

INFORME N° 1067058

**ENSAYOS ESTRUCTURALES
ANDAMIOS ANDECORP - MANUMETAL.**

Para:
ANDECORP - MANUMETAL.

Preparado por:
DICTUC S.A.
Laboratorio de Ingeniería Estructural

"De acuerdo a lo solicitado por la empresa Andecorp, conforme a la carta expuesta en el Documento D3 (Anexo D), se emite el informe DICTUC N° 1067058 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp - Manumetal" con fecha de 05 de marzo del 2013, que corresponde a una copia del informe DICTUC N°647171 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp" emitido en 13/09/2006, referenciándose los andamios con la nomenclatura Andecorp - Manumetal, que corresponden a los mismos andamios analizados de acuerdo al informe DICTUC N°647171 con la nomenclatura Andecorp"

"La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica especificada acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos o patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido "certificados por DICTUC", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC".

Santiago 05 de marzo de 2013.



INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	4
2.- ANTECEDENTES.....	4
2.1. <i>Tablones metálicos y plataformas</i>	5
2.2. <i>Marco transversal</i>	6
2.3. <i>Diagonales longitudinales</i>	6
2.4. <i>Puntales longitudinales</i>	7
2.5. <i>Barandas longitudinales y transversales</i>	7
2.6. <i>Apoyo</i>	7
2.7. <i>Rodapié</i>	7
2.8. <i>Trabas verticales para tablones y plataformas</i>	7
3. ENSAYOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	8
3.1. <i>Ensayo de flexión de tablones metálicos</i>	8
3.2. <i>Ensayo de carga vertical en pie derecho de marco transversal</i>	9
3.3. <i>Ensayo de carga vertical en travesaños</i>	10
3.4. <i>Ensayo de carga horizontal según la dirección longitudinal del andamio</i>	11
3.5. <i>Ensayo de carga horizontal según la dirección transversal del andamio</i>	12
3.6. <i>Ensayo de carga horizontal a dos cuerpos de andamio sin arriostramientos</i>	13
3.7. <i>Ensayo de las barandas</i>	15
3.8. <i>Ensayo de carga vertical en tres cuerpos de andamio</i>	16
3.9. <i>Ensayo de corte de unión pie derecho-travesaño</i>	17
3.10. <i>Ensayo de flexión de unión pie derecho-travesaño</i>	19
3.11. <i>Ensayo de tracción de unión pie derecho-travesaño</i>	22
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN SEGÚN NCH 2501/2.OF2000.....	24
4.1. <i>Ensayo de flexión de tablones metálicos</i>	24
4.2. <i>Ensayo de las barandas</i>	25
5. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA NCH2501/1. OF. "REQUISITOS GENERALES".....	25
6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	28
ANEXO A: Figuras.....	31
ANEXO B: Fotografías.....	47



ANEXO C: Gráficos..... 54

Anexo D: Documentos..... 72

MANUMETAL

SOLICITANTE : **ANDECORP - MANUMETAL.**
RUT : **96.655.060-0 / 79.561.860-0**
DIRECCIÓN : **Senador Jaime Guzmán 141 Quilicura / Sótero del Río 341, la Florida.**
ATENCIÓN : **Sr. Jaime Gomez.**
TELÉFONO : **603-6411 / 281-0137**
TRABAJO SOLICITADO : **Pruebas varias y clasificación de Andamios Andecorp - Manumetal.**

1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe da a conocer los resultados obtenidos de ensayos realizados a un tipo de andamio metálico fabricado por la empresa Andecorp - Manumetal, denominado andamio modelo MULTI FRONT. Se realizaron e informan ensayos de flexión realizados a tableros, ensayos de carga vertical a pies derechos, ensayos de flexión a travesaños, ensayos de carga horizontal a arriostramientos longitudinales y marco transversal, ensayo de carga horizontal a dos cuerpos de andamio sin arriostramientos, ensayo de carga transversal a barandas, ensayo de compresión a un conjunto de tres cuerpos de andamios metálicos y finalmente ensayos de tracción, flexión y corte de la unión pie derecho travesaño a través de la rodela.

Se informa además los resultados de la revisión de los andamios, en relación al cumplimiento de la norma NCh 2501/1 y 2501/2. Of 2000, Andamios Metálicos Modulares Prefabricados - Requisitos Generales y Requisitos Estructurales, respectivamente.

Los ensayos fueron ejecutados a petición del señor Cristian Julio y se realizaron en las dependencias del Laboratorio de Ingeniería Estructural de DICTUC S.A., filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

El informe se divide en: Antecedentes, Ensayos realizados y Resultados obtenidos, Análisis de resultados, Verificación del cumplimiento de las Normas NCh 2501/1. Of.2000 y NCh 2501/2.

De acuerdo a lo solicitado por la empresa Andecorp, conforme a la carta expuesta en el Documento D3 (Anexo D), se emite el informe DICTUC N° 1067058 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp - Manumetal" con fecha de 05 de marzo del 2013, que corresponde a una copia del informe DICTUC N°647171 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp" emitido en 13/09/2006, referenciándose los andamios con la nomenclatura Andecorp - Manumetal, que corresponden a los mismos andamios analizados de acuerdo al informe DICTUC N°647171 con la nomenclatura Andecorp

2.- ANTECEDENTES

A continuación se presentan algunos de los antecedentes relevantes proporcionados por el mandante en relación a los andamios ensayados, donde se describen someramente las características geométricas y mecánicas de los componentes principales de dichos andamios. Algunas de las dimensiones de los elementos que conforman el andamio fueron verificadas en el laboratorio.

En general, los andamios están conformados por elementos tubulares verticales, que poseen discos de empotramiento a diferentes alturas con perforaciones de 15 a 60°, que permiten unirse entre si por elementos tubulares horizontales de diferente largo y que denominaremos en el presente informe como travesaños. Los elementos horizontales poseen fijaciones en sus extremos, las que se ensamblan con los elementos verticales mediante cuñas que al ser golpeadas producen la unión por arrastre. La rigidez horizontal la proveen principalmente elementos tubulares diagonales de similares características que los elementos horizontales ya descritos. Los andamios son montados en bases regulables metálicas, que permiten nivelar el sistema.

En relación a la plataforma de operación, ésta se compone de tablonces metálicos plegados apoyados en travesaños metálicos tubulares (elementos horizontales ya descritos anteriormente).

La calidad de las soldaduras empleadas fue certificada según el Documento D.1, adjunto en el anexo D. Los tubos que conforman los pies derechos poseen diferente diámetro en uno de sus extremos con el objeto de unirse en vertical con el siguiente y de esta forma disponer de varios cuerpos en su altura. Según el mandante, todos los elementos metálicos tubulares del andamio MULTI FRONT son proporcionados por CINTAC, con una calidad A37-24ES, excepto para los tablonces los que tienen una calidad A42-27ES, como consta en el Documento D.1 del anexo D.

Con el objeto de identificar cada una de las probetas ensayadas en cada uno de los ensayos, en la Figura 1 (Anexo A), se presenta la nomenclatura utilizada en el presente informe.

2.1. Tablonces metálicos y plataformas.

La sección de los tablonces está conformada por un perfil canal de 300mm de alma, con perforaciones de 8mm de diámetro dispuestas en 29 hiladas de 5 perforaciones intercaladas con 29 hiladas de 6 perforaciones; alas de 55mm con reforzamiento de 18mm y espesor 2mm. Cada tablón posee 3 atiesadores de 20mm de ancho y 3mm de espesor ubicados aproximadamente en los tercios del tablón, los cuales están soldados a la parte inferior. Los extremos del tablón llevan sendas tapas soldadas correspondientes cada una a un perfil tubular rectangular de 50x20mm. A estas tapas van soldados dos ganchos de 50mm de ancho y 5mm de espesor. La curvatura de estos ganchos u orejas es tal, que permite quitar el tablón sin la necesidad de desarmar los cuerpos superiores. Los tablonces son fabricados por la empresa Andecorp - Manumetal. Detalles del tablón se muestran en la Figura 2.

