



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el
comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón “D” en
la I.E. N° 1190**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTORES:

Rios Galarza, Eusebio Abel (ORCID: 0000-0003-1053-2505)

Torres Celis, Roberto Carlos (ORCID: 0000-0002-0172-6212)

ASESOR:

Mag. Contreras Velásquez, José Antonio (ORCID: 0000-0003-0914-7159)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

En primer lugar, agradezco a Dios, a mi familia por fortificar mis ideales y valores y por su soporte invaluable e incondicional durante todo este proyecto. Torres Celis, Roberto Carlos

A Dios y a mi familia por su apoyo incondicional, por su ayuda y comprensión en cada momento de mi vida, para poder salir adelante. Ríos Galarza, Eusebio Abel

Agradecimiento

Al Mg. José Antonio Contreras Velásquez por el apoyo y las instrucciones brindadas hacia este trabajo y para mi persona.
Torres Celis, Roberto Carlos

En primer lugar, agradezco a nuestro creador Dios, a mi familia por fortalecer mis ideales y valores y por su soporte incondicional durante todo este proyecto de estudio. Ríos Galarza, Eusebio Abel

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de anexos	vii
Índice de abreviaturas	ix
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	19
III. MÉTODO	28
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	29
3.2. Variables y Operacionalización	30
3.3. Población, muestra y muestreo	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5. Procedimientos.....	32
3.6. Método de análisis de datos.....	33
3.7. Aspectos éticos	34
IV. RESULTADOS.....	35
4.1 Recopilación de información.....	36
4.2 Ensayos del concreto.....	37
4.3 Procesamiento de datos	38
4.4 Fuerza cortante Estática en la base.....	40
4.5 Espectro de respuesta	40
4.6 Desplazamiento Laterales Relativos Admisibles.....	41
4.7 Verificación del diseño de las columnas	43

4.8 Diseño de reforzamiento con FRP	47
V. DISCUSIÓN	54
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	61
ANEXOS	68

Índice de tablas

Tabla 1. Juicio de los Expertos	32
Tabla 2. Cuadro de resumen de ensayos – resistencia en columnas cortas	37
Tabla 3. Parámetros actuales de la Edificación.	39
Tabla 4. Cortante estático en la base	40
Tabla 5. Corte dinámico en la base.	41
Tabla 6. Resultados de diseño por flexo compresión	45
Tabla 7. Resultados de diseño por corte	47
Tabla 8. Resistencia nominal por flexo-compresión iterando con diferentes capas de FRP	48
Tabla 9. Incremento de la capacidad por corte en %	48
Tabla 10. Resumen del diseño con FRP	49
Tabla 11. Análisis del ANOVA del flexo compresión.....	49
Tabla 12. Resistencia nominal por corte iterando con diferentes capas de FRP .	51
Tabla 13. Incremento de la capacidad por corte en %.....	51
Tabla 14. Resumen del diseño por corte con FRP	52
Tabla 15. Análisis del ANOVA en la capacidad a corte de las columnas.....	52

Índice de figuras

Figura 1. Visualización de la falla por columnas cuando hay tabiques sin junta..	23
Figura 2. Propiedad del sistema FRP, Norma ACI 440.	25
Figura 3. Ubicación de Colegio Huamán Poma de Ayala.....	36
Figura 4. Vista en planta del primer piso del bloque a evaluar.	37
Figura 5. Comparativo de las resistencias entre esclerometría y diamantina.....	38
Figura 6. Vista 3D del modelo de elementos finitos de la edificación.	39
Figura 7. Espectro de respuesta.....	40
Figura 8. Máxima deriva debido al sismo en X.....	42
Figura 9. Máxima deriva debido al sismo en Y	42
Figura 10. Corte del esfuerzo de la columna.....	43
Figura 11. Verificación del diseño a flexo compresión ratios (D/C)	44
Figura 12. Gráfico de medias de la capacidad a flexo compresión.	50
Figura 13. Gráfico de medias en la capacidad a corte de las columnas.....	53
Figura 14. Acuerdo personal con el director para la intervención del estudio de investigación.....	215
Figura 15. Levantamiento topográfico y dibujado.....	215
Figura 16. Verificación del levantamiento topográfico.	216
Figura 17. Extracción de corazón diamantino.....	216
Figura 18. Corazón diamantino de columna 1 primer piso.	217
Figura 19. Ensayo de esclerometría.....	218
Figura 20. Resane de columna intervenida.	219
Figura 21. Altura de columna corta.....	219

Índice de anexos

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad del (de los) autor(es).....	69
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad del asesor.	70
Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables.....	71
Anexo 4. Verificación por corte de la columna C1-(B-3) con 1 capa de refuerzo FRP.	72
Anexo 5. Verificación por corte de la columna C1-(C-3) con 1 capa de refuerzo FRP	82
Anexo 6. Verificación por corte de la columna C1-(D-3) con 1 capa de refuerzo FRP	92
Anexo 7. Verificación por corte de la columna C1-(B-1) con 1 capa de refuerzo FRP.	102
Anexo 8. Verificación por corte de la columna C1-(C-1) con 1 capa de refuerzo FRP	111
Anexo 9. Verificación por corte de la columna C1-(D-1) con 1 capa de refuerzo FRP	120
Anexo 10. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(B-3) con 5 capa de refuerzo FRP	129
Anexo 11. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(D-3) con 5 capa de refuerzo FRP.	145
Anexo 12. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(C-1) con 5 capa de refuerzo FRP.	162
Anexo 13. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(D-1) con 5 capa de refuerzo FRP.	179
Anexo 14. Ficha técnica de FRP utilizado “SIKAWRAP -300C	196
Anexo 15. Matriz de consistencia.	197
Anexo 16. Verificación de % de similitud del Turnitin.	198
Anexo 17. Resultados de Laboratorio	199
Anexo 18. Correlación del rebote promedio vs resistencia a la compresión del equipo utilizado.	203
Anexo 19. Panel Fotográfico Directivos de la IE.....	215

Anexo 20. Verificación del diseño de la columna de concreto con el software S- CONCRETE	220
Anexo 21. Juicio de expertos.....	223
Anexo 22. Descriptivo de la capacidad a corte de las columnas.....	225
Anexo 23. Descriptivo de la capacidad a flexo comprensión.	225
Anexo 24. Plano de replanteo de planta típica de Arquitectura.....	226
Anexo 25. Plano de replanteo de Estructuras.	227
Anexo 26. Cotización de colocación de FRP en columnas cortas.....	228
Anexo 27. Cotización de colocación de FRP en columnas cortas.....	229
Anexo 28. Certificado de calibración de prensa	230
Anexo 29. Ficha de evaluación.....	233

Índice de abreviaturas

ACI	American Concrete Institute
PNIE	Plan Nacional de Infraestructura Educativa
MINEDU	Ministerio
RNE	Reglamento Nacional de Edificaciones
FRP	Fibra de carbono
CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción
E030	Norma Diseño Sismorresistente
E060	Norma de Concreto Armado
PAN	Poliacrilonitrilo
ETABS	Extended Three-Dimensional Analysis of Building System (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones).
U	Resistencia Requerida
CM	Carga Muerta
CV	Carga Viva
CS	Carga de Sismo
CSx	Carga de Sismo en dirección "x"
CSy	Carga de Sismo en dirección "y"
A_c	Área transversal del concreto en el miembro de compresión, in^2 (mm^2)
A_f	Área de refuerzo externo de fibras, in^2 (mm^2)
A_{fv}	Área de refuerzo al corte con fibras de carbono con espacio s, in^2 (mm^2)
A_p	Área de refuerzo pretensado en zona de tensión, in^2 (mm^2)
A_s	Área de refuerzo de acero no pretensado, in^2 (mm^2)
B	Ancho de la cara de compresión del miembro, in (mm)
b_w	Ancho del diámetro de la sección circular, in (mm)
c	Distancia de la fibra de compresión extremo al eje neutro, in (mm)
C_E	Factor de reducción ambiental
d	Distancia de la fibra de compresión extrema al centroide de refuerzo de tensión, in (mm)

d_f	Profundidad efectiva del refuerzo de fibras de carbono, in (mm)
d_{fv}	Profundidad efectiva del refuerzo de corte con fibra de carbono, in (mm)
d_p	Distancia de la fibra de compresión extrema al centroide de refuerzo pretensado
E_c	Módulo de elasticidad del concreto, psi (MPA)
E_f	Módulo de elasticidad a la tracción de fibras de carbono, psi (MPA)
E_s	Modulo de elasticidad del acero, psi (MPA)
f'_c	Resistencia a la compresión específica del concreto, psi (MPA)
f_{fe}	Tensión efectiva en las fibras; estrés alcanzado en la falla de la sección, psi (MPA)
f_{fs}	Tensión en la fibra de carbono causada por un momento dentro del rango elástico del miembro, psi (MPA)
f_{fu}	Diseño de la máxima resistencia a la tracción de la fibra de carbono, psi (MPA)
f_{fu}^*	Máxima resistencia a la tracción del material de fibras de carbono según lo informado por el fabricante, psi (MPA)
f_s	Tensión en refuerzo de acero no pretensado, psi (MPA)
$f_{s,s}$	Tensión en refuerzo de acero no pretensado en cargas de servicio.
f_y	Límite elástico específico de refuerzo de acero no pretensado, psi (MPA)
h	Espesor total o altura de un miembro, in (mm)
I_{cr}	Momento de inercia de sección agrietada transformada en concreto, in ⁴ (mm ⁴)
k_1	Factor de modificación aplicado a k_v para tener en cuenta la resistencia del concreto.
k_2	Factor de modificación aplicado a k_v para tener en cuenta el esquema de ajuste.
L_e	Longitud de unión activa del laminado de fibra de carbono, in (mm) MDL = Momento por la carga muerta, in.-lb (N-mm)
M_n	Resistencia a la flexión nominal, in.-lb (N-mm)

M_{nf}	Contribución del refuerzo de la fibra de carbono de la resistencia a la flexión nominal, in.-lb (N-mm)
M_{ns}	Contribución del refuerzo del acero a la resistencia a la flexión nominal, in.- lb (N-mm)
M_s	Momento de servicio en la sección, in.-lb (M-mm)
M_s	Momento de servicio en la sección, in.-lb (N-mm)
M_u	Momento factorizado en una sección, in.-lb (N-mm)
N	Número de capas de refuerzo de fibras de carbono
R_n	Fuerza nominal de un miembro SDL = Carga muerta efectiva
S_{LL}	Carga viva efectiva
s_f	Espaciado de centro a centro de las tiras de fibras de carbono, in (mm)
t_f	Espesor nominal de una capa de refuerzo de fibras de carbono, in. (mm)
V_c	Resistencia al corte nominal proporcionado por hormigón con refuerzo de flexión de acero, lb (N)
V_f	Resistencia al corte nominal proporcionado por estribos de fibras de carbono, lb (N)
V_n	Resistencia al corte nominal, lb (N)
V_s	Resistencia al corte nominal proporcionado por estribos de acero, lb (N)
V_u	Resistencia al corte último, lb (N)
w_f	Ancho de las capas de refuerzo de las fibras de carbono, in (mm)
α	Ángulo de aplicación de la dirección de refuerzo primario de fibra de carbono con respecto al eje longitudinal del miembro.
α_1	Multiplicador en f'_c para determinar la intensidad de una distribución de tensión rectangular equivalente para concreto
β_1	Relación de profundidad del bloque de tensión rectangular equivalente a la profundidad del eje neutro
ϵ_{bi}	Deformación en el sustrato de concreto desarrollado por un momento flector dado, in. /in. (mm/ mm)
ϵ_c	Deformación en el concreto, in./in. (mm/mm)

ϵ_c'	Deformación por compresión del concreto no confinado correspondiente a f'_c , in./in. (mm/mm); puede ser tomado como 0.002
ϵ_{cu}	Máxima deformación axial del hormigón no confinado, in./in. (mm/mm)
ϵ_{fd}	Deformación de unión de refuerzo de fibras de carbono unidas externamente in./in. (mm/mm)
ϵ_{fe}	Esfuerzo efectivo en el refuerzo de fibras alcanzado en la falla in./in. (mm/mm)
ϵ_{fu}	Diseño ruptura de deformación de refuerzo de fibras de carbono, in./in. (mm/mm)
ϵ_{fu}^*	Tensión de ruptura final de refuerzo de fibras de carbono, in./in. (mm/mm)
ϵ_{pi}	Tensión inicial en refuerzo de acero pretensado, in. (mm/mm)
ϵ_s	Deformación en refuerzo de acero sin presión, in./in. (mm/mm)
ρ_f	Relación del refuerzo de las fibras de carbono.
ρ_s	Relación del refuerzo no pretensado
ψ_f	Factor de reducción de fuerza
ψ_f	0.85 para flexión (calibrado en función de las propiedades del material de diseño).
ψ_f	0.85 para cizalla (basado en análisis de confiabilidad).
Φ	Factor de reducción de fuerza

Resumen

El problema de la investigación fue ¿De qué manera el diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas de la I.E. N° 1190? El objetivo de la investigación fue determinar cómo el reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas de la I.E. N° 1190.

Esta investigación presenta una evaluación estructural de la I.E. N° 1190 y presenta un método para analizar y diseñar un reforzamiento con fibra de carbono utilizando el procedimiento estipulado en el ACI 440.2r-17.

La fibra de carbono es un material que presenta innumerables ventajas frente a los métodos convencionales: es un polímero 10 veces más resistente a la tracción que el acero (35 500 kg/cm² vs. 4 200 kg/cm²) y mucho más liviano.

En esta investigación se concluye que la propuesta de reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad de las columnas cortas haciéndola cumplir los requerimientos normativos exigidos.

Palabras clave: Columna-corta, Polímero Reforzado de Fibra de Carbono, Reforzamiento Estructural

Abstract

The research problem was: Does the placement of carbon fiber will increase the structural behavior of the short columns of the I.E. N° 1190? The objective of the research was to determine how the reinforcement with carbon fiber will increase the structural behavior of the short columns of the I.E. N° 1190.

This research presents a structural evaluation of the I.E. N° 1190 and presents a method to analyze and design a carbon fiber reinforcement using the procedure stipulated in ACI 440.2r-17.

Carbon fiber is a material that has innumerable advantages over conventional methods: it is a polymer 10 times more resistant to traction than steel (35,500 kg / cm² vs. 4,200 kg / cm²) and much lighter.

In this research, it is concluded that the proposal for carbon fiber reinforcement increases the capacity of the short columns, making it comply with the regulatory requirements demanded.

