, el Contratista deberá a su vez procurar que los sub-contratistas cumplan sus obligaciones dentro del plazo, aplicándoles en caso contrario las multas que correspondan.

El Contratista quedará constituido en mora del cumplimiento de sus obligaciones, sólo por superar el o los plazos totales o parciales estipulados sin necesidad de requerimiento, intimación o notificación alguna.

a.1) Plazo Total: Por el **incumplimiento** del plazo total, se establece una **multa** equivalente al **0,05%** sobre el Precio total del Contrato **por día** de atraso, **con un tope del 10%**

a.2) No existen plazos parciales

Cada uno de estos avisos se realizará a intervalos regulares de 1 día. La multa se descontará en el Estado de Pago siguiente a la verificación del incumplimiento señalado.



SOLO PARA CALÉMICO

UF 204.680

05/FEB/2020

POR DIA UF 102,34

TOPE UF 20.468

ATRASO MAXIMO 200 DIAS

Anexo G.

Datos para curva de hormigones, obra Centro Médico Independencia.



DATOS PARA CURVAS

DESDE MONTAJE GRUA

122

HORMIGON PROMEDIO S

135,13

13,51

M3

FECHA	PROGRAMA CONTRATO		PROGRAMA INFORMATIVO		REAL	
	M3 SEMANAL PROGRAMADO	M3 ACUMULADO PROGRAMADO	M3 SEMANAL PROGRAMADO	M3 ACUMULADO PROGRAMADO	M3 SEMANAL REAL	M3 ACUMULADO REAL
19-11-2018	28	28	32	32	339	339
26-11-2018	138	165	116	150	77	415
03-12-2018	143	314	75	225	123	538
10-12-2018	191	505	48	273	109	647
17-12-2018	174	679	102	375	116	763
24-12-2018	84	762	144	519	56	819
31-12-2018	104	867	224	743	68	887
07-01-2019	156	1022	118	861	265	1152
14-01-2019	124	1146	102	963	106	1260
21-01-2019	156	1302	186	1149	128	1388
28-01-2019	156	1458	168	1317	112	1500
04-02-2019	136	1594	107	1425	115	1615
11-02-2019	137	1731	87	1511	40	1655
18-02-2019	157	1888	143	1653	97	1752
25-02-2019	154	2042	168	1821	164	1916
04-03-2019	113	2155	76	1900	162	2118
11-03-2019	113	2268	158	2042	177	2295
18-03-2019	124	2392	123	2165	178	2473
25-03-2019	93	2485	154	2319	237	2710
01-04-2019	67	2552	149	2468	170	2880
08-04-2019	121	2672	142	2611	143	3029
15-04-2019	127	2800	201	2812	173	3202
22-04-2019	155	2954	206	3017	191	3393
29-04-2019	124	3078	149	3167	46	3439
06-05-2019	131	3209	176	3343	124	3563
13-05-2019	131	3339	252	3594	144	3707
20-05-2019	109	3448	132	3727	52	3759
27-05-2019	137	3586	132	3859	231	3990
03-06-2019	124	3710	214	4073	170	4160
10-06-2019	138	3848	128	4201	70	4230
17-06-2019	89	3937	143	4344	110	4340
24-06-2019	99	4036	113	4457	85	4425
01-07-2019	73	4109	113	4569	86	4511
08-07-2019	93	4202	113	4682	161	4692
15-07-2019	90	4292	113	4795	103	4795
22-07-2019	97	4389	115	4910	167	4962
29-07-2019	90	4479	173	5083	94	5076
05-08-2019	91	4570	146	5229	101	5177
12-08-2019	83	4653	112	5341	99	5276
19-08-2019	90	4743	165	5506	164	5460
26-08-2019	91	4834	169	5635	113	5573
02-09-2019	97	4931	125	5760	129	5702
09-09-2019	97	5028	165	5924	111	5813
16-09-2019	62	5090	0	5984	38	5851
23-09-2019	89	5179	125	6109	118	5969
30-09-2019	75	5255	165	6274	46	6015
07-10-2019	55	5310	16	6290	78	6093
14-10-2019	23	5333			102	6195
21-10-2019	9	5342			22	6216
28-10-2019						6.216
04-11-2019						6.216
11-11-2019						6.216
18-11-2019						6.216

Fuente: Constructora Altius.

Anexo H.
Estado de pago Septiembre 2019, obra Centro Médico Independencia.