En la Tabla 2.1 que se presenta a continuación, se muestran algunas características de los tablonces que fueron sometidos al ensayo de flexión simple.

Tabla 2.1.
Propiedades de los tablonces sometidos al ensayo de flexión simple

Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Espesor (mm)	Peso (kg)
TB-ANDEC-01	2220	300	55	2	15.5
TB-ANDEC-02	2220	300	55	2	15.5

La plataforma está compuesta por dos partes principales, un marco de acero rectangular de 600x2222mm (formado por perfiles tubulares con forma de L) con tres perfiles tubulares rectangulares de 25x15mm, el primero a 520mm desde uno de los bordes al eje del perfil, el siguiente espaciado a, 1010mm entre ejes respecto del anterior y el tercero a 1510mm entre ejes. De este marco, cuelga una escalera metálica de 2m de longitud, como puede verse en la Fotografía 1(Anexo B).

La plataforma cubre toda la luz entre marcos transversales y pies derechos, y un marco metálico que contiene una tapa de madera, formada por una placa de terciado de 18mm de espesor. En la Figura 3, se muestra el marco metálico de la plataforma con sus dimensiones más importantes.

Los perfiles tubulares con forma de L tienen un ancho de 30mm en su parte inferior, 9mm en su parte superior y un alto de 50mm en su parte más alta. En el espacio dejado al interior de dicha L se apoya la placa de terciado.

Longitudinalmente el marco metálico está dividido en tres sectores principales por medio de los perfiles de 25x15mm antes mencionados. Uno de los sectores de extremo (el de 520mm de longitud) se encuentra recubierto por un terciado de madera de 18mm abatible, como se aprecia en la Fotografía 2, a modo de dar acceso a la escalera que está dispuesta verticalmente y se encuentra colgada del marco metálico.

2.2. Marco transversal.

Los marcos están compuestos por dos perfiles verticales metálicos tubulares (pie derechos) de 48mm de diámetro exterior y 3mm de espesor, unidos por un travesaño superior (sólo el primer nivel debe tener un travesaño inferior, pues a partir del segundo nivel, ese travesaño corresponde al superior del cuerpo inferior); el travesaño superior es de sección tubular circular de 48mm de diámetro y 3mm de espesor. El encuentro de este travesaño con los perfiles verticales se efectúa a través de una rodela de 121mm de diámetro, 9.5mm de espesor con perforaciones que dejan la franja perimetral con 10.5mm de ancho, soldada a los pies derechos. El travesaño, por su parte, tiene en sus extremos ganchos con forma de C a través de los cuales pasa la cuña que materializa la unión, como se aprecia en la Fotografía 3. Las dimensiones nominales de los marcos metálicos fueron verificadas en el laboratorio. La Figura 4 muestra un esquema de las dimensiones nominales de los marcos transversales. Cada marco transversal pesa aproximadamente 24kg, compuesto por dos pies derechos (2x8.4kg), más dos travesaños de 60cm (2x3kg) más un sujeta tablón (1x1.2kg).

2.3. Diagonales longitudinales.

Las diagonales longitudinales están compuestas por perfiles metálicos tubulares circulares de 48mm de diámetro exterior, 3mm de espesor y 2970mm de longitud (sin incluir el largo de las piezas de unión). Se dispone sólo una en cada cuerpo de andamio, utilizando una diagonal (por lo que trabaja a tracción y compresión). En ambos extremos las diagonales presentan la misma pieza con forma de C perforada y atravesada por una cuña, descrita anteriormente. Este sistema, en el caso de las diagonales es giratorio. La unión entre el marco transversal y la diagonal se materializa a través del mismo sistema que utilizan los travesaños con los pies derechos. Las diagonales longitudinales tienen un peso de 10.8kg.

2.4. Puntales longitudinales.

Los puntales longitudinales son idénticos a las diagonales, variando únicamente su longitud, 2150mm y la pieza en C del extremo, que no es giratoria en este caso. Los puntales longitudinales tienen un peso de 7.8kg

2.5. Barandas longitudinales y transversales.

Las barandas longitudinales son idénticas a los puntales longitudinales. Las barandas transversales son idénticas a los travesaños. Se conforman exactamente igual a las barandas longitudinales pero con una longitud de 620mm (sin incluir el largo de las piezas de unión). El peso de estas barandas transversales es de 3.0kg.

2.6. Apoyo.

Los apoyos están compuestos por un tubo con hilo de 35mm de diámetro exterior y 610mm de largo que sirve para regular la altura del andamio mediante una tuerca con manguitos laterales en sus 530mm inferiores. Uno de sus extremos se ensambla dentro del perfil tubular vertical que conforma el pie derecho del marco transversal y por el otro está soldado a una placa cuadrada de acero, de 140mm de lado y espesor 5.5mm. Esta placa presenta cuatro perforaciones de 13mm de diámetro, una cerca de cada uno de los vértices y dos de 7mm de diámetro, formando dos líneas a paralelas de tres perforaciones en lados opuestos de la placa cuadrada.

2.7. Rodapié.

Los rodapiés son elementos planos que se disponen verticalmente en los bodes de las plataformas de trabajo, de forma de evitar la caída de materiales o herramientas a cuerpos inferiores. Dichos rodapiés, se deben disponer en el sentido longitudinal y en el transversal cuando corresponda.

Los rodapiés transversales son de madera de 560mm de largo, 152mm de alto y 27.5mm de espesor. En sus extremos tiene refuerzos de acero tipo perfil C, con alas de 47mm, alma de 29.5mm y una longitud de 150mm. Este perfil C se dispone con el alma contra la sección transversal de la pieza de madera y las alas contra los lados de la pieza. El peso de estos rodapiés es de 3.0kg.

Los rodapiés longitudinales se configuran de la misma forma que los transversales, pero, una placa madera de 2255mm de largo, 155mm de alto y 26.5mm de espesor. El peso de estos rodapiés es de 5.3kg.

2.8. Trabas verticales para tablonos y plataformas.

Para evitar el levantamiento de los tablonos o plataforma se dispone una traba sobre ellos, retenida también por las cuñas con las que se materializa la unión de los elementos.

Para ello se dispuso un perfil tubular rectangular tipo cajón de 50mm de ancho, 40mm de alto y 700mm de longitud, que tiene una ranura de 29x7mm, en cada extremo por donde pasa la cuña.

3. ENSAYOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Se realizaron los siguientes ensayos de los elementos que componen el andamio metálico en estudio.

3.1. *Ensayo de flexión de tablonces metálicos.*

Los tablonces se apoyaron en sus extremos, reproduciendo la forma de montaje que se realiza habitualmente en el andamio. En la Fotografía 4 se aprecia una vista general del ensayo de flexión simple a tablonces.

En los ensayos de tablonces metálicos, la carga fue aplicada en los cuartos de la luz libre mediante dos gatos hidráulicos de 5ton cada uno apoyados en piezas de madera que aseguraban una distribución adecuada de la carga. El ensayo se realizó hasta alcanzar una rigidez de la probeta cercana a cero (incremento de deformación sin incremento significativo de carga) o el colapso del tablón. Las deformaciones se midieron mediante tres transductores: uno al centro de la probeta y uno en cada apoyo de ésta, de manera de registrar cualquier posible asentamiento de los apoyos. El esquema del ensayo de las probetas sometidas a flexión simple se muestra en la Figura 5. En la Fotografía 5 se muestra el transductor utilizado para obtener las deformaciones verticales al centro del tablón.

Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga por gato y deformaciones) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. La Fotografía 6 muestra uno de los tablonces ensayados. Durante el ensayo se realizó un ciclo de descarga al 50% aproximadamente de la carga máxima esperada. Una vez finalizado el ensayo de flexión simple, se procedió a dibujar las curvas carga aplicada por gato en kilogramos versus deformación al centro del tablón menos la deformación promedio registrada en los apoyos. Los Gráficos 1 y 2 (Anexo C) muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

A continuación se muestra la Tabla 3.1.1, donde aparece un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de flexión simple. En dicha tabla se presenta además la rigidez secante determinada con el criterio del 40% de la carga máxima (que corresponde aproximadamente al límite elástico).