Keywords: Short Column, Carbon Fiber Reinforced Polymer, Structural Reinforcement

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del Perú existen varios eventos sísmicos que por su magnitud han venido ocasionando daños considerables a las estructuras que existen en todo el territorio nacional. Esto se debe a que el Perú se ubica en una región sísmica y de mayor actividad a comparación que de los demás países en el mundo. Donde las edificaciones educativas no quedan ajenos a estas fuerzas naturales (Muñoz y Tinman, 2001, p. 22).

Las infraestructuras educativas de albañilería confinada y/o aporticado cimentadas antes del año 1997 se establecieron bajo los parámetros de la normativa sismorresistente de 1977, donde se dedicó en dar una adecuada resistencia, descuidando la junta entre tabiques de albañilería y pórtico, es por eso que las estructuras de uso estudiantil manifiestan inconvenientes en las columnas cortas en su sentido longitudinal y alta flexibilidad.

Entonces frente a estos inconvenientes, el gobierno mediante el Ministerio de Educación (MINEDU), integro un Plan Nacional de Infraestructura Educativa (PNIE) donde su objetivo consiste en el mejoramiento total de las edificaciones escolares a en todo el territorio Nacional. Para dicha meta, el MINEDU necesito asistencia de carácter técnico del Banco Mundial en el 2014, donde el fin era desarrollar un plan técnico que consistía en la actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Con la finalidad de incorporar a lo que se conoce como reforzamiento incremental (es decir reforzamiento en etapas) de las infraestructuras escolares modelo 780 que fueron que fueron conceptuadas, diseñadas y ejecutadas antes del año 1997, donde en consecuencia del terremoto de Nazca del año 1996 apareció un año posterior la Norma Técnica de Edificaciones E0.30 Diseño Sismorresistente.

Una Edificación existente puede tener problemas como tener una Estructuración inadecuada, Problemas de Calidad en el concreto, Problemas Patológicos del concreto evidenciándose en exposición y corrosión del acero de refuerzo corrugado de elementos estructurales, un cambio de uso estructural necesitando revisión ante cargas distintas necesitando en consecuencia plantear un reforzamiento estructural a la edificación existente. El reforzamiento de estructuras en el Perú en la actualidad se viene desarrollando en muchos sectores dentro del rubro de la construcción con los materiales y los procesos constructivos convencionales principalmente insertando elementos estructurales nuevos (tales como Columnas, Placas, Vigas de material de concreto armado o Columnas, Vigas

o Arriostres de Acero Estructural), ampliando geometrías de las secciones, rehabilitando la calidad de los materiales existentes o reemplazando por elementos nuevos.

En los proyectos de infraestructura más importantes y esperemos que en el futuro en todo tipo de proyectos de infraestructura privada o pública se usen procedimientos de reforzamiento estructural vinculados con la alta tecnología de los materiales las cuales brindan ventajas en su incorporación, en su uso y en costo frente a los sistemas convencionales. Se clasifica como un polímero a la fibra de carbono, liviano y de resistencia 10 veces mayor a la tracción que tiene el acero (35 500 kg/cm² vs. 4 200 kg. /cm²).

La Justificación del Presente Estudio es resolver una Problemática existente denominada Problema de Columna Corta en las Instituciones Educativas construidas hasta antes del año 1997, en el cual se implantó la Norma E0.30 Diseño Sismorresistente (y resolvió el problema para las infraestructuras educativas posteriormente). Para lo cual se considera los materiales de Fibra de Carbono como insumo para el reforzamiento estructural buscando un comportamiento estructural adecuado y resolver los efectos destructivos en las columnas vinculadas. Para la búsqueda de información sobre la realidad problemática, sobre trabajos previos o sobre teorías relacionadas será necesario considerar la inclusión de lo siguiente: palabras clave del título potencial de la investigación, palabras clave asociadas a las palabras del título potencial de la investigación, palabras clave del tipo o diseño de investigación científica que es de nuestro interés y palabras clave con nombres de técnicas estadísticas.

Entonces en el presente proyecto parte de la base de realidad problemática explicada, se propone el problema general ¿de qué manera el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190? Así también se plantea los problemas específicos como: ¿de qué manera el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190?, ¿de qué manera el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190?

En la presente investigación también se formula el objetivo general como: Determinar como el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190. A su vez también se formula los objetivos específicos como: Determinar como el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190. y Determinar como el Diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190?

También se formula la hipótesis general como: El reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190. Y también las Hipótesis específicas como: El reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190. Y El reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel Internacional se tiene las siguientes referencias como:

Según Carvajal, (2015) Realizo un análisis con el uso de un software apoyado en el sistema de los elementos finitos llamado Seismostruct el cual ayudó a plantear el diseño del reforzamiento con el cual se confirmó que el reforzamiento con fibra de carbono aumento considerablemente su capacidad de la estructura, su OBJETIVO fue analizar las diferentes teorías para reforzar estructuras con hormigón armado y FRP, también desarrollar estructuras a porticadas de hormigón armado, que no cumplan con las condiciones de derivas, torsión además establece comparaciones estructurales antes y después los modelos computacionales de su reforzamiento con FRP (fibra de carbono) edificaciones con y falto de reforzamiento de fibra de carbono (FRP) modelado mediante el software SEISMOSTRUCT basado en elementos finitos, PROPONE que el reforzamiento con FRP aumenta la capacidad estructural de las construcciones convencionales de hormigón armado diseñado bajo un análisis estático CEC 2000 (código ecuatoriano de la construcción) ,se CONCLUYE que el reforzamiento con fibra de carbono aumenta notablemente la capacidad de toda la estructura medida que se deforma proporcionando rigidez.

Según López y Starchevich, (2016) El análisis de las características mecánicas en elementos reducidos de concreto estructurales sujetos a tensiones de compresión al permanecer reforzadas en anillos de fibra de carbono determino la correcta conformación del confinamiento para las demandas requeridas. El OBJETIVO principal es estudiar la incidencia del confinamiento con anillos de fibra de carbono en los elementos estructurales de dimensiones cortas, analizando sus propiedades mecánicas sujetos a tensiones de compresión, PROPONE determinar y evaluar el nivel de incidencia en la configuración de confinamiento sobre el comportamiento tensión-deformación transversal y axial en elementos cortos estructurales de concreto, la cual es reforzado a través de anillos de fibra de carbono así también se establece una relación que se presenta entre la tensión anular que se genera en los anillos de fibra de carbono de acuerdo a su función en la configuración de los mismos en elementos cortos de concreto que están sometidos a los esfuerzos de compresión.

Según Pavisic C, (2017) El reforzamiento y reparación estructural con fibra de carbono es una alternativa que ofrece un gran aumento a la resistencia, pero el costo es elevado en el uso de pilares en edificaciones de hormigón armado. El OBJETIVO principal es, ilustrar el sistema correcto para el reforzamiento o restauración de pilares en el sistema de hormigón armado vulnerables del país. Propone un comparativo de las ventajas y desventajas de las técnicas más utilizadas para el refuerzo de pilares de hormigón armado y un análisis de reforzamiento y costos de una columna tipo para determinar el sistema más conveniente y adecuado a la realidad del país, CONCLUYE que, el reforzamiento con fibra de carbono (FRP) es una alternativa que brinda un incremento en la resistencia a la compresión, pero el elevado costo comparado respecto a las presillas hace que este sistema sea aplicado para proyectos específicos.

En el ámbito Nacional tenemos las siguientes referencias:

Según Rojas, Tito (2018), en su proyecto de investigación se concentra en el diseño de reforzamiento a utilizar en cada elemento estructural (viga y columna corta).El OBJETIVO principal es, determinar el diseño de reforzamiento estructural del pabellón C en la I.E.n°629-6034, PROPONE realizar el reforzamiento estructural obtenidos por el análisis estructural del pabellón C, para el reforzamiento estructural, así también obtener los resultado proporcionados por el diseño sismorresistente del pabellón, CONCLUYE que dos columnas del segundo piso debían ser reforzadas para aumentar su resistencia a las fuerzas cortantes, estas columnas tenían patología de columnas cortas.

Según Cornejo 2019, en su investigación se comprobó que mediante especímenes que representaron a la columna corta se obtuvo como resultado un aumento a la resistencia ante cargas laterales, el OBJETIVO consiste en analizar el comportamiento de la columna corta de concreto armado mecánico ante la carga cíclica ejercida de forma lateral con y sin refuerzo de ubicación externo, PROPONE investigar de forma experimental el comportamiento de las columnas cortas que se encuentran reforzadas con fibra de carbono, ante cargas sísmicas horizontales se aplica esta técnica que consiste en reforzar elementos cortos. CONCLUYE con

resultados de la investigación experimental que el refuerzo ejercido en las bandas de fibra de carbono resulta efectivo y beneficiando, siendo que la carga lateral resiste un 39%. El refuerzo que se ejerce condiciona el espesor de las grietas diagonales por otro lado aumentó la resistencia al desplazamiento máximo, como ultima conclusión los elementos cortos son endebles ante cargas ejercidas de forma lateral el trabajo de investigación concluye que el refuerzo externo con CFRP (reforzamiento con fibra de carbono) es positivo en ampliar la resistencia al corte (resistencia lateral), la capacidad de deformación además es invasiva y muy práctica.

Según Vilca, (2017) en su tesis denominado “Diseño del refuerzo estructural de un edificio mediante fibras de carbono aplicando la norma E.030 2016-Huaraz, 2017”, el OBJETIVO es, estudiar el estado actual de edificio a nivel estructural mediante fichas técnicas de inspección y planos del proyecto, luego mediante el software ETABS v.16 modelar la estructura del edificio aplicando la norma de edificaciones E.030 2016. Así también diseñar el reforzamiento estructural aplicando la fibra de carbono utilizando el código ACI (American Concrete Institute) 440.2R-08. CONCLUYE la ficha de registro de información permitió una mayor evaluación de la estructura y como está formada el edificio, la cual fue confirmada con los planos estructurales, así también la aplicación de la norma E.030 2016 en el modelamiento del edificio en el software ETABS v.16 señalando que la estructura no cumple con los estipulaciones por la norma mencionada, entonces se define la necesidad de diseñar un refuerzo con fibra de carbono sika carbodur S1214, de acuerdo a los parámetros establecidos por el código ACI 440.2R-08. El diseño tiene un incremento significativo ante la carga última y la resistencia de los componentes estructurales. Dentro de la presente investigación también se contempla teorías relacionadas al tema que complementan la investigación.

Columnas cortas La columna corta se genera cuando la altura libre de la columna (entre viga y losa) se ve disminuida por un elemento no estructural restringiendo su capacidad de deformarse en un sismo.

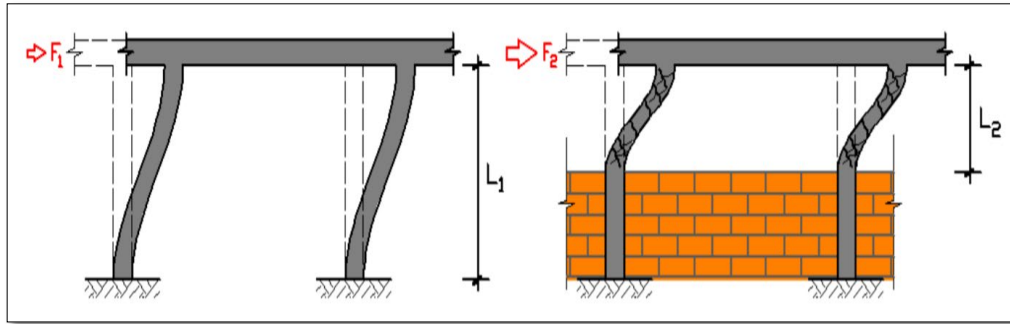


Figura 1. Visualización de la falla por columnas cuando hay tabiques sin junta.

El confinamiento de columnas por muros no estructurales hace que dicho muro y parte de la columna trabaje conjuntamente como un muro rígido y que la parte libre de la columna (entre la ventana) trabaje como una pequeña columna lo cual su deformación será mayor para lo cual fue calculada la columna completa.

Fibra de carbono

Se le define como un polímero formado por el calentamiento, de forma consecutiva, a elevadas temperaturas que oscilan hasta 1500 ° C, otro polímero llamado poliacrilonitrilo. El propósito del recalentamiento consiste en formar cintas, de lo más alineadas, el nombre está determinado por su composición química en forma de grafito de casi carbono puro

Tiene muchas ventajas la cual lo lleva a tener mucha acogida por el área de ingeniería, donde las aplicaciones pueden a requerimiento de una estructura así también como la característica que cuenta la fibra en su aplicación, es decir pueden ser colocadas al contorno o de forma horizontal en las secciones que se desee reforzar. Cabe resaltar que este elemento trabaja con aditivo epóxico especial que alcanza una total adherencia entre el nuevo material y el concreto, formándose una capa externa que cumple la función de reforzamiento mejorando el soporte de cargas y evitando deflexiones excesivas causadas por sobrecargas. Así mismo este elemento se encuentra normado y estandarizado por el American Concrete Institute (ACI) y por las empresas dedicadas a la fabricación de las fibras.

La fibra de carbono tiene como características en temperatura, humedad, factores ambientales y su tiempo en que toma la aplicación viene a ser factores que

intervienen de manera directa en el trabajo del sistema FRP, donde la condición se debe evaluar, de manera general, los imprimantes, las resinas y los adhesivos los cuales son muy susceptibles porque no trabajan de manera adecuada.

Configuración

La fibra de carbono a lo largo de su uso en los años ha estado cambiando su configuración, ya que se han industrializado. Actualmente el 90% de estos productos están conformados por poliacrilonitrilo (PAN). El otro 10% están conformado por rayón o aceite. Siendo estos materiales de composición de polímeros orgánicos, donde las moléculas se caracterizan en forma de cadenas unidas entre ellas a nivel de átomos de carbono. Se debe tener en cuenta que la fabricación del material depende de cada empresa que los fabrica, y la materia prima exacta también depende de la característica de la fibra de carbono a solicitud del cliente (Zoltek, 2017).

Ventajas de la Fibra de carbono (FRP)

- a) Composición ligera, facilita su trabajabilidad y no incrementa la carga a los elementos estructurales.
- b) Espesor mínimo, no modifica las dimensiones de la arquitectura.
- c) De composición resistente a la fuerza a tracción y a la corrosión.
- d) Su instalación es práctica, debe ser realizado por personal calificado en la instalación correcta, los cuales deberían contar con una capacitación de los fabricantes en el manejo e instalación del producto, porque un error en la preparación de la superficie o forma incorrecta de instalación, entre otros errores posibles en el procedimiento de instalación conllevaría a la falla prematura del sistema FRP.

Desventajas de la Fibra de carbono (FRP)

- a) El precio de la fibra de carbono aún sigue siendo elevado.