PRESUPUESTO DETALLADO												
ITEM	DESCRIPCION	Und.	CANT.	P.U. UF	TOTAL UF	Acum. %	Ant. %	Actual %	Acum. UF	AVANCE UF Anterior UF	Actual UF	
EMPRESA CONSTRUCTORA ALTIUS S.P.A.												
OBRA "EDIFICIO CMI"												
ESTADO DE PAGO	Nº	11										
FECHA ESTADO DE PAGO	01-oct-2019											
MONTO CONTRATO	UF	204.680,00 c/ IVA										
PRESUPUESTO DETALLADO												
1	OBRAS PRELIMINARES											
1.1	Instalación de faenas	pl	1,00	891,4318	891,43	100%	100%	0%	891,43	891,43	-	
1.2	Trazados Puntos	pl	1,00	204,7037	204,70	100%	100%	0%	204,70	204,70	-	
1.3	Pilas Bajo Eje A	pl	1,00	780,0000	780,00	100%	100%	0%	780,00	780,00	-	
2	OBRAS GRANDESA											
2.1	RADIERES											
2.1.1	Base para radier con Material Excavación	m3	1.163,00	0,4483	521,141	72%	72%	0%	375,42	375,42	-	
2.1.2	Homogon radier e=12 cm.	m2	1.163,00	0,4567	531,19	70%	70%	0%	371,83	371,83	-	
2.1.3	Alfondo mecánico	m2	1.163,00	0,0717	83,43	70%	70%	0%	58,40	58,40	-	
2.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS											
2.2.1	Excavación a mano	m3	496,00	1,4222	705,42	100%	100%	0%	705,42	705,42	-	
2.2.2	Palleros controlados con materia de excavación	m3	700,00	0,8532	85,32	100%	100%	0%	85,32	85,32	-	
2.2.3	Extracción de escombros FUNDACION	m3	600,00	0,4653	279,18	100%	100%	0%	279,18	279,18	-	
2.3	HORMIGON											
2.3.1	Homogon de amplanchados	m3	28,13	5,5904	157,26	100%	100%	0%	157,26	157,26	-	
2.3.2	Homogon de fundaciones	m3	4.300,00	4,3005	2.133,05	100%	100%	0%	2.133,05	2.133,05	-	
2.3.3	Homogon de muros pilares	m3	3.804,00	3,8040	3.870,70	82%	72%	10%	3.173,97	2.802,84	371,13	
2.3.4	Homogon de muros contrafrente	m3	324,00	3,8040	3.330,70	100%	100%	0%	3.330,70	3.330,70	-	
2.3.5	Homogon de losas	m3	2.253,40	3,9274	8.880,01	79%	75%	4%	6.939,41	6.643,81	355,60	
2.3.6	Mejoramiento bajo fundaciones	m3	700,00	5,4867	548,67	100%	100%	0%	548,67	548,67	-	



Fuente: Constructora Altius.

Anexo I.
Reportes de asistencia mensual, obra Centro Médico Independencia.



RESUMEN DE ASISTENCIA

OCTUBRE 2019

CARGOS	Valores																													
	D01	D02	D03	D04	D07	D08	D09	D10	D11	D14	D15	D16	D17	D18	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D29	D30								
ADMINISTRADOR DE OBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
ADMINISTRATIVO DE OBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
ALBAÑIL	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	8	6	9	9	8								
AYUDANTE BODEGA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
AYUDANTE CARPINTERO	4	4	4	3	2	3	2	2	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	4								
AYUDANTE TRAZADOR								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
CAPATAZ	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3								
CARPINTERO	3	3	3	3	3	2	3	3	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5								
CONCRETERO	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2,7	4	3	4	4	2	3	3	3	3	4	4	4								
JEFE ADQUISICIONES Y BODEGA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
JEFE DE OBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
JORNAL	2	3	3	3	3	2	3	3	3	5	5	6	6	6	5	7	7	7	6	6	7	6								
MAESTRO ALUMINIO					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
MAESTRO SELLADOR										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
MAESTRO TRAZADOR																1	1	1	1	1	1	1								
MANTENCION	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
PORTERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
PREVENIONISTA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
PROFESIONAL DE TERRENO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3								
REMATADOR	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	3	3	3	3	3								
RIGGER	1	1	1	1	1			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
SUPERVISOR					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
TRAZADOR	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2								
Total general	40	41	41	40	41	39	40	43	44	52	53	51	53	53	44	54	55	55	51	56	56	54								