Tabla 3.1.1.
Resultados de los ensayos de flexión simple de tablonces metálicos.

Probeta	Distancia entre apoyos (cm)	Deformación asociada al 40% de la carga máxima (mm)	Rigidez asociada al 40% de la carga máxima (kg/mm)	40% Carga máxima (kg)	Carga máxima por gato (kg)
TB-ANDEC-01	222	11.5	18.9	198.6	492.6
TB-ANDEC-02	222	13.2	17.2	222.0	519.8
Promedio	-	12.4	18.1	210.3	506.2

Los tablonces fallaron por plastificación por flexión de las zonas cargadas, sin que se observaran problemas en las zonas extremas de apoyo.

3.2. Ensayo de carga vertical en pie derecho de marco transversal.

Los pies derechos fueron ensayados formando parte de sus respectivos marcos metálicos. En la parte superior del pie derecho, donde se presenta el angostamiento y donde se aplicó la carga, se adicionó un tramo de perfil metálico tubular que representa el apoyo del pie derecho del andamio del siguiente nivel.

La carga fue aplicada utilizando la prensa Amsler, que posee una capacidad de 200 toneladas (precisión $\pm 1\%$) y que es capaz de controlar la velocidad de aplicación de la carga. En este caso se midieron las deformaciones axiales y por pandeo de la probeta, para lo cual se utilizaron dos pares de transductores, el primer par, midiendo las deformaciones axiales y el segundo par colocado en ejes perpendiculares entre si y perpendiculares al eje de la probeta.

Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. El esquema del ensayo de los pies derechos sometidos a compresión axial se muestra en la Figura 6.

El ensayo se realizó hasta obtener una rigidez cercana a cero de la probeta (incremento de deformación sin incremento de carga) o el colapso del pie derecho. En la Fotografía 7 se muestra el montaje de este ensayo. En las Fotografías 8 y 9 se ven las probetas al final del ensayo, donde es posible notar el pandeo de los pies derechos.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación en milímetros. Los Gráficos 3 y 4, muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

La Tabla 3.2.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga vertical de los pies derechos.

Tabla 3.2.1.
Resultados de los ensayos de carga vertical en pies derechos de andamios.

Probeta	Carga máxima (kg)	Tipo de falla observada
VPD-ANDEC-01	6400	Pandeo Global
VPD- ANDEC-02	6620	Pandeo Global
Promedio:	6510	-

En ambas probetas la falla se produjo por pandeo global del pie derecho comprimido.

3.3. Ensayo de carga vertical en travesaños.

Para el ensayo de carga vertical en travesaños, se armó un cuerpo de andamio completamente, de manera de reproducir su estructura real al ser utilizados en obra. Se ensayaron travesaños de tres longitudes distintas, 60, 90 y 120cm luz. La Fotografía 10 muestra la vista general del montaje de uno de los marcos de luz de 60cm ensayados.

La carga fue aplicada sobre el punto medio del travesaño superior del marco transversal del andamio, utilizando un gato de 25ton. El gato reaccionaba contra una viga de hormigón de 40cmx50cm y 220cm de largo, que a su vez se apoyaba en un marco de reacción. El ensayo se realizó hasta alcanzar la fluencia del elemento propiamente tal o la falla del marco transversal del andamio. La deformación vertical se midió mediante un transductor colocado bajo el punto de aplicación de la carga. El esquema del ensayo de las probetas sometidas a carga vertical se muestra en la Figura 7. Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302.

En las Fotografías 11 y 12, se aprecian las probetas de marcos de 90 y 120cm de luz, una vez finalizados los ensayos respectivos. Durante cada ensayo se realizó un ciclo de carga y descarga aproximadamente hasta el 40% de la carga máxima esperada. En este ciclo de descarga, todos los marcos se recuperaron por sobre el 50%.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación vertical en milímetros. Los Gráficos 5 a 10, muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

La Tabla 3.3.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga vertical de los marcos transversales.

Tabla 3.3.1.
Resultados de los ensayos de carga vertical en marcos transversales.

Probeta	Deformación asociada al límite elástico (mm)	Rigidez asociada al límite elástico (kg/mm)	Límite elástico (kg)	Carga máxima (kg)
VMT- ANDEC-60-01	5.4	275.5	1433.3	2391.1
VMT- ANDEC-60-02	5.5	295.0	1495.3	2372.1
Promedio	5.5	285.3	1464.3	2381.6
VMT- ANDEC-90-01	5.8	140.0	745.7	1706.5
VMT- ANDEC-90-02	5.6	140.0	712.6	1670.0
Promedio	5.7	140.0	729.1	1688.3
VMT- ANDEC-120-01	8.0	72.0	535.5	1223.1
VMT- ANDEC-120-02	7.9	71.0	525.5	1228.6
Promedio	8.0	71.5	530.5	1225.9

Los marcos experimentaron una deformación combinada de flexión del perfil horizontal superior y flexo-compresión de los perfiles verticales.

3.4. Ensayo de carga horizontal según la dirección longitudinal del andamio.

Para el ensayo de carga horizontal según la dirección longitudinal del andamio, se armó un cuerpo completo, con su respectiva diagonal dispuesta para trabajar en compresión, de manera de reproducir la estructuración real más desfavorable.

Con el objeto de que el andamio no se deslizara horizontalmente, durante el ensayo se dispuso de un tope inferior en el extremo opuesto del lugar donde se aplicó la carga. Para evitar el volcamiento del andamio durante el ensayo, se dispuso de un tensor al costado del gato horizontal, donde se aplicó la carga. En la Figura 8 se aprecia un esquema donde se muestra la disposición del tope y del tensor.

La carga fue aplicada horizontalmente (en el sentido longitudinal del andamio), en la intersección del pie derecho del marco transversal y la viga horizontal superior de dicho marco (travesaño), utilizando un gato de 5 toneladas, como se aprecia en la Fotografía 13. El ensayo se realizó hasta alcanzar la resistencia de fluencia o la falla abrupta de la diagonal o sistema de unión (que une la diagonal con el pie derecho del marco transversal). Las deformaciones se midieron mediante transductores, los cuales se colocaron en el centro de la diagonal en dos direcciones perpendiculares entre sí de modo de medir las deformaciones por pandeo de dicha diagonal y otro transductor en el sentido de aplicación de la carga de modo de medir las deformaciones laterales horizontales que experimentara el andamio. Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. En la Fotografía 14 se aprecia una de las probetas una vez finalizado el ensayo.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación en milímetros del marco según los ejes perpendiculares a la diagonal. Los Gráficos 11 y 12 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

En la Tabla 3.4.1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga horizontal del andamio en dirección longitudinal.

Tabla 3.4.1.
Resultados de los ensayos de la diagonal longitudinal.

Probeta	Deformación horizontal asociada a 50% de carga máxima (mm)	Rigidez lateral asociada al 50% de carga máxima (kg/mm)	Carga máxima (kg)	Observaciones
HML-ANDEC-01	3.8 ⁽¹⁾	27 ⁽¹⁾	311.5	Falla por pandeo de la diagonal comprimida
HML-ANDEC-02	8.2	21	302.6	
Promedio	8.2	21	307.1	

⁽¹⁾ Estos valores corresponden a aproximadamente el 30% de la carga máxima, instante hasta el cual la probeta HML-ANDEC-01, mantuvo la proporcionalidad entre deformaciones y carga aplicada. Sin embargo, en aproximadamente este nivel de carga el sistema de ensamble entre pie derecho y diagonal comprimida, sufrió un leve deslizamiento lo que hizo perder la proporcionalidad entre deformación y carga. Por ello, no se entrega el valor promedio.