- b) Después de que la fibra de carbono falla esta no puede ser reparada se tiene que desechar.
- c) La fibra de carbono no es fácilmente reciclable.
- d) Tiene un mal comportamiento contra incendios necesita una capa de protección adicional para conservar sus propiedades mecánicas.

Propiedades Principales

El sistema ACI 440, valora la posibilidad de elaborar los diseños de las estructuras incorporando las propiedades de la sección compuesta (Método 1) o de las propiedades únicas de las fibras (Método 2) señalando las características de los métodos de refuerzo comunicadas por los fabricantes al ACI 440.

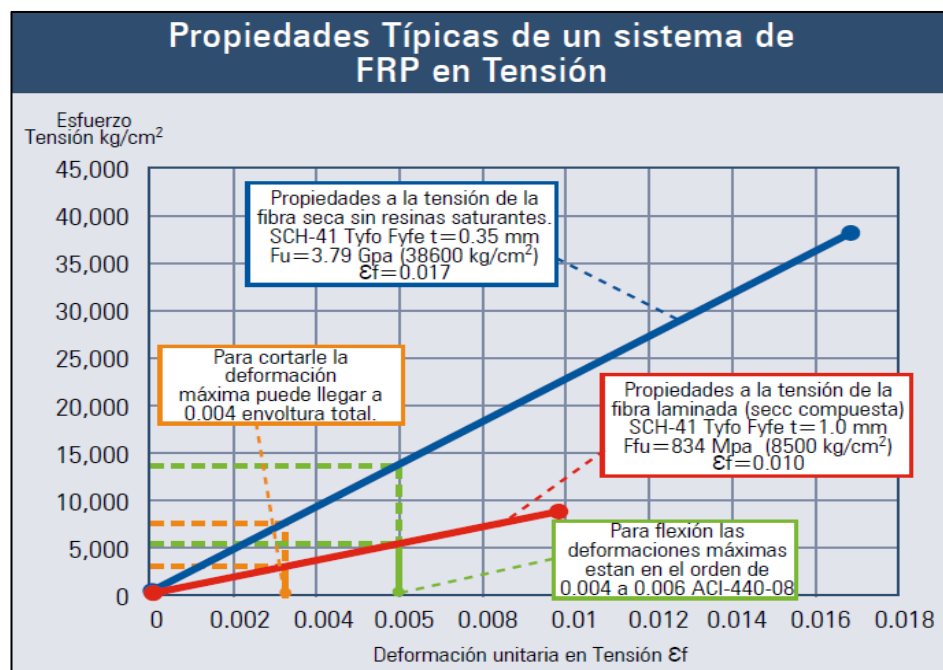


Figura 2. Propiedad del sistema FRP, Norma ACI 440.

En la actualidad existe un tipo de fibra mayormente utilizados, como se muestra en la ilustración anterior las propiedades donde se distingue del sistema compuesto, el rango de esfuerzos, así también las deformaciones considerables para cortante o flexión. La línea de color azul indica las propiedades que únicamente son fibras de carbono, las cuales pueden adoptar esfuerzos en

expresión de tensión en valores de 38,000 kg/cm² hasta la deformación unitaria denominada por falla dentro del orden de 1.7%.

En la figura 2, se muestra la línea de color rojo referido a las propiedades de las fibras, pero ya saturadas con las resinas (sección compuesta) siendo éstas resisten tensiones nominales del grado de 8,500 kg/cm², y también un orden de 1.0% reflejado en las deformaciones unitarias de falla. Por otro lado, es importante entender que estos valores son determinados de acuerdo a ensayos realizados a tensión dentro de laboratorios calificados. Por otro lado, el diseño de un elemento por cortante, flexión u otros máximos valores de deformaciones a nivel unitario para las fibras que serán utilizadas a manera de refuerzo tendrán valores inferiores, esto es de debido a la adherencia de las fibras al concreto y antes de agrietarse.

Aplicación (FRP)

En la actualidad existen diferentes metodologías en la aplicación de las láminas de fibra de carbono, utilizadas en las estructuras como refuerzo. La técnica para el empleo de la fibra. Y entre otras el carbono colocado en vigas de hormigón armado es el siguiente (Helene, 2003):

- a) Para la colocación, primero se debe mantener limpia la superficie donde va a colocar la fibra, la cuales debe estar libre de polvo, grasas, aceites, entre otras, etc. La finalidad de la limpieza es eliminar toda partícula suelta que afecte en la adherencia entre el concreto y la fibra de carbono.
- b) Posteriormente se aplica el imprimante epóxico con si fuera a una pintura a través del rodillo, donde el objetivo es la adherencia correcta al concreto. Seguidamente se procede a rellenar con una especie de pasta epóxica con la finalidad de rellenar los huecos para que no afecte la superficie del concreto que entrara en contacto, por otro lado, de existir las famosas cangrejas o fisuras profundas se debe rellenar con mortero.
- c) Seguidamente se procede a preparar la superficie de concreto envolviendo a la superficie con un saturante epóxico con la finalidad de humedecer las fibras secas y conservar de manera correcta la dirección y posición de las fibras. Su alta viscosidad, facilita el manejo de la fibra y su correcta aplicación. También,

el saturante reparte los esfuerzos de las fibras apoyando a protegerlas de los factores externos como ambientales y también la abrasión.

- d) Luego se cortan a medida las láminas de fibras de carbono de acuerdo al diseño calculado en la sección, posteriormente se colocan de manera cuidadosa sobre la superficie del concreto, donde lo que nos permite que las láminas de fibras de carbono y el comiencen a absorber el saturante.
- e) Luego que la fibra absorbe la primera capa se procede a aplicar una segunda capa con el saturante hasta cubrirla.
- f) Finalmente, culminada las colocaciones se aplica una capa como acabado cuya finalidad es cubrir totalmente sin que quede expuesto el reforzamiento con fibra de carbono, obteniendo una apariencia parecida al concreto y logrando proteger a la fibra de carbono de los agentes externos que lo puedan dañar.

III. MÉTODO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Hernández, R., sostiene que investigación cuantitativa: “Utiliza los datos recolectados con el fin de comprobar la hipótesis basada en la medición y el análisis numérico representado de forma estadística establecida en modelos de comportamiento y comprobación de teorías”.

Según la naturaleza del objetivo de la investigación es de carácter aplicativo por que busca mediante la experimentación evaluar el incremento en el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón D con la aplicación del diseño del reforzamiento con fibra de carbono y los beneficios se obtendría al usar este.

Diseño de Investigación

El presente proyecto de investigación tiene un diseño experimental. Toda vez que el investigador manipulara directamente la variable independiente a fin de observar cómo afecta en la variable dependiente con la finalidad de describir de qué modo contribuye el diseño del reforzamiento con fibra de carbono. Al incremento en el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón D. Esta investigación busca solucionar el problema de falta de capacidad de las columnas corta utilizando los criterios del ACI 440.2r-17. Según Hernández y Mendoza (2018), “la investigación aplicada busca resolver problemas” (p.xxiii). A su vez, los especialistas del CONCYTEC (2018) precisaron: “Está enfocada a describir a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías) entonces por los cuales podemos cubrir con la necesidad reconocida y específica.” (p. 43). Por lo tanto, esta investigación es **aplicada**.

Los parámetros de las variables de esta investigación son cuantificables. Según Alfaro (2020) “La investigación cuantitativa recoge datos de naturaleza cuantitativa y se soporta en la estadística” (p. 11); además, “las investigaciones cuantitativas siguen un procedimiento estructurado y predecible (un proceso), donde se debe lograr que las decisiones más importantes referentes sobre los

métodos que se toman previamente a la recolección de los datos” (Hernández et al., 2014, p. 6). Entonces por lo tanto la investigación es **cuantitativa**

El diseño es **experimental** ya que tiene una variable independiente que es el diseño del reforzamiento con fibra de carbono y una variable dependiente que es el comportamiento estructural de columnas cortas. Una investigación experimental es cuando se manipulan de manera intencional una o más variables independientes (supuestas causas antecedentes) con la finalidad de analizar las posibles consecuencias que incurren en tal manipulación que tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos consecuentes) todo esto dentro de una condición de control para el apoyo del investigador (Privitera, 2017; Fleiss, 2013 y O'Brien, 2009).

3.2. Variables y Operacionalización

Variable Independiente: Diseño del reforzamiento de fibra de carbono.

- A. Definición conceptual: La fibra de carbono es un material compuesto hecho por fibras conformando una resina de varios tipos de polímeros, esta ha emergido como una opción viable para la reparación y la rehabilitación de estructuras. (ACI 440_2R-17).
- B. Definición operacional: Se diseñará la cantidad de refuerzo siguiendo los criterios del ACI 440.2R-17 para de esta forma incrementar la capacidad. Se usarán las siguientes dimensiones: Características geométricas y Características del material.
- C. Indicadores: Espesor nominal de un pliego de refuerzo de FRP (tf) medido en milímetros (mm), Ancho del pliego de refuerzo de FRP (wf) medido en milímetros (mm) y Números de pliegos de refuerzo de FRP (N) medido en unidades (Und).

Variable Dependiente: Comportamiento estructural de la columna corta.

- A. Definición conceptual: Se define como el efecto de la columna corta, donde se restringe de manera parcial durante el desplazamiento en dirección lateral de

la columna, es por lo que generalmente las paredes de albañilería se utilizan ventanas, donde se concentra en el área libre de esfuerzos cortantes mayores que los correspondientes si la misma columna estuviese libre en toda su altura. (ASCE 41-17).

- B. Definición operacional: Se medirán mediante las consecuencias entre la colocación de la fibra de carbono en la estructura en las columnas cortas. Se medirá la rigidez global de la estructura, las fuerzas interiores. Se usarán las siguientes dimensiones: Rigidez global de la estructura y Capacidad de la sección reforzada.
- C. Indicadores: Variación de Derivas medido en variación porcentual (%), Capacidad a flexo-compresión medido en toneladas por metro (ton/m) y Capacidad a corte medido en toneladas (ton).
- D. Escala de medición: Para la capacidad a flexión y la capacidad a corte será nominal. Para la variación de derivas será de razón.

3.3. Población, muestra y muestreo

A continuación, se detalla los conceptos asociados a población, muestra, muestreo y unidad de análisis:

- A. Población: Todas las columnas cortas del pabellón “D” del nivel primario de la Institución Educativa (I.E) N° 1190.
- B. Muestra: Las 6 columnas céntricas del pabellón “D” del nivel primario de la Institución Educativa (I.E) N° 1190.
- C. Unidad de análisis: Una unidad de columna corta.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas.

En esta investigación se utiliza la técnica del modelado en un programa de elementos finitos y en la recolección de información o datos visuales, los instrumentos fueron modelación del ETABS. La finalidad es proponer un diseño estructural y de calidad de los materiales que se van a utilizar, por ende, se realizó

los lineamientos escritos en las Normas Técnicas Peruanas N.T.E. 030 2018 y la N.T.E. 060 y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Se realizó el modelamiento de la edificación en programa ETABS y uso del programa SIKACARBODUR.

Instrumento de investigación

Software ETABS, Excel y SIKACARBODUR

Análisis de confiabilidad y validez

La confiabilidad la da el nivel de precisión del programa debido a que se está utilizando un programa de elementos finitos, el modelo cumple con los criterios mínimos utilizados en la ingeniería convencional.

La validez está determinada a través de un instrumento de medición que se evalúa según la representación entre las variables con la finalidad de pretender medirla. (Hernández, Fernández y Baptista, 2016).

Se establece la confiabilidad de un instrumento mediante una medición de los erros reflejados en las variables. Es decir, la relación de la razón para las varianzas de puntuación verdadera y la puntuación que es observada (Namakforoosh, 2005).

Es decir, la validez que tienen los resultados se realiza a través de la verificación en los ejemplos resueltos vs los resultados del programa que se encuentra en el manual de usuario del software.

Tabla 1. *Juicio de los Expertos*

N°	Nombre de Expertos	Pertinencia	Relevancia	Claridad
1	Ricaldi Porras, Hernan Kennedy	✓	✓	✓
2	Becerra Diaz, Kevin	✓	✓	✓
3	Joel Alfredo Castilla Mateo	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia, 2020

3.5. Procedimientos

Se realizó el modelamiento de la edificación en el programa ETABS. Se colocó las cargas de diseño y se obtuvo los resultados de las fuerzas interiores y las deformaciones totales. Luego se modelará la sección de las columnas cortas y se colocaran las fuerzas interiores obtenidas en el programa SIKACARBODUR para obtener dimensiones y espesores óptimos de la fibra de carbono. Se colocarán los resultados obtenidos en un cuadro y se describirá el procedimiento realizado para que pueda ser utilizado de referencia en otros diseños.

3.6. Método de análisis de datos

La investigación científica busca la recopilación de la información lógica donde se plantea por la propuesta de investigación, así como se prueba la hipótesis, para posteriormente llevar a discusión de los resultados obtenidos y las referencias planteadas en la investigación, para al final llegar una conclusión. Donde el método se considera una herramienta de propósito importante de la ciencia, porque sirve como fundamento para manifestar un argumento válido (Valderrama. 2002, p. 76)

En la presente investigación científica de tendrá como punto de inicio el método científico, a través de la recolección de información, la cual se organizara y se estudiara la estructura en su estado actual y posteriormente se diseñara el reforzamiento con la finalidad que mejore la funcionalidad de las columnas cortas ante cualquier fuerza sísmica, al finalizar se procederá al análisis de datos mediante el programa EXCEL, en cuadros comparativos y gráficos de acuerdo a la aplicación de la fibra de carbono en el reforzamiento de las columnas cortas.

- Análisis estadístico, gráficos
- Análisis cuantitativo (diseño de reforzamiento)

También realizaremos la prueba de la hipótesis de la capacidad a flexo comprensión y a la capacidad a corte de las columnas con el programa SPSS versión 25, y el estadístico de Anova que compara las medias de dos o más grupos. Este procedimiento nos permitirá evaluar las hipótesis a través de la significancia, donde se acepta o rechaza dicha hipótesis nula o alterna.

3.7. Aspectos éticos

Se puede considerar la ciencia con fin el estudiar la moral y la conducta humana que nos aproxima a la generación del conocimiento entre lo bueno y lo malo, propone una estimación moral de los actos que tiene los seres humanos es decir como:

- A. Respeto: Se reconoció la capacidad y los derechos de todas las personas de decidir voluntariamente y con la información adecuada si va a participar o no de esta investigación. El director de la I.E. 1190, estuvo totalmente de acuerdo en la realización de esta investigación y dio su conocimiento escrito.
- B. Beneficencia: Se buscó proteger a los usuarios de la institución educativa proponiendo una solución que sea optima y practica para solucionar los problemas detectados en la evaluación estructural.
- C. Justicia: Se propuso la mejora en la infraestructura de la I.E. 1190 para una mejor calidad en la educación por el lado de la seguridad de la estructura.