SUB-CONTRATOS

CARGOS	Valores																													
	D01	D02	D03	D04	D07	D08	D09	D10	D11	D14	D15	D16	D17	D18	D21	D22	D23	D24	D25	D26	D29	D30								
(CERAMICA (Pedro Molina)	1	1	1	1	1						1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2								
ABANA (TABIQUERIA)	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	2	7	7	7	7	8	8	8								
ATI SERVICIOS E.I.R.L (CLIMATIZACION)	7	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	5	6	5	6	5								
CARMEN MONTERO (IMPERMEABILIZACIONES)						1	1	1										1	1	1										
CHILE DUCTOS (DUCTEROS)																														
CRUZ DEL SUR (OPERADOR GRUA)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
EBSA (BOMBAS)				2	2			1	1					2	2	2	2	2	2	2	2	2								
FIERRO (Juan Alvarez)	11	11	11	13	12	13	12	11	11	9	11	11	11	10	8	10	10	10	10	10	9	8								
HEAL (PUERTAS DE ALUMINIO)	2	2									3	3	3	3																
JHM (MANO DE OBRA)	19	20	21	21	20	20	21	20	24	26	26	27	25	27	20	24	25	26	24	28	26	26								
LTO (ELECTRICOS)	5	6	10	10	9	10	10	10	9	9	10	10	11	9	13	13	13	13	13	12	14	13								
MOLDAJE (MIGUEL CISTERNA)	13	14	13	14	9	10	10	11	14	14	14	14	14	15	13	15	13	14	18	18	17	13								
PINTOR DURAN (PINTURA)					1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1								
WLADIMIR SANTIBAÑES (GASFITER)	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	6	6	6	3	5	4	4	4	4	3	1								
(en blanco)																														
Total general	71	73	75	79	68	74	73	73	78	78	85	88	90	89	72	87	85	85	87	95	86	78								

Fuente: Constructora Altius.

CARGOS	Valores																											
	D04	D05	D06	D07	D08	D11	D12	D13	D14	D15	D18	D19	D20	D21	D22	D25	D26	D27	D28	D29								
ADMINISTRADOR DE OBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ADMINISTRATIVO DE OBRA	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ALBAÑIL	8	8	9	9	9	10	10	9	9	9	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11
AYUDANTE BODEGA	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1													
AYUDANTE CARPINTERO	2	2	2	2	2	4	3	4	3	4	6	6	6	5,5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AYUDANTE MAESTRO ALUMINIO																												
AYUDANTE TRAZADOR	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAPATAZ	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CARPINTERO	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
CONCRETERO	1	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
JEFE ADQUISICIONES Y BODEGA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JEFE DE OBRA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JORNAL	5	5	5	5	5	5	3	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
JORNAL DE ACARREO								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
JORNAL DE ASEO				3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
JUNIOR	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAESTRO ALUMINIO	2	2	2	2	2	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MAESTRO SELLADOR	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAESTRO TRAZADOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MANTENCION	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PORTERO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PREVENCIONISTA	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PROFESIONAL DE TERRENO	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
REMATADOR	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
RIGGER	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SUPERVISOR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRAZADOR	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total general	50	51	55	55	55	57	49	60	61	64	66	68	69	70	70	73	70	71	72	72								

SUB-CONTRATOS

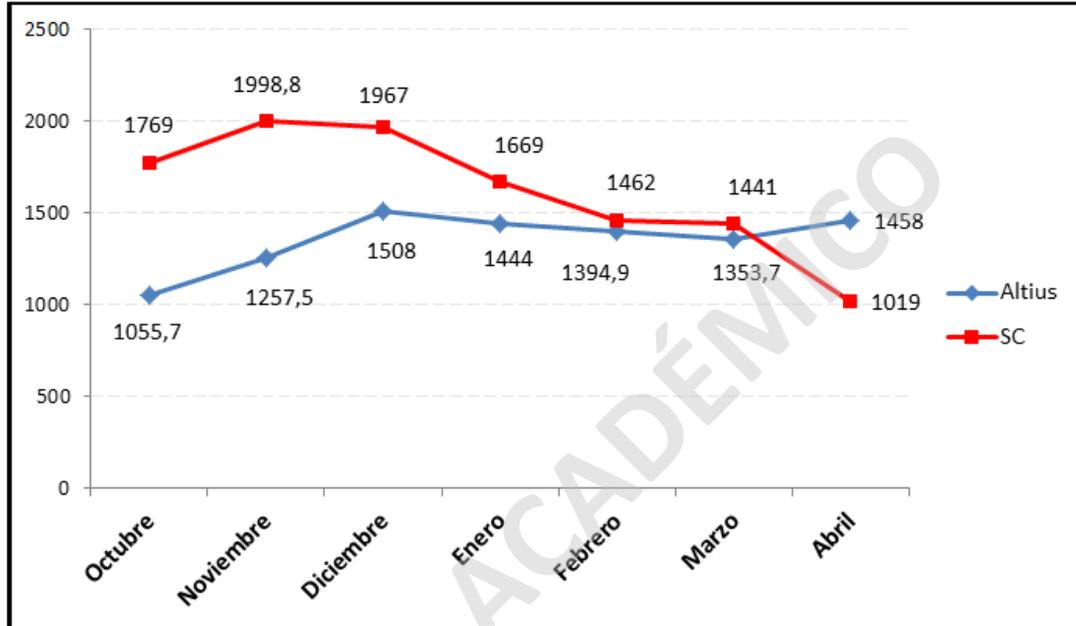
CARGOS	Valores																											
	D04	D05	D06	D07	D08	D11	D12	D13	D14	D15	D18	D19	D20	D21	D22	D25	D26	D27	D28	D29								
BOMBAS (EBSA)	2	2	2	2	2	2				2																		
CERAMICA (Pedro Molina)	2	2	2	2	2	2	1	2	3	4	4	5	4	5	4	3	3	2	5	4								
CLIMA (ATI SERVICIOS E.I.R.L)	6	6	7	7	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	7	7	9	7	10	10								
DUCTEROS (CHILEDUCTOS)																												
ELECTRICOS (LTO)	16	15	15	15	13	14	10	10	13	13	11	12	14	13	14	13	7	10	13	13								
FIERRO (Juan Alvarez)	9	10	13	12	12	12	12	13	10	13	11	10	10	10	9	11	11	11	9	10								
GASFITER (WLADIMIR SANTIBANES)	7	4	4	4	5	6	9	10	10	10	8	6	8	4	5	5	6	3	6	6								
IMPERMEABILIZACIONES (CARMEN MONTERO)						1	1				1																	
MANO DE OBRA (JHM)	27,8	33	33	32	32	28	24	27	27	29	28	30	28	27	26	31	31	32	31	35								
MOLDAJE (MIGUEL CISTERNA)	11	14	14	14	13	14	12	12	14	14	9	11	11	9	11	11	11	9	11	10								
OPERADOR GRUA (CRUZ DEL SUR)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
PINTURA (PINTOR DURAN)	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2								
PUERTAS DE ALUMINIO (HEAL)	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	1			4	4	4	4	4								
SOLDADOR (JOSE TORO)		2	2	2	2	2	2	2	2				2	2	2	2	2	2	2	2								
TABQUERIA (ABANA)	8	10	10	8	8	9	9	8	10	9	8	10	9	9	9	8	9	8	7	8								
Total general	95,8	104	108	104	103	106	95	99	103	110	96	102	99	91	91	99	96	91	101	105								