Las diagonales comprimidas fallaron por pandeo.

3.5. Ensayo de carga horizontal según la dirección transversal del andamio.

Para el ensayo de carga horizontal según la dirección transversal del andamio, se dispuso el marco en el sentido de aplicación de la carga horizontal como se muestra en la Figura 9

Con el objeto de que el marco no se deslizara horizontalmente durante el ensayo se dispuso de un tope inferior en el extremo opuesto del lugar donde se aplicó la carga. Adicionalmente, para evitar el volcamiento del marco durante el ensayo, se dispuso de un tensor al costado del gato horizontal. En la Figura 9 se puede apreciar un esquema donde se muestra la disposición del tope y del tensor.

La carga fue aplicada horizontalmente (en sentido paralelo al marco transversal del andamio), en la intersección del pie derecho del marco transversal y el travesaño superior de dicho marco (que sirve de apoyo a los tablonés), utilizando un gato de 5 toneladas.

El ensayo se realizó hasta alcanzar la resistencia de fluencia o la falla del marco. La deformación se midió mediante un transductor dispuesto en la dirección de aplicación de la carga.

Se realizaron dos ensayos de marco, sometido a carga horizontal contenido en su plano. Durante los ensayos se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. En la Fotografía 15 se aprecia una de las probetas una vez finalizado el ensayo donde se aprecia la deformación del marco.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación en milímetros del marco en el sentido de aplicación de la carga. Los Gráficos 13 y 14 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

En la Tabla 3.5.1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga horizontal del marco transversal del andamio.

Tabla 3.5.1.
Resultados de los ensayos de carga horizontal del marco transversal.

Probeta	Rigidez lateral (kg/mm)	Carga máxima (kg)	Observaciones
HMT-ANDEC-01	1.95	247.3	Falla por deformación excesiva.
HMT-ANDEC-02	2.05	273.4	
Promedio	2.0	260.4	

El marco transversal falló por deformación excesiva. No se observó una pérdida de proporcionalidad entre carga y deformación importante durante el ensayo, considerándose que el límite elástico coincide con la carga máxima.

3.6. Ensayo de carga horizontal a dos cuerpos de andamio sin arriostramientos.

Con el fin de conocer la rigidez horizontal del sistema de superficies de trabajo empleadas, es decir tablonos ó plataforma con escalera, se armaron dos cuerpos de andamios con una plataforma intermedia, con los marcos transversales unidos simplemente por un puntal solo por un lado en cada cuerpo de andamio. No se instalaron ni diagonales ni barandas en el primer cuerpo, mientras que en el segundo se instaló en sólo un lado, una única baranda para dar la estabilidad mínima a los marcos del segundo cuerpo. Los travesaños utilizados correspondieron a los de 60 cm de longitud en todos los casos.

Se usaron dos tipos de superficies destinadas a trabajo y se realizó un ensayo con cada una de ellas; una de las superficies estuvo compuesta por dos tablonos y la otra compuesta por una plataforma que contiene a la escalera vertical colgante, como la descrita en 2.1. En ambos casos se utilizó la traba vertical y el perfil tubular rectangular descrito en 2.8.

La carga se aplicó horizontalmente en el extremo superior del cuerpo de andamio inferior sobre uno de sus ejes longitudinales; el otro eje longitudinal fue restringido al desplazamiento en dos direcciones ortogonales en la parte superior (unión con el cuerpo de andamio superior) e inferior del cuerpo de andamio inferior. Para la aplicación de la carga se usó un gato de 5 toneladas de capacidad reaccionando sobre una robusta viga de hormigón armado. En las Fotografías 16 y 17 se puede apreciar una vista general montaje del ensayo.

El ensayo se realizó hasta alcanzar una carga de aproximadamente 750kg o la falla del sistema, procurando que dicha carga fuera transmitida desde el marco exterior libre al marco interior arriostrado sólo a través de las superficies de trabajo (tablonos o plataforma). En la Fotografía 18 se muestra un detalle del punto de carga.

Las deformaciones se midieron mediante cuatro transductores de desplazamiento ubicados, en cada pie derecho en el extremo superior del cuerpo de andamio inferior midiendo la deformación en el sentido longitudinal del andamio.

El esquema del ensayo de las probetas sometidas a carga horizontal se muestra en la Figura 10.

Durante el ensayo se registró la carga aplicada al sistema y las respectivas deformaciones mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302.

Una vez finalizado el ensayo de carga horizontal, se procedió a dibujar las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación en milímetros. En los Gráficos 15 y 16 se muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

A continuación se muestra la Tabla 3.6.1, donde aparece un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga horizontal a dos cuerpos de andamio, para los dos tipos de superficies de trabajo utilizadas (tablonos y plataforma). En dicha tabla se presentan los desplazamientos promedio de ambos ejes longitudinales, también la diferencia entre ambos promedios para la carga máxima aplicada y finalmente la carga puntal horizontal máxima que se aplicó al sistema.

**Tabla 3.6.1.
Resultados de los ensayos carga horizontal a dos cuerpos de andamio.**

Probeta	Tipo de superficie	Deformación promedio en eje restringido asociada a la carga máxima ⁽¹⁾ (mm)	Deformación promedio en eje de aplicación de carga asociada a carga máxima ⁽²⁾ (mm)	Deformación promedio relativa asociada a carga máxima ⁽³⁾ (mm)	Carga máxima aplicada (kg)
H2C-ANDEC-PL-01	Plataforma	23.2	45.5	22.3	717.5
H2C-ANDEC-TAB-01	Tablones	19.4	63.4	44.0	852.7

⁽¹⁾ Corresponde al promedio de deformaciones registradas en los pies derechos que se encuentran en la línea del eje restringido a desplazamiento.

⁽²⁾ Corresponde al promedio de deformaciones registradas en los pies derechos que se encuentran en la línea del eje libre en el cual se aplica la carga horizontal.

⁽³⁾ Corresponde a la diferencia de los promedios obtenidos en cada eje longitudinal.

Para el sistema con plataforma, no se observó falla aparente del sistema para el nivel de carga de 700kg aproximadamente. A partir de los 717.5kg de carga lateral, se produjo un deslizamiento de los ganchos de la plataforma por sobre el travesaño, saliéndose esta su posición.

En cambio, para el sistema con tablones no se observó la falla, para ningún nivel de carga durante el ensayo.

3.7. Ensayo de las barandas.

Para el ensayo de las barandas, se armó un andamio completo, de manera de reproducir su estructuración real, en el caso más desfavorable. El andamio se dispuso en forma horizontal, con el objeto de aplicar la carga verticalmente. La baranda ensayada correspondió a la baranda longitudinal, que es la más desfavorable de todas las barandas. La Fotografía 19 muestra el andamio dispuesto en forma horizontal y la baranda sometida al ensayo de flexión.

La carga fue aplicada verticalmente, en forma perpendicular al eje de la baranda, al centro del elemento, utilizando un gato de 5 toneladas.

El ensayo se realizó hasta alcanzar la fluencia o la falla de la baranda ó pasador (que une la baranda con el pie derecho del marco transversal). La deformación en el sentido de la carga se midió mediante transductores dispuestos al centro de la baranda y en los apoyos de esta con el marco transversal. El esquema del ensayo de las barandas sometidas a ensayo se muestra en la Figura 11.

Se ensayaron dos barandas. Durante los ensayos se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. En la Fotografía 20 se aprecia una de las probetas durante el ensayo.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos versus deformación en milímetros de la baranda en el sentido de aplicación de la carga, al centro del elemento, descontada la deformación de los apoyos. Los Gráficos 17 y 18 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo. En la Tabla 3.7.1 se muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de flexión de las barandas.