IV. RESULTADOS

4.1 Recopilación de información.

Es en este capítulo del proyecto de investigación consistirá en plasmar la recolección de información evaluada a la edificación educativa de forma cuantitativa y detalla con finalidad de identificar el estado actual en datos numéricos, para posteriormente plantear el diseño del reforzamiento de las columnas cortas con fibras de carbono.

4.1.1 Ubicación del proyecto.

La evaluación cuantitativa del proyecto de investigación se desarrollará en la Institución Educativa N°1190 Felipe Huamán Poma de Ayala está localizada en Jr. Independencia Cdra. 5 Nro. S/n, Asentamiento Humano Moyopampa (Altura de la Central Hidroeléctrica Juan Carossio, en el distrito de Lurigancho – Chosica).

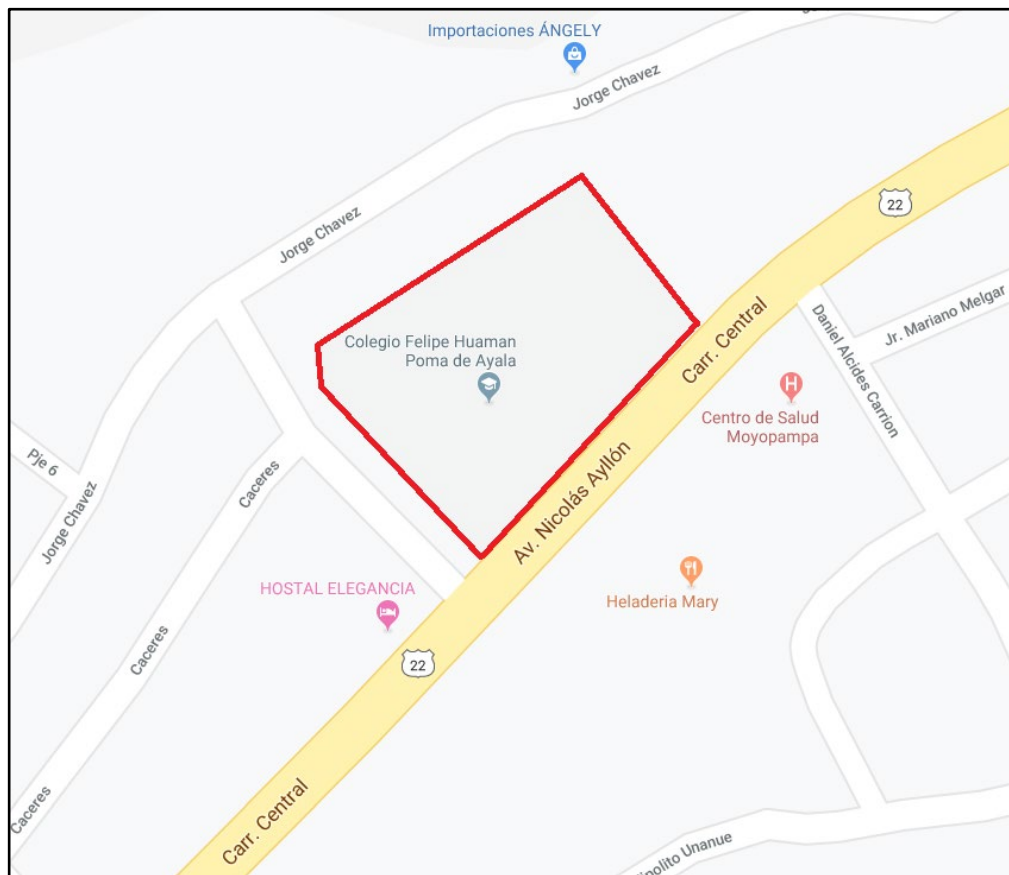


Figura 3. Ubicación de Colegio Huamán Poma de Ayala

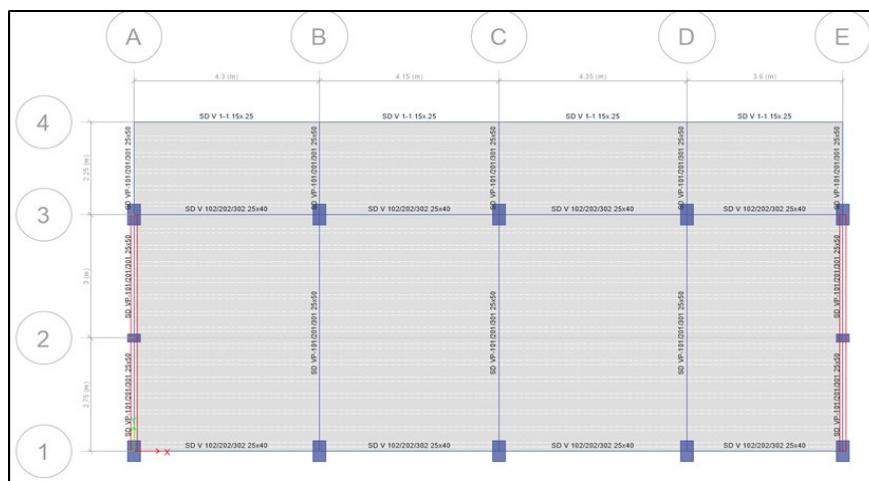


Figura 4. Vista en planta del primer piso del bloque a evaluar.

4.2 Ensayos del concreto.

El ensayo con esclerómetro es un ensayo no destructivo, se usa como técnica comparativa, su finalidad es recoger información real de la resistencia del concreto y poder examinar ingresando toda la información de la edificación en el software para su posterior análisis en el software ETABS, con la finalidad de verificar su comportamiento actual de la edificación y su posterior planteamiento de diseño de reforzamiento de las columnas cortas. Dentro de la evaluación del pabellón se eligió 6 columnas, para realizar el ensayo del esclerómetro se pasó a retirar el tarrajeo para hacer la prueba directo a la columna.

Tabla 2. Cuadro de resumen de ensayos – resistencia en columnas cortas

NIVEL EDIFICACIÓN	Muestra	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)	
		Esclerometría	Diamantina
PISO 01	C-1	180	192.9
	C-2	238	208.5
	C-3	165	178.6
PISO 02	C-1	250	205.7
	C-2	210	188.5
	C-3	140	165.2
Promedio		197.2	189.9

Fuente: elaboración propia, 2020.

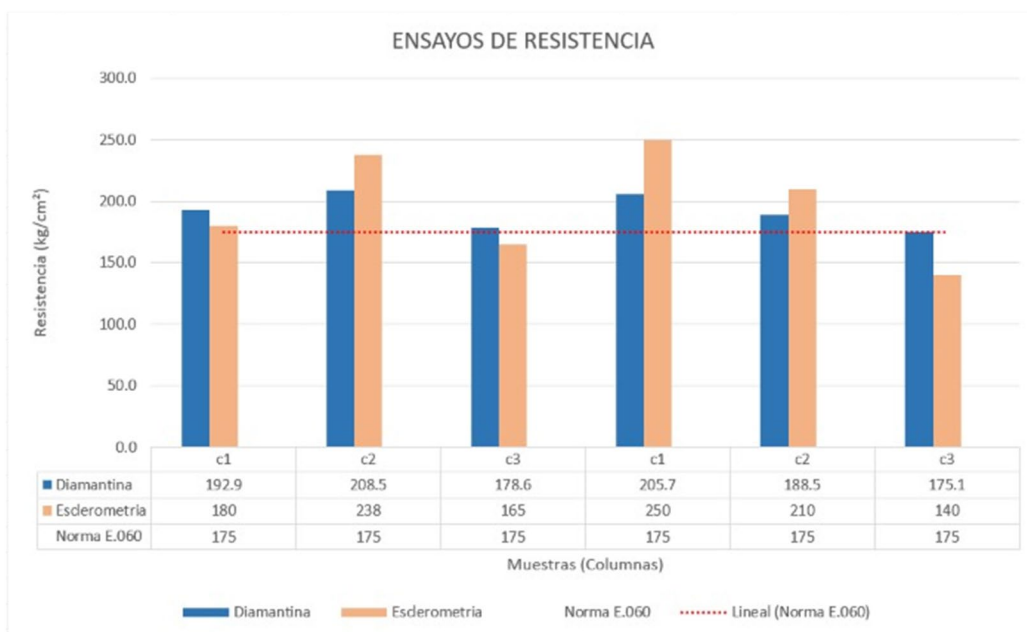


Figura 5. Comparativo de las resistencias entre esclerometría y diamantina.

De acuerdo a los resultados de los ensayos obtenidos en la obtención de la resistencia a la compresión por esclerometría y por diamantina, se puede verificar que las columnas cortas sufren de carencia de resistencia, como se muestra en la siguiente figura, es por eso que se procede al diseño del reforzamiento con la finalidad de que se cumpla lo requerido por la norma E.030.

Según el gráfico se puede identificar el comportamiento actual de la edificación en cuanto a resistencia del concreto en los elementos estructurales, tanto para el primer piso y el segundo, también se puede verificar que las resistencias no cumplen con lo establecido por la norma E.060.

Se obtuvo un resultado de 189.9 kg/cm² en promedio de la resistencia a la compresión de las columnas cortas determinado en la selección de muestra por prueba de diamantina y su posterior prueba de resistencia. Se utilizó un valor de **175 kg/cm²** en el modelo.

4.3 Procesamiento de datos

Una de vez concluida la recolección de la información preliminar, como resistencia del concreto actual en las columnas cortas, zonificación sísmica factor de uso, entre otras como se muestra en la Tabla N° 2. Se realizó un modelamiento

en el software ETABS, con la finalidad de obtener una vista actual (figura 6), de la estructura e identificar mediante el modelamiento su comportamiento que sufre la estructura.

Tabla 3. *Parámetros actuales de la Edificación.*

PARÁMETROS SÍSMICOS	
Parámetro	Valor
Z	0.45
U	1.50
S	1.10
C	2.50
Rx	3.00
Ry	3.00
Carga Viva	300 kg/cm ²
Carga Muerta	550 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con estos valores identificados se procede a elaborar un análisis matemático del comportamiento actual de la edificación.

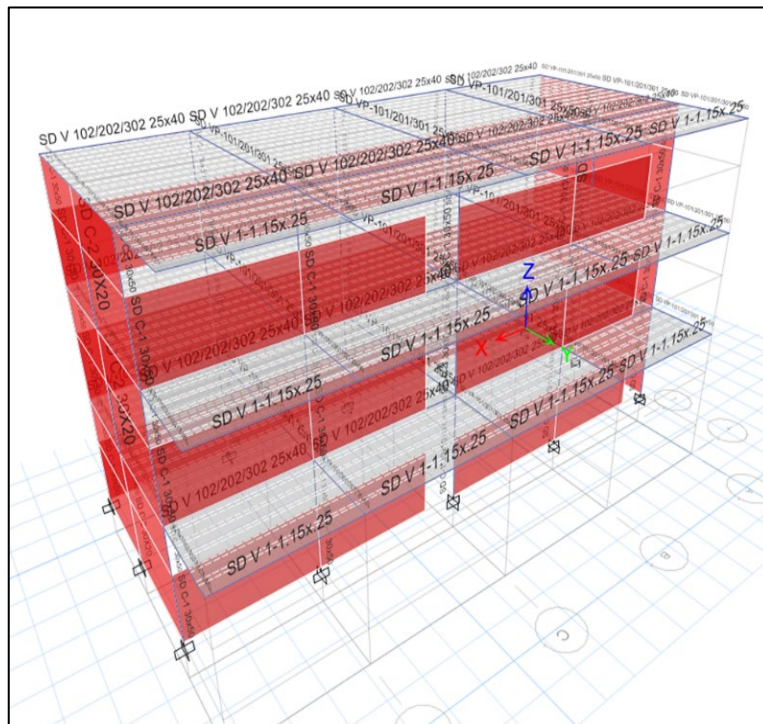


Figura 6. Vista 3D del modelo de elementos finitos de la edificación.

4.4 Fuerza cortante Estática en la base.

La fuerza cortante en la base, según la norma E.030 2018, se calcula con los parámetros sísmicos y el peso de la edificación, donde el peso sísmico se determinó de la siguiente manera en el software ETABS. Obteniendo la siguiente tabla de resultados con los valores de fuerzas cortantes estáticas. Todo el proceso de cálculo está en el Anexoj, y a su vez presentamos el siguiente resumen.

Tabla 4. Cortante estático en la base

Descripción	Peso (Tnf)	Fuerza Vestb - X	Fuerza Vestb - Y
Modulo	415.32	256.984	256.984

Fuente: ETABS, 2020.

4.5 Espectro de respuesta

En la siguiente figura 7 se presenta el espectro de respuesta de diseño del edificio que se utilizó para el análisis sísmico dinámico modal-espectral:



Figura 7. Espectro de respuesta.

En la cual se obtiene, los siguientes datos:

Tabla 5. Corte dinámico en la base.

Descripción	Peso (Tnf)	Fuerza Vdinb - X	Fuerza Vdinb - Y
Modulo	415.32	216.33	206.49

Fuente: ETABS, 2020.

Según la norma de diseño sismo resistente E.030 2018 en el artículo 29.4.1 dice que, la fuerza cortante mínima en la base obtenida del análisis dinámico no debe ser menor que el 80% de la fuerza cortante en la base calculada en el análisis estático para estructuras regulares. Si se obtiene un valor menor, los resultados en análisis sísmico dinámico (excepto los desplazamientos) se pueden escalar para cumplir esta condición.

$$\frac{V_{dinbx}}{V_{estbx}} = \frac{216.33}{256.98} = 84.18\% > 80\%$$

$$\frac{V_{dinby}}{V_{estby}} = \frac{206.49}{256.98} = 80.35 > 80\%$$

Por lo tanto, se empleará un factor de escala de:

- Dirección en X de 1.00
- Dirección en Y de 1.00

4.6 Desplazamiento Laterales Relativos Admisibles.

Según la norma E030, es necesario controlar los desplazamientos relativos generados por las fuerzas sísmicas. Para estructuras de albañilería, la deriva o drift máxima de la edificación (Δ/h_e) no debe ser mayor que 0.005. Se realizó el cálculo de derivas para las dos direcciones principales.

Como se puede apreciar en las figuras (8) y (9), la estructura actual muestra una deriva máxima de 0.003 en dirección X y una deriva máxima de 0.001 en

dirección Y. Por lo tanto, se concluye que la estructura cumple con las exigencias mínimas normativas.

Según el ACI 440.2R-17 (pág. 37,), el incremento de rigidez y de masa debido al reforzamiento con FRP es despreciable. Por lo que las derivas no deberían de alterarse.