Fuente: Constructora Altius.

Resumen de asistencia fuerza laboral, obra Centro Médico Independencia.

Resumen fuerza laboral.

- Fuerza laboral medida en **hombre-día**, hasta el 29 de Abril de 2020:



Fuente: Elaboración propia.

Anexo J.
Formulario de investigación de incidente, obra Centro Médico Independencia.

CONSTRUCTORA ALTIUS
 DEPARTAMENTO PREVENCIÓN DE RIESGOS

PTS - 005

Rev. 5 - marzo 2018



FOR-CP-10

FORMULARIO INVESTIGACION DE INCIDENTE

IDENTIFICACION

OBRA O LUGAR CENTRO MEDICO INDEPENDENCIA			
LUGAR EXACTO DEL ACCIDENTE 5TO PISO EJES 2A Y 2B		FECHA DEL INCIDENTE 09-09-2018	HORA 17:40
		ENVIADO A MUTUAL SI NO	

DATOS DEL LESIONADO

NOMBRE	
PARTE LESIONADA	TIPO DE LESION
COISA QUE PROVOCO LESION	A.F.P. (OFICINA DE PERSONAL)
TESTIGOS	

DESCRIPCION

DESCRIPCION DEL ACCIDENTE SEGUN CONCLUSIONES DEL INVESTIGADOR.
 DEBIDO A LA FALTA DE ANCLAJE INDIVIDUAL DE LOS VIENTOS Y DE PROFUNDIDAD DE PERFORACION DE AMBOS PILARES DE ENFIERRADURA, EL DOWER SE DE PROVOCAANDO QUE ESTOS SE DOBLARAN TOCANDO LOSA DE 4TO PISO, SOLO DEJANDO DAÑO MATERIAL EN ENFIERRADURA, NO HUBO PERSONAL LESIONADO.

CAUSAS

MECIONE LAS CAUSAS QUE PROVOCARON EL ACCIDENTE
 - Falta de anclaje individual de vientos.
 - Menor profundidad en perforación para anclajes (dower)

RECOMENDACIONES

QUE SE DEBE HACER PARA EVITAR QUE SE REPITA EL ACCIDENTE	RESPONSABLE	PLAZO
Perforaciones con mayor profundidad e inclinación para la sujeción de dower en vientos.	Supervisor de enfierradura y jefe de obra y/o prof de terreno a cargo	Cada vez
Supervisión y verificación en la ejecución de anclajes.		

MIEMBROS DEL COMITÉ PARITARIO QUE REALIZARON LA INVESTIGACION	
NOMBRE	SEÑA
Jesús Tavares	
Platón Cox	
CHRISTIAN NÚÑEZ	