**Tabla 3.7.1.
Resultados de los ensayos de flexión de barandas.**

Probeta	Deformación asociada al limite elástico (mm)	Rigidez asociada al limite elástico (kg/mm)	Limite elástico (kg)	Carga máxima (kg)	Observaciones
FB-ANDEC-01	24.8	11.2	288.8	271.7	Falla por flexión de la baranda.
FB-ANDEC-02	22.2	12.5	273.6	298.7	Falla por flexión de la baranda.
Promedio	23.5	11.9	281.2	285.2	

Las barandas finalmente fallaron por flexión.

3.8. Ensayo de carga vertical en tres cuerpos de andamio.

Para el ensayo de carga vertical de tres cuerpos de andamio, se amaron tres cuerpos uno sobre el otro tal como lo especifica el mandante. Se colocaron los pies derechos unidos por travesaños, elementos horizontales, diagonales longitudinales, barandas longitudinales por el lado de las diagonales y los tablonés en cada uno de los niveles. La Fotografía 21 muestra una de las probetas conformada por tres cuerpos de andamios. En la Figura 12 se muestra un esquema del ensayo realizado.

La carga fue aplicada mediante un sistema de cargas cerrado, conformado principalmente por:

- Una viga superior metálica robusta de reacción, dispuesta en el sentido longitudinal del último cuerpo, centrada respecto a los marcos transversales. Dicha viga de reacción, se apoyó sobre sendas vigas metálicas transversales apoyadas directamente sobre los pies derechos de los marcos transversales, distribuyendo la carga sobre éstos.
- Tensores verticales dispuestos en cada uno de los extremos de la viga de reacción longitudinal, uniendo el extremo de dicha viga con un marco de reacción inferior.
- Gato hidráulico de 25 toneladas, que reacciona contra ambos sistemas de reacción, produciendo una fuerza de compresión en los tres cuerpos de andamio.

El ensayo se realizó hasta alcanzar la fluencia o la falla del sistema. Las deformaciones se midieron mediante transductores. Los transductores se dispusieron de manera tal de registrar las deformaciones en ambos sentidos del andamio (transversal y longitudinal) y el pandeo global de la estructura. El esquema del ensayo de las probetas sometidas a carga vertical y la disposición de los transductores y marco de reacción se muestra en la Figura 12. Las Fotografías 22, 23 y 24 muestran el modo de falla de las probetas. Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga y deformación) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada por columna en kilogramos versus deformación en milímetros. Los Gráficos 19 y 20 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo. Todos los resultados incluyen el peso propio de los elementos que se encontraron sobre el andamio durante el ensayo (vigas y tensores). La Tabla 3.8.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de carga vertical de tres cuerpos de andamio.

Tabla 3.8.1.
Resultados de los ensayos de carga vertical en tres cuerpos de andamios.

Probeta	Carga máxima por pie derecho (kg)	Carga máxima total (kg)
A3C-ANDEC-01	2326	9304
A3C-ANDEC-02	2220	8880
Promedio	2273	9092

En ambos casos, la falla se produjo por pandeo global del sistema.

3.9. Ensayo de corte de unión pie derecho-travesaño.

Para realizar el ensayo de corte de la conexión del sistema pie derecho - travesaño, se armó una probeta que trata de reflejar con la mayor exactitud posible la realidad de instalación y carga solicitante. Para el ensayo se empleó una probeta que consta del pie derecho conectado con el travesaño a través del sistema de disco de empotramiento.

El arreglo de la probeta y la forma de la aplicación de la carga se realizó de la siguiente forma:

- una porción suficiente de pie derecho se conectó a una viga de reacción muy rígida en dos puntos.
- entre estos dos puntos se evitó el contacto entre el pie derecho con el disco de empotramiento y la viga rígida.
- la probeta se conectó a la viga del marco de reacción a través de un mecanismo de abrazaderas apemadas.
- adicionalmente se dispuso de un mecanismo que restringió el movimiento del extremo libre del travesaño en el plano de la aplicación de la carga, el cual se ubicó a 400mm de la cara superior del pie derecho.
- la carga se aplicó mediante un gato hidráulico ubicado a una distancia lo más cerca posible de la unión.
- se optó por colocar una pequeña placa de acero macizo en el área de la aplicación de la carga, con el fin de generar el esfuerzo de corte de la forma más pura posible sobre la conexión y evitar posibles problemas de punzonamiento en el pie derecho.
- se midió la deformación en el travesaño mediante un transductor ubicado a la misma altura y en la cara opuesta de la aplicación de la carga, registrándose los datos obtenidos mediante un equipo de adquisición de datos modelo TDS-302, de origen japonés

Para una mayor claridad se puede observar la Figura 13 en donde se muestra un esquema del ensayo y en la Fotografía 25 se puede observar una vista general de la probeta a ensayar. La instalación de las probetas en el laboratorio la realizó íntegramente personal DICTUC S.A.

La carga solicitante se aplicó mediante un gato hidráulico en la forma que ya se mencionó, mediante un gato de 25ton y un anillo de carga de 2000kg en incrementos regulares.

En la Fotografía 26 se puede apreciar el sistema de aplicación de carga y medición de las deformaciones.

Una vez definida la secuencia de carga, se definió el siguiente plan de carga-descarga para la probeta:

- Medición de deformación del transductor sin carga.
- Aplicación de una precarga con el propósito de generar ciertos acomodos de los elementos que pudiesen existir. Al llegar a la carga elegida se espera aproximadamente 1 minuto y se procede a la descarga, midiéndose la deformación del transductor tanto en la precarga como en la descarga.
- Registro de la carga en incrementos de 125kg aproximadamente y conjuntamente realizando la medición de la deformación en el transductor, hasta llegar a la falla del elemento, a deformaciones excesivas o hasta que éste no incremente su resistencia de carga. Ocurrido esto se espera aproximadamente 5 minutos antes de comenzar la descarga, (en el caso que sea posible) con el objeto de reconocer posible fluencia o acomodos de la carga.

Se realizaron tres ensayos de Corte de la Conexión del travesaño. Con la información registrada se pudo obtener la carga máxima a la cual se puede someter a la conexión, asociadas a las deformaciones que ocurren durante la aplicación de la carga.

En los Gráficos 21 a 23 se entregan las curvas carga aplicada versus desplazamientos obtenidos en los ciclos de carga-descarga realizados a las conexiones. En la Tabla 3.9.1 se muestran las cargas máximas con el mecanismo de falla para cada caso. En las Fotografías 27 y 28 se puede apreciar la falla observada.

Tabla 3.9.1
Cargas Máximas para los ensayos de Corte
de la conexión Pie derecho – Travesaño

Probeta	Carga Máxima (kg)	Deformación Máxima (mm)	Observaciones
CO-ANDEC-01	3823.8	37.85	Falla por giro excesivo de la conexión, fractura de la fijación básica, flexión del pasador, aplastamiento del travesaño y giro del disco de empotramiento.
CO-ANDEC-02	3563.0	39.00	Falla por giro excesivo de la conexión, fractura de la fijación básica, flexión del pasador, aplastamiento del travesaño y giro del disco de empotramiento.
CO-ANDEC-03	3916.8	42.30	Falla por giro excesivo de la conexión, fractura de la fijación básica, flexión del pasador, aplastamiento del travesaño y giro del disco de empotramiento.
Promedio	3767.9		
σ_{n-1}	183.4		

3.10. Ensayo de flexión de unión pie derecho-travesaño.

Para realizar el ensayo de flexión de la conexión del sistema pie derecho - travesaño, se armó una probeta que trata de reflejar con la mayor exactitud posible la realidad de instalación y carga solicitante. Para el ensayo se empleó una probeta que consta del pie derecho conectado con el travesaño a través del sistema de disco de empotramiento.

El arreglo de la probeta y la forma de la aplicación de la carga se realizó de la siguiente forma:

- una porción suficiente de pie derecho se conectó a una viga de reacción muy rígida en dos puntos.
- entre estos dos puntos se evitó el contacto entre el pie derecho con el disco de empotramiento y la viga rígida.
- la probeta se conectó a la viga del marco de reacción a través de un mecanismo de abrazaderas apernadas.
- la carga se aplicó mediante un gato hidráulico ubicado a una distancia de 400mm a partir de la unión
- los desplazamientos e indirectamente las rotaciones se midieron a través de tres transductores registrándose los datos obtenidos mediante un equipo de adquisición de datos modelo TDS-302, de origen japonés. Dos de los transductores fueron ubicados sobre una placa delgada pegada al travesaño cerca del elemento conector, el tercer transductor se ubicó a 600mm desde la cara superior del puntal.