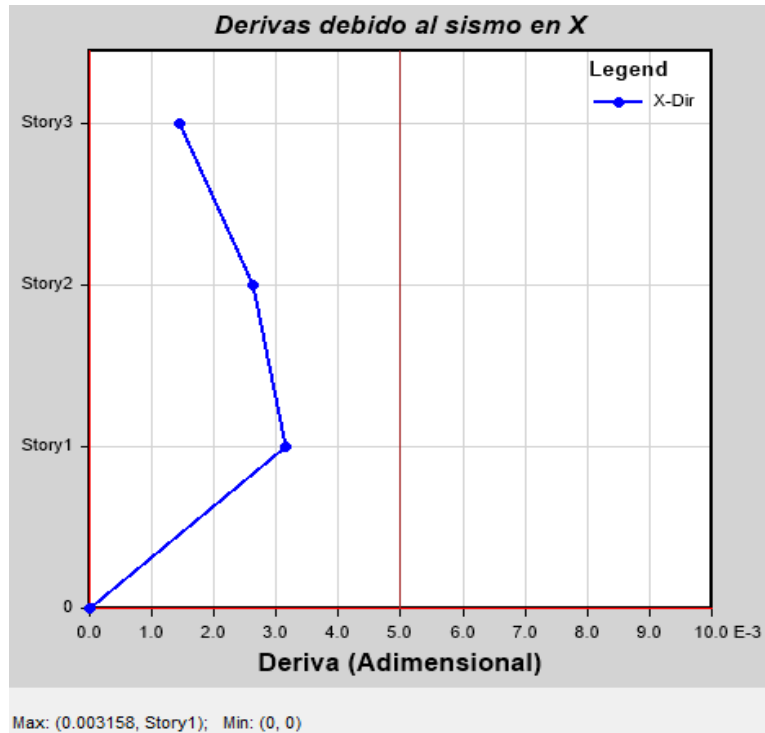


Figura 8. Máxima deriva debido al sismo en X

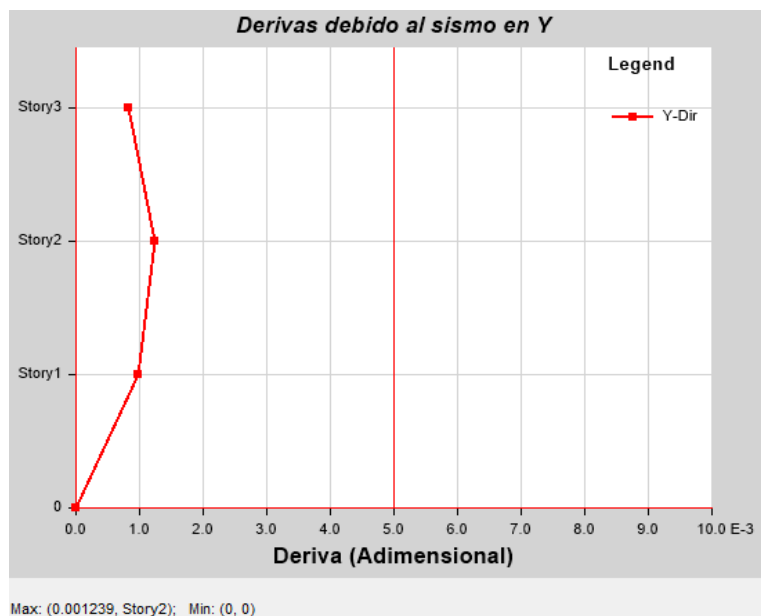


Figura 9. Máxima deriva debido al sismo en Y

4.7 Verificación del diseño de las columnas

Las columnas son elementos estructurales verticales que cumplen la función de transmitir las cargas de la estructura al suelo. En sistemas donde predominan los muros de corte (placas de concreto o muros de albañilería), se permite detallar las columnas como elementos intermedios siempre y cuando se cumpla con la resistencia requerida.

Para la verificación de columnas, se escogió como ejemplo las columnas cuadradas que tienen los vanos sin junta, ya que se considera que son las columnas donde se forma el fenómeno de columna corta.

Las columnas se comportan principalmente a flexo-compresión y corte, para lo cual se verificó el refuerzo de 10 barras de 3/4" de refuerzo longitudinal de acero y un estribo de 3/8" cada 150 mm.

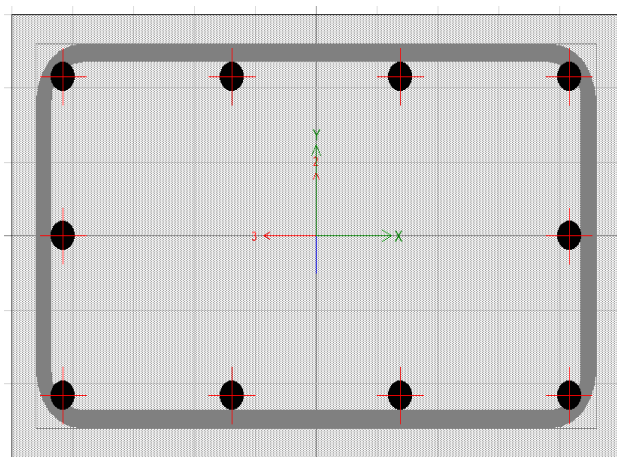


Figura 10. Corte del esfuerzo de la columna

4.7.1 Verificación del diseño por flexo compresión.

Para la verificación de resistencia, se empleó la opción de diseño del programa ETABS. Se modeló la sección de la columna con la distribución del refuerzo existente y el programa verificó que la sección cumpliera con la resistencia requerida. Para verificar la resistencia de las columnas, se emplea las ratios de demanda/capacidad (D/C), los cuales reflejan la relación entre la resistencia requerida y la resistencia disponible de estos elementos. De este modo, estas ratios

deben ser menores a la unidad, pues eso significa que la resistencia requerida es menor a la resistencia disponible.

El programa ETABS genera automáticamente curvas de interacción a distintos ejes de la sección generando una superficie de interacción. Luego, procede a ubicar las cargas resultantes del análisis en el mismo espacio y traza una recta que une el origen con el punto definido por la combinación de carga. El indicador de capacidad por flexo compresión es calculado como el cociente entre la longitud del segmento que une el origen con la combinación de carga y el segmento que une el origen con la intersección de la recta con la superficie de interacción. Las ratios D/C de las columnas se muestran a continuación:

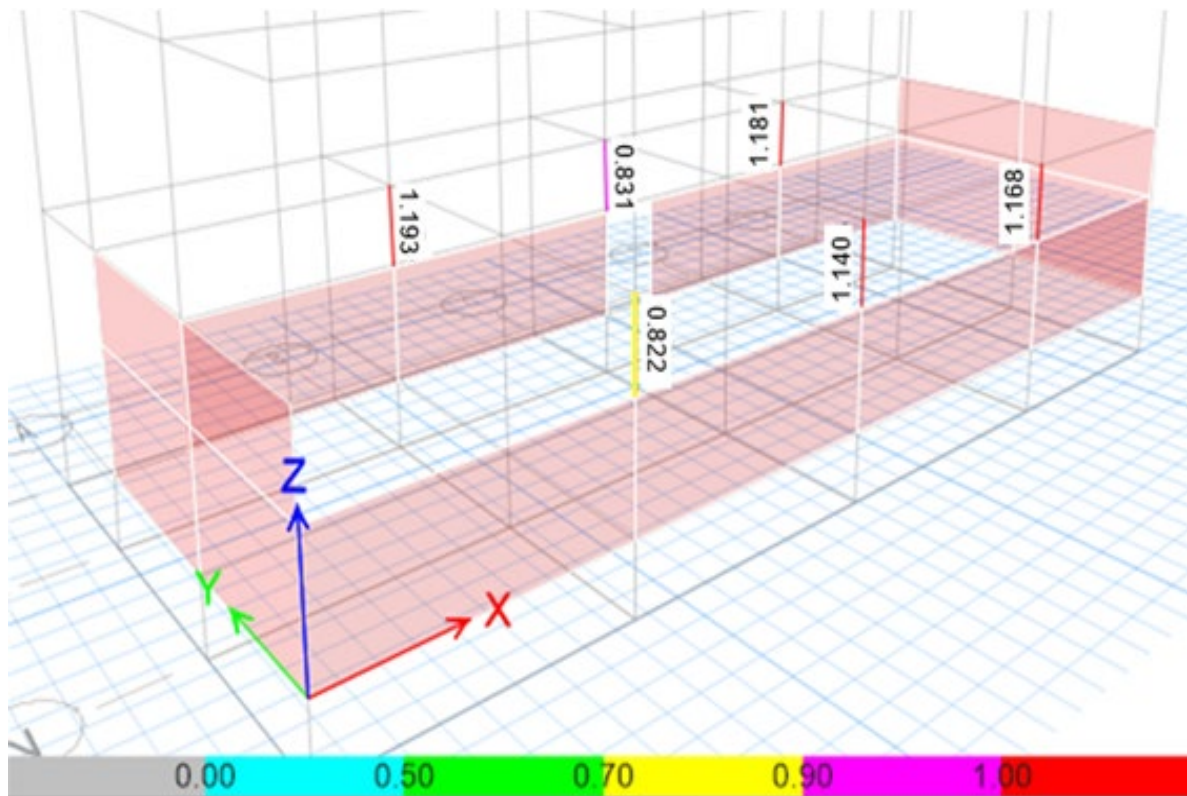


Figura 11. Verificación del diseño a flexo compresión ratios (D/C)

Se tiene que la mayor ratio D/C de las columnas es de 1.193; por lo tanto, hay cinco columnas que no cumplen por resistencia a flexo-compresión. Los resultados para las columnas son los siguientes:

Tabla 6. Resultados de diseño por flexo compresión

Col	Pu (KN)	Lo que llega Mu x (KN.m)	Lo que llega Mu y (KN.m)	Lo que debería resistir Mus (KN.m)	Lo que resiste φ Mn (KN.m)	Ratio (D/C)	Máximo normativo	Cumple (Si D/C es <1, CUMPLE)	Requiere refuerzo con FRP por flexo compresión
C-1 (B/3)	897.1	128.6	4.8	128.64	107.74	1.193	1	NO CUMPLE	SI
C-1 (C/3)	839.4	100.8	1.1	100.78	121.26	0.831	1	CUMPLE	NO
C-1 (D/3)	876.5	127.7	4.6	127.78	108.16	1.181	1	NO CUMPLE	SI
C-1 (B/1)	823.85	121.3	37.0	126.80	147.55	0.822	1	CUMPLE	NO
C-1 (C/1)	867.98	123.1	38.9	129.11	107.98	1.140	1	NO CUMPLE	SI
C-1 (D/1)	837.07	123.4	35.4	128.39	105.70	1.168	1	NO CUMPLE	SI

Fuente: Elaboración Propia.

A su vez también se realizó un cálculo de la capacidad en el programa s-concrete de flexo compresión y a cortante de la sección. (Se adjuntan cálculos para la sección más esforzadas en anexos). Se puede ver que las columnas C-1 (B/3) C-1 (D/3) C-1 (C/1) C-1 (D/1) no cumplen con los requerimientos por flexo compresión.

4.7.2 Verificación del diseño por corte.

Como ejemplo práctico, se empleará la combinación más crítica. La cortante que llega debido a la combinación más desfavorable es de 264.35 KN

$$V_{uds} = 264.35KN$$

Es así como la fuerza cortante empleada para la verificación (V_u) es de 264.65 KN. Ahora se procede a verificar la resistencia del elemento según las indicaciones de la ACI 318-14 y el refuerzo colocado en el elemento. La sección actual cuenta con refuerzo rectangular de 3/8" de diámetro cada de 15 cm:

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u \\ \phi V_n &= \phi V_c + \phi V_s \\ \phi V_c &= 0.17\phi \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \cdot b_w \cdot d \end{aligned}$$

Donde:

N_u	Carga Axial ultima (897100 N)
A_g :	Área bruta de la sección (150000 mm ²)
f'_c :	80% Resistencia a la compresión del concreto (17.1 Mpa)
d:	Peralte efectivo de la sección (455 mm)
b_w :	Ancho (300 mm)

Por lo tanto:

$$V_c = 0.17 \cdot 0.75 \cdot \sqrt{17} \cdot \left(1 + \frac{897100}{14 \cdot 150000}\right) \cdot 300 \cdot 455 = 102.712 \text{ KN}$$

Luego:

$$V_s = \phi \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

Donde:

ϕ :	Factor de reducción de resistencia ($\phi = 0.75$ para corte)
A_v :	Dos veces el área transversal de la barra empleada (142 mm ²)
f_{yt} :	Esfuerzo de fluencia del refuerzo transversal (414 MPa)
d:	Peralte efectivo de la sección (455 mm)
s:	Espaciamiento del refuerzo transversal (150 mm)

Por lo tanto:

$$\phi V_s = 0.75 \cdot \frac{142 \cdot 420 \cdot 455}{150} = 133.42 \text{ KN}$$

Luego:

$$\phi V_n = 102.712 + 133.42 = 236.13 \text{ KN}$$

$$236.13 \text{ KN} \leq 264.35 \text{ KN} \text{ NO CUMPLE POR CORTE}$$

Los resultados para las columnas son los siguientes:

Tabla 7. Resultados de diseño por corte

Col.	Pu (KN)	Lo que llega en X Vux (KN)	Lo que llega en Y Vuy (KN)	Lo que resiste ϕV_n (KN.m)	Cumple (Si $V_u < \phi V_n$, CUMPLE)	Requiere refuerzo con FRP por corte
C-1 (B/3)	897.1	264.4	18.8	236.1	NO CUMPLE	SI
C-1 (C/3)	839.4	234.4	18.7	234.2	NO CUMPLE	SI
C-1 (D/3)	876.5	256.4	16.5	235.4	NO CUMPLE	SI
C-1 (B/1)	823.85	252.3	41.8	219.9	NO CUMPLE	SI
C-1 (C/1)	867.98	254.7	44.5	221.4	NO CUMPLE	SI
C-1 (D/1)	837.07	257.0	39.8	220.4	NO CUMPLE	SI

Fuente: Elaboración Propia.

Se concluye que las columnas no cumplen las exigencias por corte debido a que su resistencia es menor al cortante requerido por el caso sísmico más crítico.

4.8 Diseño de reforzamiento con FRP

Para la verificación de resistencia se empleó el programa SIKACARBODUR. Se modeló la sección de la columna con la distribución del refuerzo existente y se colocaron las cargas últimas para que el programa verifique que la sección cumpliera con la resistencia requerida. De no ser así el programa procede al diseño iterativo en el cual se puede ir incrementando la cantidad de capas y el ancho de la sección a colocar. El FRP se colocó alrededor de todo el elemento y será el SIKAWRAP 300C. A continuación, se muestran los resultados de diseño de las 6 columnas del primer piso.

4.8.1 Por Flexo-compresión

Debido a que la sección de la columna es la misma solo se requiere hacer un diseño para la carga máxima. Se realizó un proceso iterativo en el cual se varió la cantidad de capas para ver como esto afectaba a la capacidad por flexo compresión. Se adjunta en anexos cálculos realizados con el programa SIKACARBODUR.

A continuación, se muestran los resultados de los distintos incrementos de capacidad por flexo compresión para distintas capas de FRP.

Tabla 8. Resistencia nominal por flexo-compresión iterando con diferentes capas de FRP

Col.	Pu (KN)	Lo que debería resistir Mux (KN.m)	Lo que debería resistir Muy (KN.m)	Lo que debería resistir Mus (KN.m)	Lo que resiste sin FRP Mn (KN.m) sin FRP	Lo que resiste con 5 capas FRP Mn 5c FRP (KN.m)	Lo que resiste con 6 capas FRP Mn 6c FRP (KN.m)	Lo que resiste con 7 capas FRP Mn 7c FRP (KN.m)
C-1 (B/3)	897.09	128.55	4.81	128.64	107.74	129.34	135.15	141.24
C-1 (C/3)	839.37	100.77	1.14	100.78	121.26	-	-	-
C-1 (D/3)	876.47	127.70	4.64	127.78	108.16	130.74	136.79	141.24
C-1 (B/1)	823.85	121.29	36.98	126.80	147.55	-	-	-
C-1 (C/1)	867.98	123.11	38.91	129.11	107.98	136.84	144.38	150.64
C-1 (D/1)	837.07	123.42	35.36	128.39	105.70	144.13	146.16	152.62

Fuente: Elaboración Propia

Se decidió colocar tres capas de FRP en las columnas C-1(B/3) Y C-1(D/3) por que requieren refuerzo por flexo-compresión. El incremento de la capacidad por flexo-compresión para distintas capas se muestra en la tabla 8.

Tabla 9. Incremento de la capacidad por corte en %

Col.	%Mn 5 capas FRP	%Mn 6 capas FRP	%Mn 7 capas FRP
C-1 (B/3)	20%	25%	31%
C-1 (C/3)	-	-	-
C-1 (D/3)	21%	26%	31%
C-1 (B/1)	-	-	-
C-1 (C/1)	27%	34%	40%
C-1 (D/1)	36%	38%	44%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 se muestra el resumen de resultados de diseño por flexo compresión con FRP.

Tabla 10. Resumen del diseño con FRP

Col.	Pu (KN)	Mux (KN.m)	Muy (KN.m)	Mus (KN.m)	Mn (KN.m) sin FRP	Ratio sin FRP (D/C)	Ratio Máximo	Requiere refuerzo	Capas de FRP	Mn n 5c FRP (KN)	Ratio con FRP (D/C)	Incremento de capacidad a flexo compresión (%)
C-1 (B/3)	897.09	128.55	4.81	128.640	107.74	1.193	1	SI	5 CAPAS	129.3	0.99	20%
C-1 (C/3)	839.37	100.77	1.14	100.78	121.26	0.831	1	NO	-	-	-	
C-1 (D/3)	876.47	127.70	4.64	127.78	108.16	1.181	1	SI	5 CAPAS	130.74	0.98	21%
C-1 (B/1)	823.85	121.29	36.98	126.80	147.55	0.822	1	NO	-	-	-	
C-1 (C/1)	867.98	123.11	38.91	129.11	107.98	1.140	1	NO	5 CAPAS	136.8	-	
C-1 (D/1)	837.07	123.42	35.36	128.39	105.70	1.168	1	NO	5 CAPAS	144.1	-	

Fuente: Elaboración Propia

4.8.1.1 Análisis Inferencial capacidad a flexo compresión.

Ha: El reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190.

Ho: El reforzamiento con fibra de carbono no incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190.

Regla. $\text{Sig.} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula.
 $\text{Sig.} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula.

Tabla 11. Análisis del ANOVA del flexo compresión.

ANOVA					
Capacidad a flexocomprension (Nm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2988.684	3	996.228	36.711	0.000
Dentro de grupos	217.096	8	27.137		
Total	3205.780	11			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro de ANOVA de la capacidad de flexo compresión, presenta una significancia de (0.000) siendo este menor que (0.05), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta hipótesis alterna, que es, el reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190.

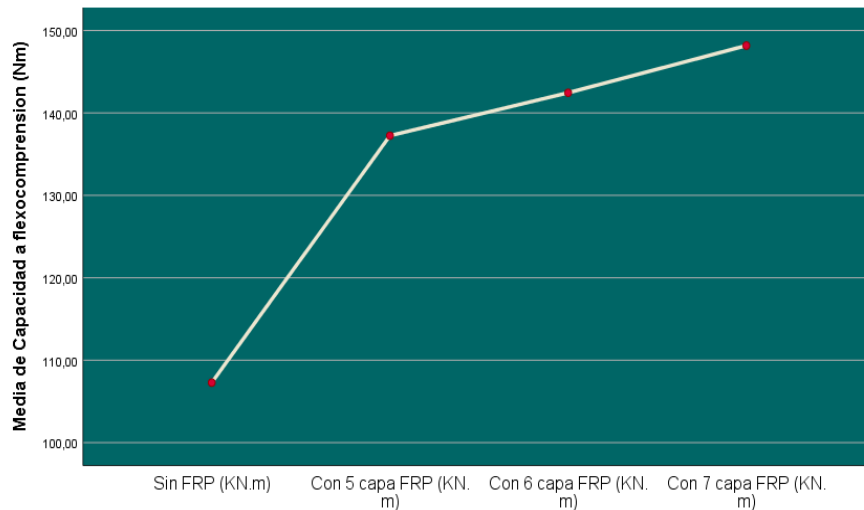


Figura 12. Gráfico de medias de la capacidad a flexo compresión.

En la figura 12, observamos los resultados de gráfico de medias, donde verificamos la media de la capacidad a flexo compresión, tiene una variación ascendente progresiva con medias de (107.3), (137.2) (142.4) y (148.2), esta evaluación nos sirve para aprobación o desaprobación de la hipótesis gráficamente, en conclusión, se aprueba la hipótesis alterna (Ha).

4.8.2 Por Corte

Debido a que la sección de la columna es la misma solo se requiere hacer un diseño para la carga máxima. Se realizó un proceso iterativo en el cual se varió la cantidad de capas para ver como esto afectaba a la capacidad por corte. Se adjunta en anexos cálculos realizados con el programa SIKACARBODUR.

A continuación, se muestran los resultados de los distintos incrementos de capacidad por corte para distintas capas de FRP.

Tabla 12. Resistencia nominal por corte iterando con diferentes capas de FRP

Col.	Pu (KN)	Lo que debería resistir (ETABS) Vu (KN)	Lo que resiste sin FRP Vn (KN) sin FRP	Lo que resiste con 1 capa FRP Vn 1 capa FRP (KN)	Lo que resiste con 2 capas FRP Vn 2 capas FRP (KN)	Lo que resiste con 3 capas FRP Vn 3 capas FRP (KN)	Lo que resiste con 4 capas FRP Vn 4 capas FRP (KN)	Lo que resiste con 5 capas FRP Vn 5 capas FRP (KN)
C-1 (B/3)	897.1	264.4	236.1	331.4	426.7	522.0	617.3	712.6
C-1 (C/3)	839.4	234.4	234.2	329.4	424.7	520.0	615.3	710.6
C-1 (D/3)	876.5	256.4	235.4	330.7	426.0	521.3	616.6	711.9
C-1 (B/1)	823.85	252.3	219.9	315.2	410.5	505.8	601.1	696.3
C-1 (C/1)	867.98	254.7	221.4	316.7	412.0	507.3	602.6	697.9
C-1 (D/1)	837.07	257.0	220.4	315.7	410.9	506.2	601.5	696.8

Fuente: Elaboración Propia

Se decidió colocar una capa de FRP en las secciones que no requieren refuerzo por flexo-compresión y 5 capas de FRP en las secciones que requieren refuerzo por flexo-compresión. El incremento de la capacidad por corte para distintas capas se muestra en la tabla 8.

Tabla 13. Incremento de la capacidad por corte en %

Col.	Vn 1 capa FRP	Vn 2 capas FRP	Vn 3 capas FRP	Vn 4 capas FRP	Vn 5 capas FRP
C-1 (B/3)	25%	61%	97%	134%	170%
C-1 (C/3)	41%	81%	122%	163%	203%
C-1 (D/3)	29%	66%	103%	140%	178%
C-1 (B/1)	25%	63%	100%	138%	176%
C-1 (C/1)	24%	62%	99%	137%	174%
C-1 (D/1)	23%	60%	97%	134%	171%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 se muestra el resumen de resultados de diseño con FRP por corte.

Tabla 14. Resumen del diseño por corte con FRP

Col.	Pu (KN)	Vu (KN)	Vn (KN) sin FRP	Ratio sin FRP (D/C)	Máximo ratio (D/C) normativo	Requiere refuerzo por corte	Refuerzo colocado Capas de FRP	Vn con FRP (KN)	Ratio con FRP (D/C)	Incremento de capacidad a corte (%)
C-1 (B/3)	897.1	264.4	236.1	1.12	0.95	SI	5 CAPA	712.6	0.37	202%
C-1 (C/3)	839.4	234.4	234.2	1.00	0.95	SI	1 CAPA	329.4	0.71	41%
C-1 (D/3)	876.5	256.4	235.4	1.09	0.95	SI	5 CAPA	711.9	0.36	202%
C-1 (B/1)	823.85	252.3	219.9	1.15	0.95	SI	1 CAPA	315.2	0.80	43%
C-1 (C/1)	867.98	254.7	221.4	1.15	0.95	SI	5 CAPA	697.9	0.36	215%
C-1 (D/1)	837.07	257.0	220.4	1.17	0.95	SI	5 CAPA	696.8	0.37	216%

Fuente: Elaboración Propia

4.8.2.1 Análisis Inferencial capacidad a Corte.

Ha: El reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190.

Ho: El reforzamiento con fibra de carbono no incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190.

Regla. Sig. ≤ 0.05 , se rechaza la hipótesis nula.

Sig. > 0.05 , se acepta la hipótesis nula.

Tabla 15. Análisis del ANOVA en la capacidad a corte de las columnas.

ANOVA					
Capacidad a corte de las columnas (N)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	476762.078	5	95352.416	94201.069	0.000
Dentro de grupos	12.147	12	1.012		
Total	476774.224	17			

Fuente: SPSS.25

En el cuadro de ANOVA de la capacidad a corte de las columnas, presenta una significancia de (0.000) siendo este menor que (0.05), por consiguiente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, que es, el reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190.

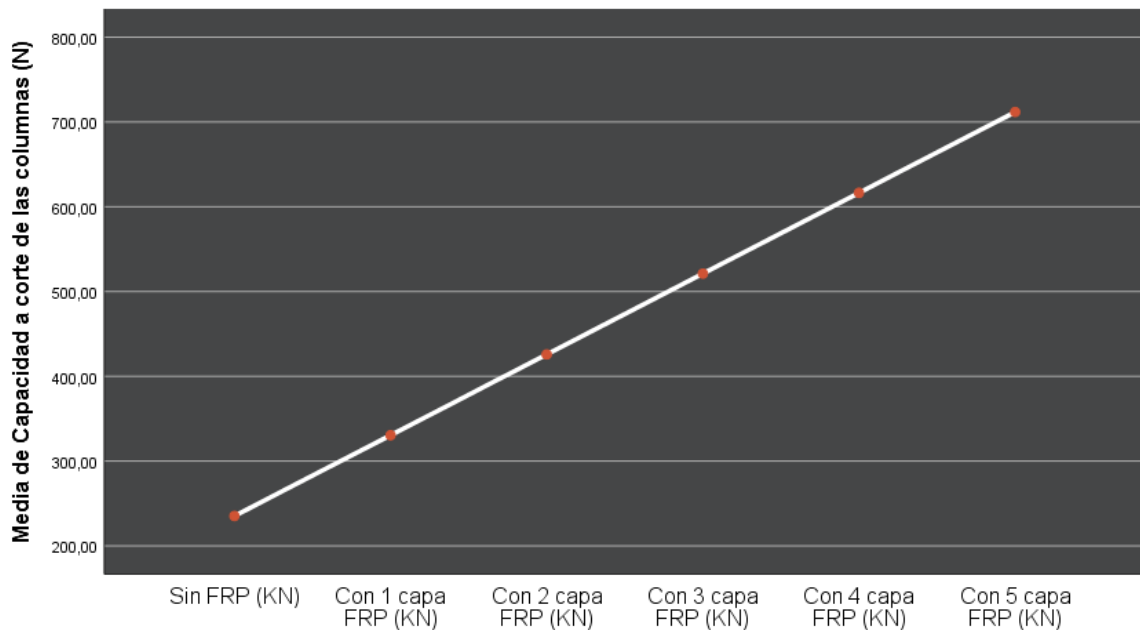


Figura 13. Gráfico de medias en la capacidad a corte de las columnas.

En la figura 13, observamos los resultados de gráfico de medias, donde verificamos la media de la capacidad a corte de las columnas, tiene una variación ascendente progresiva con medias (235.2), (330.5), (425.8), (521.1), (616.4) y (711.7). Esta evaluación nos sirve para aprobación o desaprobación de la hipótesis gráficamente. En conclusión, se aprueba la hipótesis alterna o la hipótesis del investigador.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación una vez finalizado el análisis de los resultados, se procede a realizar la discusión referente a lo que se ha logrado, versus lo que han logrado nuestras referencias en cuanto a resultados positivos obtenidos, referente al diseño de reforzamiento de columnas cortas.

Para Carbajal,(2019), en su investigación se concluye “que el uso de la FRP aumento considerablemente la capacidad individual de los elementos estructurales y por ende toda la estructura, puesta que es un elemento de acción pasiva, es decir trabaja a medida que se deforma, proporcionando rigidez , reduciendo el periodo, y los porcentajes de participación modal, a manera de un acero equivalente, pero es ineficiente para corregir problemas de derivas, por su escasa aportación de inercia y puede inducir a problemas de fallas frágiles y de torsión, cuando no se controla una rigidización equitativa”. Nosotros determinamos que el FRP incrementa la capacidad por corte en un 28 % en promedio para una capa y por flexo compresión para 5 capas 17%. Ambos concluimos que existe un incremento.