Para una mayor claridad se puede observar la Figura 14 en donde se muestra un esquema del ensayo de flexión y en la Fotografía 29 se puede observar una vista general de la probeta a ensayar. La instalación de las probetas en el laboratorio la realizó íntegramente personal DICTUC S.A.

La carga solicitante se aplicó mediante un gato hidráulico en la forma que ya se mencionó, en incrementos regulares (de al menos 2 incrementos por cada carga y de al menos 5 incrementos para la descarga). En la Fotografía 30 se muestra el sistema de aplicación de carga, donde se emplea el gato hidráulico.

Una vez definida la secuencia de carga, se definió el siguiente plan de carga-descarga para la probeta:

- Medición de deformaciones de los transductores sin carga.
- Aplicación de una precarga, esto con el propósito de generar ciertos acomodos de los elementos que pudiesen existir, al llegar a la carga elegida se espera aproximadamente 1 minuto y se procede a la descarga, midiéndose las deformaciones de los transductores tanto en la precarga como en la descarga.
- Medición de deformaciones en los transductores, en intervalos de carga de 35kg aproximadamente hasta llegar a la falla del elemento, a deformaciones excesivas o hasta que éste no incremente su resistencia de carga; ocurrido esto se espera aproximadamente 5 minutos antes de comenzar la descarga con el objeto de reconocer posibles fluencia o acomodos de la carga.
- Medición de deformaciones en los transductores en la descarga hasta llegar a cero carga.

Se realizaron tres ensayos de Flexión de la Conexión. Con la información obtenida de las deformaciones de los transductores fue posible determinar la rotación de la conexión, obteniendo su comportamiento. Para obtener el valor del momento se utilizó la ecuación 1 y para obtener el valor del giro se utilizó la ecuación 2

$$M = F \times a \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\Theta = (\delta_2 - \delta_1) / d \quad (\text{Ecuación 2})$$

En donde:

F: Fuerza aplicada;

a: distancia de aplicación de la fuerza medida desde la cara superior del pie derecho;

δ_1 : Deformación medida por transductor 1;

δ_2 : Deformación medida por transductor 2.

En los Gráficos 24 a 26 se entregan las curvas de carga aplicada vs desplazamientos y en los Gráficos 27 a 29 se entregan las curvas de momento aplicado vs giros, obtenidos en los ciclos de carga-descarga realizados a las conexiones.

En la Tabla 3.10.1 se muestran las cargas máximas y momentos máximos obtenidos en los ensayos respectivamente, con el mecanismo de falla para cada caso. En las Fotografías 31 y 32 se puede apreciar la falla observada.

Tabla 3.10.1
Cargas Máximas y Momentos Máximos para los ensayos de flexión
de la conexión Pie derecho - Travesaño

Probeta	Carga Máxima (kg)	Momento Máximo (kg*cm)	Observaciones
FL-ANDEC-01	358.2	14328.3	Falla por giro del disco de empotramiento.
FL-ANDEC-02	340.4	13616.6	Falla por giro del disco de empotramiento.
FL-ANDEC-03	402.2	16089.7	Falla por giro del disco de empotramiento.
Promedio	366.9	14678.2	
σ_{n-1}	31.8	1273.1	

En la Tabla 3.10.2 se muestran los giros máximos obtenidos al aplicar la ecuación 2 con los datos obtenidos por los transductores en el ensayo.

Tabla 3.10.2
Giros Máximos (rad) medidos según ecuación 2 para los ensayos de flexión
de la conexión Pie derecho - Travesaño

Probeta	Giro Máximo (rad)	Promedio
FL-ANDEC-01	0.2606	0.30
FL-ANDEC-02	0.2575	
FL-ANDEC-03	0.2906	

MANUMETAL

3.11. Ensayo de tracción de unión pie derecho-travesaño.

Para realizar el ensayo de tracción de la conexión del sistema pie derecho - travesaño, se armó una probeta que trata de reflejar con la mayor exactitud posible la realidad de instalación y carga solicitante. Para el ensayo se empleó una probeta que consta del pie derecho conectado con el travesaño a través del sistema de disco de empotramiento.

El arreglo de la probeta y la forma de la aplicación de la carga se realizó de la siguiente forma:

- Se cortó un pedazo de travesaño de 35cm de longitud, el cual tiene en unos de sus extremos la fijación básica y en el otro extremo se soldó un perno de 60cm de longitud para ser tirado por un gato hidráulico perforado.
- una pequeña porción de pie derecho se conectó a dos vigas de reacción muy rígidas en dos puntos, dejándose una luz de 15cm aproximadamente entre estos dos puntos, en donde se encuentra el disco de empotramiento.
- se unió la fijación básica del travesaño al disco de empotramiento del pie derecho dispuesto horizontalmente.
- la carga se aplicó mediante un gato hidráulico ubicado en el extremo del perno soldado a una distancia de 80cm de la unión pie derecho-travesaño, el que se hace reaccionar contra una viga maciza.
- se optó por colocar una placa de acero macizo en el área de la aplicación de la carga, con el fin de generar el esfuerzo de tracción de la forma más pura posible sobre la conexión.
- se midió la deformación en el travesaño y la unión, mediante 2 transductores ubicados en el travesaño lo más cercano a la fijación básica y otro transductor ubicado en la parte inferior del disco de empotramiento del pie derecho, registrándose los datos obtenidos mediante un equipo de adquisición de datos modelo TDS-302, de origen japonés

Para una mayor claridad se puede observar la Figura 15 en donde se muestra un esquema del ensayo y en la Fotografía 33 se puede observar una vista general de la probeta a ensayar. La instalación de las probetas en el laboratorio la realizó íntegramente personal DICTUC S.A.

La carga solicitante se aplicó mediante un gato hidráulico en la forma que ya se mencionó, mediante un gato de 60 ton y un anillo de carga de 2000kg en incrementos regulares.

Una vez definida la secuencia de carga, se definió el siguiente plan de carga-descarga para la probeta:

- Medición de deformación del transductor sin carga.
- Aplicación de una precarga esto con el propósito de generar ciertos acomodos de los elementos que pudiesen existir. Al llegar a la carga elegida se espera aproximadamente 1 minuto y se procede a la descarga, midiéndose la deformación del transductor tanto en la precarga como en la descarga.
- Registro de la carga en incrementos de 220 kg aproximadamente y conjuntamente realizando la medición de la deformación mediante los transductores, hasta llegar a la falla del elemento, deformaciones excesivas o hasta que éste no incremente su resistencia de carga. Se realizaron tres ensayos de tracción de unión pie derecho-travesaño. Con la información registrada se pudo obtener la carga máxima a la cual se puede someter a la conexión, asociadas a las deformaciones que ocurren durante la aplicación de la carga.

En los Gráficos 30 a 32 se entregan las curvas carga aplicada vs desplazamientos obtenidos en los ciclos de carga-descarga realizados a las conexiones de los travesaños metálicos ensayados. En la Tabla 3.11.1 se muestran las cargas máximas con el mecanismo de falla para cada caso. En las Fotografías 34, 35 y 36 se puede apreciar la falla observada.