Para Castro, (2019), en su investigación nos demuestra como el reforzamiento estructural con fibra de carbono aumenta la resistencia en las columnas circulares a la compresión y mejor comportamiento que una de sección rectangular. Al final el autor concluye que, el análisis diamantino en el software ETABS denominado como ensayo destructivo el resultado son más certeros que otro tipo de análisis no destructivos, analizando la estructura con las normas E030 y E060 del RNE. Por otro lado, en nuestra investigación tenemos como resultado el análisis sísmico de la estructura en el software ETABS el cual nos da valores certeros del comportamiento actual de la estructura, dichos datos sirven para lograr la comparación de diseño del reforzamiento con fibra de carbono en el programa SIKACARBODUR, logrando obtener datos comparativos de que existe una mejora en el comportamiento de las columnas.

Según Cornejo (2019), en su investigación se comprobó que mediante especímenes que representaron a la columna corta se obtuvo como resultado un aumento a la resistencia ante cargas laterales, su objetivo es en analizar el comportamiento de la columna corta de concreto armado mecánico ante la carga

cíclica ejercida de forma lateral que se encuentran reforzadas con fibra de carbono, al final autor concluye que con los resultados de la investigación existe un efectivo aumento de la **resistencia lateral en un 39%**. Donde es positivo en ampliar la resistencia al corte (resistencia lateral), la capacidad de deformación además es invasiva y muy práctica. Por otro lado, en nuestra investigación se plantea determinar el estado actual en la que trabaja las columnas cortas de la institución educativa, con los datos preliminares se procede a modelar para encontrar en expresión numérica el comportamiento real, para posteriormente desarrollar el diseño de las fibras de carbono que intervendrán en las columnas cortas y el aporte que darán a la misma referido a la resistencia al corte, al final podemos concluir **que se lo incrementa en un 28 % la resistencia al corte** de las columnas cortas.

Según Gamarra, (2019) en su tesis estudia la resistencia y flexión de una columna cuadrada $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ usando fibras de carbono y de manera convencional-2018 y una sin ningún refuerzo de fibra de carbono, al final concluye que las columnas con fibra de carbono influyen de manera positiva en la mejora del comportamiento estructural en las columnas, así también se concluye que el punto de flexión pura en un elemento reforzado y no reforzado son el mismo valor. Por otro lado, en nuestra investigación se diseñó un reforzamiento de una columna corta, a través del software **SIKACARBODUR** con la finalidad de obtener valores las cuales a ser sometidas al modelamiento en el software ETABS se verifica que existe un incremento la capacidad en la resistencia a la flexión compresión hasta en un 26%.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

1. Las columnas C-1 (B/3), C-1 (D/3), C-1 (C/1) y C-1 (D/1) requieren reforzamiento por flexo compresión y todas las columnas requieren reforzamiento por corte.
2. El producto que se utilizó es una banda de SIKAWRAP 300C que tiene un espesor de 0.167 mm y se colocó alrededor de todo el elemento.
3. Se decidió colocar 5 capas alrededor de todo el elemento como reforzamiento por flexo compresión y 1 capa como reforzamiento por corte.
4. Como reforzamiento a flexo compresión se incrementó la capacidad de esta en un promedio de 26% validando la primera hipótesis específica.
5. Como reforzamiento por corte se incrementó la capacidad de esta en un promedio de 28% para una capa y 179% para 5 capas validando la segunda hipótesis específica.
6. Se concluye que la colocación de fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190 validando la hipótesis general.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones pueden relacionarse con los hallazgos de la investigación, el método, los instrumentos utilizados, la aplicabilidad o el planteamiento de nuevos problemas, hipótesis o temas de investigación (1 página), indicando en orden jerárquico a quien se recomienda (Vicerrectorado de Investigación UCV, 2020).

Las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Se recomienda que para una investigación futura se utilicen otras **normativas como las europeas o asiáticas** y hacer un comparativo respecto a los requerimientos normativos
2. Se recomienda que en una investigación futura se haga un modelo más complejo con consideraciones **no lineales** y que se modele el mecanismo de falla del FRP.
3. Se recomienda que se desarrollen investigaciones para **otro tipo de edificaciones** como hospitales y evaluar si la colocación de fibra de carbono es un mecanismo válido de reforzamiento comparándolo con la exigencia de colocar aisladores sísmicos.
4. Desarrollar investigaciones utilizando otras variables a evaluar como por ejemplo considerar el comportamiento del tabique de albañilería y el tipo de reforzamiento que este requeriría. Se podría considerar como variable independiente la colocación de fibra de carbono en tabiques de albañilería.
5. Se recomienda utilizar otros programas de elementos finitos y otro programa de diseño de fibra de carbono para comparar resultados.
6. Se recomienda que el uso del programa SIKACARBODUR esta delimitado para cargas de gravedad, se tuvo que colocar las cargas ultimas de la combinación más desfavorable para que el programa considere la carga sísmica.

REFERENCIAS

ALEGRIA, Nestor (2016): "Refuerzo de estructuras de concreto mediante FRP", p.1-50.

Alegre Gago, Gianfranco (2017). Estudio de la Influencia en la Resistencia y Ductilidad de las Fibras de Carbono Utilizadas como Reforzamiento de Vigas de Concreto Armado (Tesis de Grado de título). Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima-Perú.

ARIAS Y LÓPEZ, Este proyecto El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar el comportamiento de bloques de concreto reforzados con base en sistemas de fibras de carbono. Trabajo Final de Graduación (Licenciatura en Ingeniería en Construcción) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, 2018.

BERREZUETA, Juan y MOSCOSO, Adrian. Ampliación y reforzamiento mediante fibras de carbono del puente San Ramón sobre el río Alcacay de la comunidad de Dacte perteneciente al Cantón Sígsig, provincia del Azuay. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015. 208 pp.
Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21667>

Borja L. y Torres M. (2015). Diseño del reforzamiento de un edificio de departamentos de 4 plantas ubicado en el sector Quitumbre, ciudad de Quito, provincia de Pichincha (Tesis de pregrado) Recuperada de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11859/1/CD-6566.pdf>.

Cornejo, L. (2013). Evaluación y reforzamiento estructural del edificio ex hotel presidente (Tesis de pregrado). Recuperada de <https://core.ac.uk/download/pdf/54221344.pdf>.

CORNEJO, Carlos. Comportamiento Experimental De Columnas Cortas Con Refuerzo Externo, Lima 2018. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 114 pp.

Disponible en http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27066/Villalta_PYC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Costa, P. (2012). Análisis, Diseño y proyecto de recuperación estructural Edificio Ferso (Tesis de pregrado).

Chang, D. (2015). Diseño estructural de un edificio de aulas de concreto armado de cuatro pisos en el distrito de San Miguel (Tesis de pregrado)

ETABS (2016). CSI Analysis Reference Manual. Estados Unidos: Computers & Structures, Inc.

Espinoza, E., Terán, A., Zúñiga, O. y Perilliat, R. Consideraciones para el diseño sísmico de edificios altos de mampostería confinada ubicados en zonas sísmicas.

Fajardo, C. (2012). Evaluación estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad (Tesis de pregrado). Recuperada de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/460/1/fajardo_gc.pdf.

Flores, Freddy. Este proyecto tiene como objetivo determinar la relación entre el proceso de reparación y reforzamiento entre el incremento del desempeño estructural de estructuras (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Gameros, S. (2015). Análisis comparativo de tres tipos de refuerzo estructural para pabellones de aulas de locales escolares de dos pisos y tres aulas por piso (Tesis de pregrado). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/12345>

García et al (2018). El terremoto 19s en Morelos: la experiencia operativa del INEEL en la evaluación del riesgo estructural (Artículo científico). Recuperado de <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/rt/printerFriendly/9408/11478>.

GONZALES, Wilson y MALABET, Josselyn. Evaluar propiedades mecánicas de miembros cortos de concreto estructural sometidos a tensiones de compresión al estar envueltos en manto de fibra de carbono. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 2017. 41 pp. Disponible en: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6486.pdf>

Hernández R., Fernández C. y Baptista M. (2014). Metodología de la investigación. (6a. ed.). México: McGRAW-HILL / Interamericana editores, S.A. DE C.V.

Hoja técnica Sika CarboDur. (Noviembre,2014). Sika. Recuperado de <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/7c254498-a63b-351b-8136-39b9d7e0a139/HT-SIKA%20CARBODUR.pdf>.

IAEE (ed) (2004). Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction. Recuperado de [http://www.traditional-is-modern.net/LIBRARY/GUIDELINES/1986IAEE-Non-EngBldgs/1986GuidelinesNon-Eng\(ALL\).pdf](http://www.traditional-is-modern.net/LIBRARY/GUIDELINES/1986IAEE-Non-EngBldgs/1986GuidelinesNon-Eng(ALL).pdf).

Icochea, B. (1998). Reparación de edificios de albañilería. Perú: Impresión Offset Martegraf.

Infraestructuras en colegios afecta a los escolares peruanos. (20 de marzo del 2017). El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/peru/infraestructura-colegios-afecta-escolares-peruanos-407162>.

Jiménez Martín, A. y Pinto Puerto, F. (2003). Levantamiento y análisis de edificios. Tradición y futuro. Recuperado de

[https://books.google.com.pe/books?id=VQyG1U1hG80C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage &q&f=false.](https://books.google.com.pe/books?id=VQyG1U1hG80C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Kassimali, A. (2015). Análisis estructural. (5a. ed.). México: Cengage learning.

Koepsell, D. y Ruiz, M. (2015). Ética de la Investigación, Integridad Científica. México: Editarte. Las estructuras de los centros educativos (colegios) del siglo xx en el Perú, diversos proyectos de reforzamiento y ejemplos de estructuración de edificaciones de la universidad Católica del Perú [Diapositivas]. (s.f.). Recuperado de <http://docplayer.es/28766484-Las-estructuras-de-los-centros-educativos-colegios-del-siglo-xxenelperu-diversos-proyectos-de-reforzamiento-y-ejemplos-de-estructuracion-de.html>.

LOPEZ, Arturo y STARCHEVICH, Gian. Estudio de las propiedades mecánicas de miembros cortos de concreto estructural sometidos a tensiones de compresión al estar envueltos en anillos de fibra de carbono. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Caracas: Universidad Católica Andrés Bello, 2018. 57 pp. Disponible en <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT6508.pdf>

Loa, G. (2017). Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997 (Tesis de maestría). Recuperada de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/8618/LOA_GUSTAVO_DESEMPE%C3%91O_SISMICO_REFORZAMIENTO_EDUCATIVAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MANRIQUE Y PAUCAR, Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresaria Camino Real, San Isidro, 2019 <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2597>

Norma ACI 440.2R-17 “Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures”

Norma E.030. (2018). “Diseño sísmoresistente”. (Norma, Lima – Perú)

Norma E.020. (2006). “Cargas”

Norma E.060. (2009) “Concreto Armado”

PEÑA, Wagner. Reforzamiento de vigas de concreto armado con láminas de Fibra de Carbono en Viviendas del Proyecto Multifamiliar Mi Vivienda “Pariacoto” Breña – Lima 2017. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 161 pp.

Disponible: file:///C:/Users/JOEL/Downloads/Pe%C3%B1a_PW.pdf

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. Manual de laboratorio de materiales de construcción CIV 281 [en línea]. Lima: Facultad de Ingeniería Civil – PUCP, 2020. [fecha de consulta: 25 de mayo del 2020].

Disponible en <http://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/sumillas-carrera/laboratorio-de-materiales/?carrera=ingenieria-civil>

SILVA VERA, pedro Alejandro, Este proyecto tiene como objetivo estudiar las propiedades mecánicas de la fibra de carbono para entender el funcionamiento en el refuerzo de estructuras construidas con acero estructural. Tesis (Ingeniero Civil), Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería; Quito, Ecuador, 2016.

SUCASACA, Javier. Nivel de desempeño de una estructura aporricada de cinco niveles aplicado a la evaluación y reforzamiento. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2016. 160 pp.

Disponible en
file:///C:/Users/JOEL/Downloads/TESIS%20%20%20%20%20%20T036_46543786_T%C3%ADtulo%20de%20Ingeniero%20Civil.pdf

VILCA, Jhonny. Diseño del Refuerzo Estructural de un Edificio mediante Fibras de Carbono Aplicando la Norma E.030 2016 – Huaraz, 2017. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 90 pp.

Disponible en
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/13378/vilca_aj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VILLALTA, Yesenia. Placas de Concreto Armado para la mejora del Riesgo Sísmico de Viviendas Autoconstruidas del Distrito de Carabaylo, Lima 2018. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 114 pp.

Disponible en
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27066/Villalta_PYC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

Anexo 1. Declaratoria de autenticidad del (de los) autor(es)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL (DE LOS) AUTOR(ES)

Yo (Nosotros), **Eusebio Abel Ríos Galarza y Torres Celis, Roberto Carlos**, alumnos de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil... de la Universidad César Vallejo Ate (filial o sede) declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado "***Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190***" son:

1. De mi (nuestra) autoría
2. El presente Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Trabajo de Investigación /Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

Lima, 18 de Julio del 2020

.....
Eusebio Abel Ríos Galarza

DNI: 41326000

.....
Torres Celis, Roberto Carlos

DNI: 42158653

Anexo 2. Declaratoria de autenticidad del asesor.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Yo, **Contreras Velásquez, José Antonio**, docente de la Facultad de **Ingeniería** y Escuela Profesional **Ingeniería Civil** de la Universidad César Vallejo **Ate** (filial o sede), revisor (a) del trabajo de investigación / tesis titulado(a): “***Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón “D” en la I.E. N° 1190***”. del (de los) estudiante(s) **Eusebio Abel Ríos Galarza y Torres Celis, Roberto Carlos**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **17 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y he concluido que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 18 de Julio del 2019.

.....
Contreras Velásquez, José Antonio

DNI: 10261467

Anexo 3. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente: Diseño del reforzamiento con fibra de carbono.	La fibra de carbono es un material compuesto hecho por fibras conformando una resina de varios tipos de polímeros, esta ha emergido como una opción viable para la reparación y la rehabilitación de estructuras. (ACI 440_2R-17)	Se diseñará la cantidad de refuerzo siguiendo los criterios del ACI 440.2R-17 para de esta forma incrementar la capacidad.	Características geométricas	Espesor nominal de un pliego de refuerzo de FRP (tf)	mm
				Ancho del pliego de refuerzo de FRP (wf)	mm
				Números de pliegos de refuerzo de FRP (N)	Und.
			Características del material	Módulo de elasticidad a tracción del FRP (Ef)	MPa
Deformación máxima de ruptura del refuerzo de FRP (ϵ_{fu}^*)	mm/mm				
Variable dependiente: Comportamiento estructural de columnas cortas	El "Efecto de Columna Corta". se presenta cuando se restringe parcialmente el desplazamiento lateral de la columna, generalmente mediante paredes de albañilería con ventanas, lo cual concentra en la porción libre esfuerzos cortantes sustancialmente mayores que los correspondientes si la misma columna estuviese libre en toda su altura. (ASCE 41-17)	Se medirán las consecuencias de la colocación de fibra de carbono en la estructura en las columnas cortas. Se medirá la rigidez global de la estructura, las fuerzas interiores y el costo del reforzamiento.	Rigidez global de la estructura	Variación de Derivas	%
			Capacidad de la sección reforzada	Capacidad a flexo-compresión	Ton.m
				Capacidad a corte	Ton

Anexo 4. Verificación por corte de la columna C1-(B-3) con 1 capa de refuerzo FRP.