Tabla 3.11.1
Cargas Máximas para los ensayos de tracción
de la conexión Pie derecho - Travesaño

Probeta	Carga Máxima (kg)	Deformación Máxima (mm)	Observaciones
TR-ANDEC-01	5972.0	19.8	Flexión del pasador en el plano de aplicación de la carga y fuera de él, punzonamiento y fisura de la perforación del disco de empotramiento.
TR-ANDEC-02	6496.1	25.0	Flexión del pasador en el plano de aplicación de la carga y fuera de él, punzonamiento y fisura de la perforación del disco de empotramiento.
TR-ANDEC-03	5223.8	12.3	Flexión del pasador en el plano de aplicación de la carga y fuera de él, rotura de la perforación del disco de empotramiento.
Promedio	5897.3		
σ_{n-1}	639.4		

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CLASIFICACIÓN SEGÚN NCH 2501/2.OF2000.
4.1. Ensayo de flexión de tablonces metálicos.

Para determinar la "clase" a la que corresponde la superficie de trabajo que se puede obtener mediante el uso de tablonces, como los que se sometieron a ensayo según la norma NCh2501/2, se dedujeron analíticamente valores que se indican en la Tabla 4.1.1.

Tabla 4.1.1.
Cargas admisibles promedio⁽¹⁾ obtenidas analíticamente de ensayos con carga centrada a tablonces metálicos ANDECORP - MANUMETAL.

1	2	3	4	5	6
Clase	Carga uniformemente repartida	Carga concentrada en una superficie de 500mm x 500mm.	Carga concentrada en una superficie de 200mm x 200 mm	Carga sobre una superficie parcial	
	kN/m ²	kN	kN	kN/m ²	Superficie parcial Ac m ²
4	9.12	3.42 ⁽²⁾	3.18	7.13	0.4 x A

⁽¹⁾ Corresponden al 60% del límite elástico que presentan los tablonces ensayados.

⁽²⁾ El valor indicado incluye la limitación de deformación máxima absoluta y relativa entre tablonces adyacentes de acuerdo a lo especificado en 5.2.7 de la norma NCh2501/2.

Los valores indicados en la Tabla 4.1.1 permiten clasificar las superficies de trabajo que se obtienen con los tablonces que se sometieron a ensayo como de la Clase 4 de la norma NCh2501/02 cuyas cargas de cálculo (según NCh 2501/02) se muestran en la Tabla 4.1.2.

Tabla 4.1.2.
Cargas de cálculo para las plataformas de trabajo según Norma NCh2501/2.

1	2	3	4	5	6
Clase	Carga uniformemente repartida	Carga concentrada en una superficie de 500mm x 500mm.	Carga concentrada en una superficie de 200mm x 200mm	Carga sobre una superficie parcial	
	kN/m ²	kN	kN	kN/m ²	Superficie parcial Ac m ²
4	3.00	1.80 ⁽³⁾	1.00	5.00	0.4 x A

⁽³⁾ Se reduce la carga de 3kN que establece la norma en 3/5, debido a que el ancho de los elementos de sustentación de la plataforma son de 30cm de ancho; la norma establece que la carga se reduzca proporcional al ancho si este es menor que 50cm.

La norma indica, en su párrafo 5.2.7 que para el caso señalado en la columna 3 de la Tabla 4.1.1, la flecha máxima no debe exceder de 1/100 de la separación entre apoyos. Además, en el caso de superficies de trabajo con una separación entre apoyos de 2m o más, la diferencia máxima de nivel entre dos elementos de sujeción (tablonces) adyacentes, uno cargado y el otro no, no debe exceder de 25mm. Ambas restricciones están consideradas en la obtención analítica de las cargas indicadas en la Tabla 4.1.1.

4.2. Ensayo de las barandas.

Las barandas satisfacen los requerimientos señalados en la norma, puesto que la flecha elástica es menor a 35mm para una carga puntual de 0.3kN y para una carga puntual de 1.25kN no se apreció ni rotura o desmontaje de ella ni se produjo desplazamiento en cualquier punto mayor a 200 mm con relación a la posición original. (Ver Gráficos 17 y 18 del anexo C).

5. VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA NCH2501/1. OF. "REQUISITOS GENERALES".

A continuación se presentan comentarios relativos a requisitos que la norma establece como mínimos. Se enumerarán de acuerdo a la numeración correlativa de la norma NCh2501/1.

8.2 Unión vertical por espiga o manguito

8.2.1 Holgura horizontal no debe exceder 4mm.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

$$\begin{aligned} \phi_{\text{ext. espiga}} &= 38\text{mm} \\ \phi_{\text{int. tubo}} &= 42\text{mm} \end{aligned} \Rightarrow \Delta = 4\text{mm} \quad \text{OK CUMPLE}$$

8.2.2 Altura mínima espiga: sin seguro = 15 cm con seguro = 10 cm.

Los ensayos realizados al prototipo de Andamio ANDECORP - MANUMETAL, se hicieron con una espiga de 14 cm. Para que cumpla estrictamente la norma, la espiga deberá tener 15cm como mínimo. Los resultados obtenidos de los ensayos están por el lado de la seguridad.

9.1 Bases de apoyo

$e_{\text{min.}} = 5\text{mm}$
 $A_{\text{min.}} = 50\text{cm}^2$
 Ancho mínimo = 12cm

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

$$\begin{aligned} e &= 5.5\text{mm} \\ A_{\text{min.}} &= 196\text{cm}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} &\text{OK CUMPLE} \\ &\text{OK CUMPLE} \\ &\text{OK CUMPLE} \end{aligned}$$

Ancho mínimo = 14.0cm

9.3 Bases regulables.

9.3.1 Inclinación máxima posible = 2.5%. (Sin carga y 15cm de penetración)

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

$$\text{En } 150\text{mm se desvía } 2.0\text{mm, } 2/150 = 1.33\% \quad \text{OK CUMPLE}$$

Nota: Se realizaron mediciones para la base del primer nivel fija al primer cuerpo de andamio, obteniéndose 2mm de desviación en 150mm de longitud (1.33%).

- 9.3.2 Penetración husillo en pie derecho debe ser mayor a los siguientes valores: 150mm ó 25% de la longitud del vástago.

Los ensayos se realizaron cumpliendo con estas disposiciones, pues se utilizaron las bases regulables en su posición de mayor penetración en los pies derechos (suelo perfectamente horizontal). Sin embargo, para que las bases regulables cumplan con esta disposición se debe limitar físicamente la altura de regulación de forma que la longitud de la pieza que queda dentro del pie derecho o elemento al que se le desea regular la altura sea de mayor o igual al máximo valor entre 150mm y el 25% de la longitud total del vástago de la base regulable.

10.1.1 Plataformas

Las plataformas deben ser antideslizantes.

Las plataformas deben tener seguros para que el viento no pueda levantarlas.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

Las plataformas son antideslizantes.

OK CUMPLE

Las plataformas tienen seguros para que el viento no pueda levantarlas.

OK CUMPLE

10.2 Protección lateral (barandas protectoras)

Sólo deben poder extraerse en forma intencionada.

Deben ser dobles.

Rodapié de altura mayor a 15cm.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

Sólo se pueden extraer en forma intencionada.

OK CUMPLE

Deben ser dobles

OK CUMPLE

Rodapié posee una altura de 15.2cm.

OK CUMPLE

10.3 Dimensiones

Altura mínima libre mayor a 1.90m.

Altura libre de pasadas mayor a 1.75m.

Ancho de las pasadas mayor a 50cm.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

Altura mínima libre del segundo cuerpo en adelante, 1.952m

OK CUMPLE

Altura libre de pasadas, 1.952m.

OK CUMPLE

Ancho de las pasadas. 60, 90 y 120cm

OK CUMPLE

12 Características exigidas al fabricante

12.1 Características técnicas de todos los componentes.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

El mandante señala que las características mecánicas de los componentes no han variado en el tiempo y que sus proveedores siguen siendo los mismos. Se tienen por lo tanto todas las características técnicas de todos los componentes, sin embargo se sugiere revalidar toda la información proporcionada por sus proveedores.

Faltan las características técnicas de la rodela y de las uniones pie derecho-travesaño. Sin embargo, dichas uniones se ensayaron a tracción, flexión y corte, informándose sus resultados en el presente informe.

Ver Documentos D.1 en Anexo D.

OK CUMPLE

12.2 Instrucciones de Montaje.

Andamio ANDECORP - MANUMETAL:

Se tienen a la vista instrucciones de montaje del andamio ANDECORP - MANUMETAL.

Ver Documento D.2 en Anexo D.

OK CUMPLE

6. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

A continuación se presenta un resumen ejecutivo con los resultados obtenidos de los ensayos.

De los ensayos de flexión simple a los tabloncillos metálicos con apoyos aislados y dos cargas puntuales P , ubicadas, cada una, en los cuartos de la luz, se puede clasificar el tabloncillo como Clase 4, de acuerdo a la norma NCh2501/2:

6.1.-	El valor promedio de la carga puntual centrada máxima obtenida es:	P_{\max}	= 506.2kg.
6.2.-	El límite elástico promedio para las cargas P aplicadas es de:	Límite elástico	= 210.3kg.
6.3.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 200kg.
6.4.-	El valor promedio de la rigidez asociada al límite elástico es:	$k_{\text{elástico}}$	= 18,1kg/mm.

De los ensayos de carga vertical a los pies derechos de marcos metálicos de un nivel:

6.5.-	El valor promedio de la carga máxima obtenida es:	P_{\max}	= 6510kg.
6.6.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 2600kg.

De los ensayos de carga vertical a travesaños de marcos metálicos de un nivel, con carga puntual al centro y luz de 60cm:

6.7.-	El valor promedio de la carga centrada máxima obtenida es:	P_{\max}	= 2381.6kg.
6.8.-	El límite elástico promedio para la carga puntual aplicada es de:	Límite elástico	= 1464.3kg.
6.9.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 950kg.
6.10.-	El valor promedio de la rigidez asociada al límite elástico es:	$k_{\text{elástico}}$	= 285.3kg/mm.

De los ensayos de carga vertical a travesaños de marcos metálicos de un nivel, con carga puntual al centro y luz de 90cm:

6.11.-	El valor promedio de la carga centrada máxima obtenida es:	P_{\max}	= 1688.3kg.
6.12.-	El límite elástico promedio para la carga puntual aplicada es de:	Límite elástico	= 729.1kg.
6.13.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 675kg.
6.14.-	El valor promedio de la rigidez asociada al límite elástico es:	$k_{\text{elástico}}$	= 140.0kg/mm.

De los ensayos de carga vertical a travesaños de marcos metálicos de un nivel, con carga puntual al centro y luz de 120cm:

6.15.-	El valor promedio de la carga centrada máxima obtenida es:	P_{\max}	= 1225.9kg.
6.16.-	El límite elástico promedio para la carga puntual aplicada es de:	Límite elástico	= 539.5kg.
6.17.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 490kg.
6.18.-	El valor promedio de la rigidez asociada al límite elástico es:	$k_{\text{elástico}}$	= 71.5kg/mm.

De los ensayos de carga horizontal en marcos longitudinales, con carga puntual:

6.19.-	El valor promedio de la carga horizontal máxima obtenida es:	P_{\max}	= 307.1kg.
6.20.-	Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:	P_{trabajo}	= 120kg.
6.21.-	El valor promedio de la rigidez asociada el 50% de la carga máxima es:	$k_{50\%}$	= 21.0kg/mm.

De los ensayos de carga horizontal en marcos transversales, con carga puntual:

- 6.22.- El valor promedio de la carga horizontal máxima obtenida es: P_{\max} = 260.4kg.
6.23.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 100kg.
6.24.- El valor promedio de la rigidez elástica es: $k_{\text{elástico}}$ = 2.0kg/mm.

De los ensayos de carga horizontal a dos cuerpos de andamio, con carga puntual en uno de los pies derechos a la altura de la superficie de trabajo, formada por una plataforma apoyada sobre travesaños de longitud de 60cm:

- 6.25.- El valor promedio de la carga máxima obtenida es: P_{\max} = 717.5kg.
6.26.- La rigidez de distorsión en planta de sistema para carga menor a 200kg: k = 14.3kg/mm.
6.27.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 285kg.

De los ensayos de carga horizontal a dos cuerpos de andamio, con carga puntual en uno de los pies derechos a la altura de la superficie de trabajo, formada por dos tablonés apoyados sobre travesaños de longitud de 60cm:

- 6.28.- El valor promedio de la carga máxima obtenida es: P_{\max} = 852.7kg.
6.29.- La rigidez de distorsión en planta de sistema para carga menor a 200kg: k = 8.43kg/mm.
6.30.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 340kg.

De los ensayos de carga en barandas, con carga puntual en el centro:

- 6.31.- El valor promedio de la carga centrada máxima obtenida es: P_{\max} = 285.2kg.
6.32.- El límite elástico promedio para la carga puntual aplicada es de: Límite elástico = 281.2kg.
6.32.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 110kg.
6.33.- El valor promedio de la rigidez asociada al límite elástico es: $k_{\text{elástico}}$ = 11.9kg/mm.
6.34.- Las barandas de andamios ANDECORP - MANUMETAL cumplen con lo señalado por la norma NCh2501/2, en lo referente a esfuerzos y deformaciones.

De los ensayos de carga vertical a tres cuerpos de andamios sobre dos marcos:

- 6.14.- El valor de la carga total vertical máxima aplicada para el andamio en el primer nivel es:
 P_{\max} = 9092kg.
6.17.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 3600kg.

De los ensayos de corte a la conexión del sistema Pie derecho - Travesaño, se puede concluir

- 6.18.- El valor total promedio de la carga aplicada máxima obtenida es: P_{\max} = 3768 kg.
6.19.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:** P_{trabajo} = 1500 kg

De los ensayos de flexión a la conexión del Pie derecho - Travesaño, se puede concluir:

- 6.20.- El valor total promedio de la carga aplicada máxima obtenida es: $P_{max} = 367 \text{ kg.}$
6.21.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:** $P_{trabajo} = 147 \text{ kg}$
6.22.- El valor total promedio del momento aplicado máximo es: $M_{max} = 14678 \text{ kg*cm.}$
6.23.- **Se sugiere un momento de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:** $M_{trabajo} = 5871 \text{ kg*cm}$

De los ensayos de tracción a la conexión del sistema Pie derecho - Travesaño, se puede concluir

- 6.24.- El valor total promedio de la carga aplicada máxima obtenida es: $P_{max} = 5897 \text{ kg.}$
6.25.- **Se sugiere una carga de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:** $P_{trabajo} = 2360 \text{ kg}$

La verificación global de los andamios y sus anclajes al edificio en construcción debe realizarse para cada caso en particular con las solicitaciones (sobrecarga, viento y efectos debido a las irregularidades de montaje) que entrega la Norma NCh 2501/2.Of2000 y las resistencias experimentales admisibles que se destacan en negrita en este capítulo del informe.

El andamio metálico **ANDECORP - MANUMETAL** cumple además con todas las exigencias de la norma NCh 2501/1.Of2000 (ver capítulo 5 de este informe, donde se señalan comentarios sobre diferentes puntos que la norma demanda y lo detectado al realizar los ensayos y verificaciones).

De acuerdo a lo solicitado por la empresa **ANDECORP**, conforme a la carta expuesta en el Documento D3 (Anexo D), se emite el informe DICTUC N° 1067058 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp - Manumetal" con fecha de 05 de marzo del 2013 que corresponde a una copia del informe DICTUC N°647171 "Ensayos Estructurales Andamios Andecorp" emitido en 13/09/2006, referenciándose los andamios con la nomenclatura Andecorp - Manumetal, que corresponden a los mismos andamios analizados de acuerdo al informe DICTUC N°647171 con la nomenclatura Andecorp.



Ing. Jaime Arriagada Rosas
Subgerente Área Ing. Estructural


FELIPE BAHAMONDES CID
Representante Legal

DICTUC S.A.

La información contenida en este certificado no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la aprobación por escrito de Dictuc S.A."

JAR/ACH

Santiago, 05 de marzo de 2013.

c.c.: LIE/2700