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(B-3)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

1/11

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/11

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

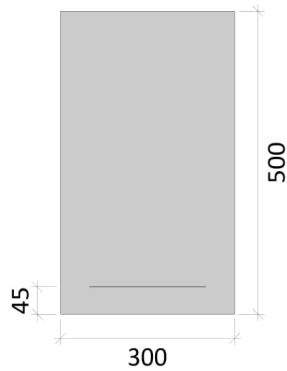
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d_s) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón
Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa
Probeta cilíndrica = 17 MPa
Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

3/11



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)

$$\phi = 0.75$$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

$$h_f : 500 \text{ mm}$$

Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : 136.95 \text{ kN}$$

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
897.10	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{5} \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

s (mm)	A_v (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{te} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_{fv}}{s_f}$$

$$V_f : \underline{133.73} \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : \underline{83.50} \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{te} = \varepsilon_{te} \cdot E_f$$

$$f_{te} : \underline{880.00} \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\varepsilon_{te} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \varepsilon_{fu}$$

$$\varepsilon_{te} : \underline{0.0040}$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : \underline{264.40} \text{ kN}$$

$$N_{DL} : \underline{897.10} \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$N_{LL} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	290.84	318.94	Sección no reforzada X

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	0.75	264.40	441.89	Sección reforzada ✓

Resistencia al fuego (t=0 min.)			
Acciones	V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{n0} \geq V_u$ ($V_{n0} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	264.40	314.84	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados límite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : \underline{136.95} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : \underline{136.95} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

$$V_f : \underline{133.73} \text{ kN}$$

$$\psi_f : \underline{0.95}$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : \underline{136.95} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

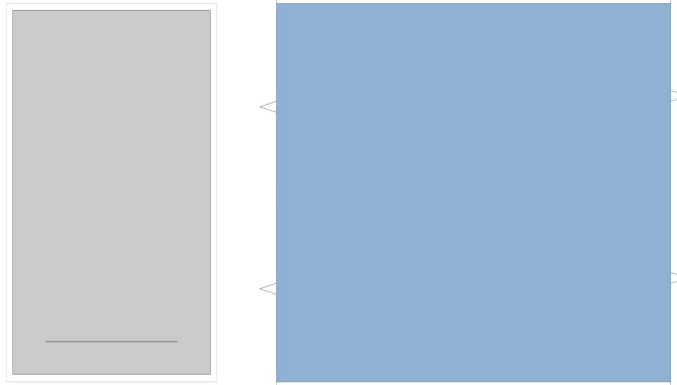
Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa
Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

7/11

BUILDING TRUST



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

8/11

BUILDING TRUST



Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

7.- AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIENTEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

10/11



Anexo 5. Verificación por corte de la columna C1-(C-3) con 1 capa de refuerzo FRP



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(C-3)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/11

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

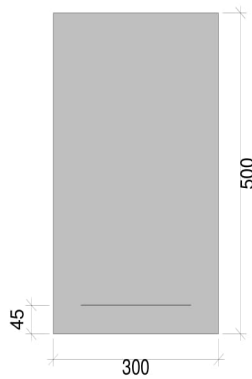
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d.) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa

Probeta cilíndrica = 17 MPa

Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

3/11



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)

$$\phi = 0.75$$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

$$h_r : \underline{500} \text{ mm}$$

Laminado	ϵ_{tu}	E_r (MPa)	Espesor t_r (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap@ 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : \underline{134.31} \text{ kN}$$

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
839.40	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{s} \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \neq 420 \text{ MPa}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

s (mm)	A_v (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_{fv}}{s_f}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : 83.50 \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f$$

$$f_{fe} : 880.00 \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : 234.40 \text{ kN}$$

$$N_{DL} : 839.40 \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

$$N_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	257.84	316.04	Sección no reforzada ✘

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	0.75	234.40	439.25	Sección reforzada ✓
Resistencia al fuego (t=0 min.)				
Acciones		V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{nR} \geq V_u$ ($V_{nR} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$		234.40	312.21	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados límite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : 134.31 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : 134.31 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

$$\psi_f : 0.95$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : 134.31 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con ácido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



7.- AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIENTEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

10/11



Anexo 6. Verificación por corte de la columna C1-(D-3) con 1 capa de refuerzo FRP



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(D-3)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

1/11

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

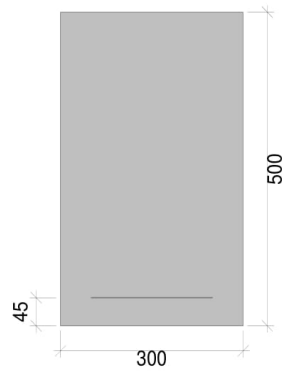
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d,) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón
Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa
Probeta cilíndrica = 17 MPa
Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)

$$\phi = 0.75$$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

$$h_r : 500 \text{ mm}$$

Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : 136.01 \text{ kN}$$

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
876.47	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{s} \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

s (mm)	A_v (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_{fv}}{s_f}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : 83.50 \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f$$

$$f_{fe} : 880.00 \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : 256.41 \text{ kN}$$

$$N_{DL} : 876.47 \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

$$N_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	282.05	317.91	Sección no reforzada X

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$	0.75	256.41	440.95	Sección reforzada ✓
Resistencia al fuego (t=0 min.)				
Acciones		V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{nr} \geq V_u$ ($V_{nr} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$		256.41	313.90	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados límite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{Dk} + 1.00 \cdot S_{Lk}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : \underline{136.01} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : \underline{136.01} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

$$V_f : \underline{133.73} \text{ kN}$$

$$\psi_f : \underline{0.95}$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : \underline{136.01} \text{ kN}$$

$$V_s : \underline{177.89} \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

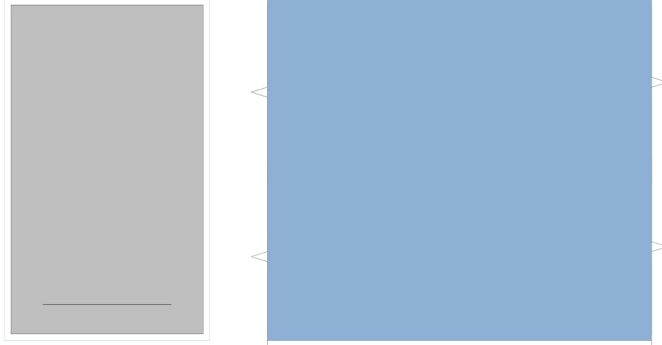
6/11

BUILDING TRUST



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa
Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com
7/11

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



7.- AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIENTEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-3)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

10/11



Anexo 7. Verificación por corte de la columna C1-(B-1) con 1 capa de refuerzo FRP.



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(B-1)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

1/11

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

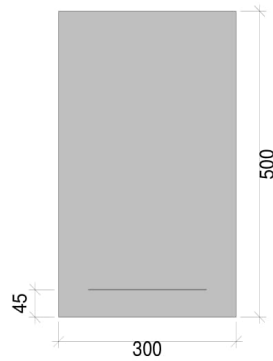
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d.) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón
Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa
Probeta cilíndrica = 17 MPa
Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüfienwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

3/11

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)
 $\phi = 0.75$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono
 Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

h_r : 500 mm

Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

V_c : 115.33 kN

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
423.85	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{s} \cdot A_s \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \neq 420 \text{ MPa}$$

V_s : 177.89 kN

s (mm)	A_s (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-1)
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
 Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_{fv}}{s_f}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : 83.50 \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f$$

$$f_{fe} : 880.00 \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : 252.26 \text{ kN}$$

$$N_{DL} : 423.85 \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

$$N_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	277.49	295.16	Sección no reforzada X

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	0.75	252.26	420.27	Sección reforzada ✓

Resistencia al fuego (t=0 min.)			
Acciones	V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{nr} \geq V_u$ ($V_{nr} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	252.26	293.22	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados limite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : 115.33 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : 115.33 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

$$\psi_f : 0.95$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : 115.33 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

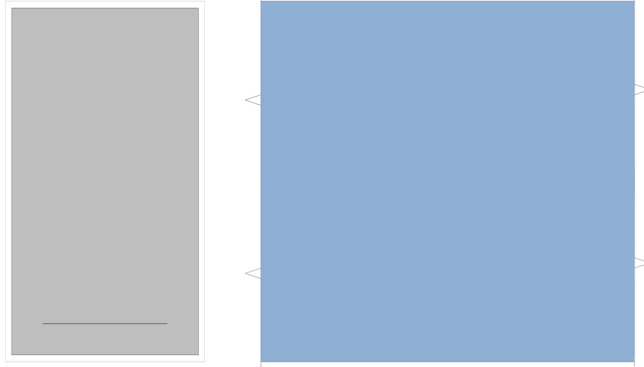
Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

9/11

Elemento: C1-30X50(B-1)
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Anexo 8. Verificación por corte de la columna C1-(C-1) con 1 capa de refuerzo FRP



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(C-1)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

1/11

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/11

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

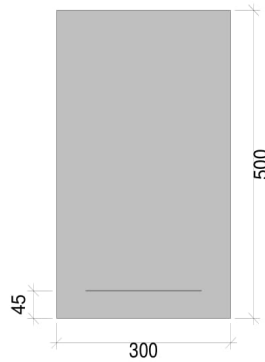
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d_v) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón
Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa
Probeta cilíndrica = 17 MPa
Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

3/11

BUILDING TRUST



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)

$$\phi = 0.75$$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

$$h_r : 500 \text{ mm}$$

Laminado	ϵ_{iw}	E_r (MPa)	Espesor t_r (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c : 117.34 \text{ kN}$$

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
468.00	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{5} \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \neq 420 \text{ MPa}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

s (mm)	A_v (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_w}{s_f}$$

$$V_f : \underline{133.73} \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : \underline{83.50} \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f$$

$$f_{fe} : \underline{880.00} \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : \underline{0.0040}$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : \underline{254.70} \text{ kN}$$

$$N_{DL} : \underline{468.00} \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

$$N_{LL} : \underline{0.00} \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	280.17	297.38	Sección no reforzada X

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$	0.75	254.70	422.28	Sección reforzada ✓
Resistencia al fuego (t=0 min.)				
Acciones		V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{nr} \geq V_u$ ($V_{nr} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$		254.70	295.24	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados límite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{Dk} + 1.00 \cdot S_{Lk}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : 117.34 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : 117.34 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

$$\psi_f : 0.95$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{Dk} + 0.00 \cdot S_{Lk}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : 117.34 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

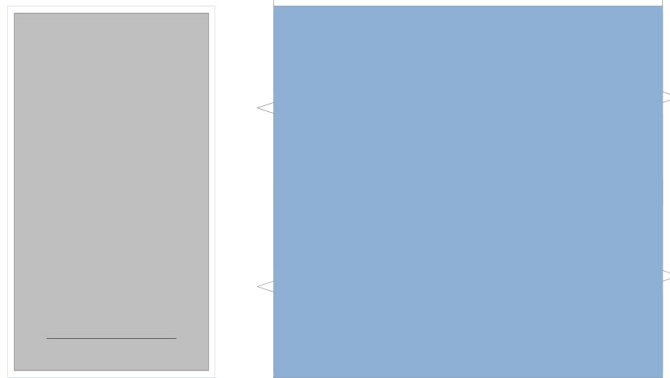
Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa
Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(C-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



Anexo 9. Verificación por corte de la columna C1-(D-1) con 1 capa de refuerzo FRP

BUILDING TRUST



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-30X50(D-1)

ÍNDICE

1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1.- Geometría.....	3
2.2.- Concreto.....	3
2.3.- Refuerzo interno de cortante.....	3
2.4.- Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5.- Factores de carga.....	4
2.6.- Condiciones de exposición.....	4
3.- REFUERZO DE CORTANTE.....	4
3.1.- Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante.....	4
3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante.....	4
3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante.....	5
4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	5
4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	5
5.- RESULTADOS.....	5
5.1.- Resumen de resultados.....	5
5.2.- Estados límite últimos.....	6
5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.).....	6
5.4.- Disposición del FRP.....	6

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

1/11

ÍNDICE

6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	7
6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos.....	7
6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	7
6.1.2.- Tejidos SikaWrap®.....	8
6.1.3.- Adhesivo epoxi.....	8
6.1.4.- Procedimiento de aplicación.....	9
7.- AVISO LEGAL.....	10
8.- ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	11

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1.- CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

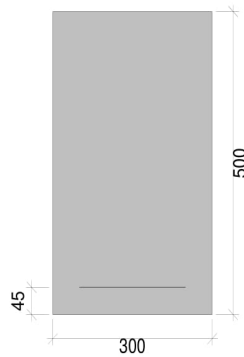
Refuerzo a cortante en viga.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2.- HIPÓTESIS DE CÁLCULO

2.1.- Geometría

Ancho (b) = 300 mm
Canto (h) = 500 mm
Recubrimiento del refuerzo (d.) = 45 mm



2.2.- Concreto

Resistencia a compresión del hormigón
Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa
Probeta cilíndrica = 17 MPa
Probeta cúbica = 21 MPa

2.3.- Refuerzo interno de cortante

Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)	Espaciado c. a c. (mm)	Ángulo (°)
(Grade 60) 414	200000	2 x 9.5	150	90.0

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

3/11

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS



2.4.- Factores de reducción de resistencia

Definido por (ACI 318)
 $\phi = 0.75$

2.5.- Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	1.00
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	0.00
Caso de incendio	1.00	0.00

2.6.- Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3.- REFUERZO DE CORTANTE

3.1.- Propiedades del refuerzo FRP

Montaje: Envoltura completa

Encamisado continuo

Altura del refuerzo FRP

$h_f : 500$ mm

Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)	0.0135	220000.00	0.167	1	250.00

3.2.- Contribución del hormigón a la resistencia a cortante

$$V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$V_c : 115.93$ kN

N_u (kN)	A_g (mm ²)	λ	f'_c (MPa)	b_w (mm)	d (mm)
437.07	150000	1.00	17	300	455

3.3.- Contribución del refuerzo de acero a la resistencia a cortante

$$V_s = \frac{1}{5} \cdot A_v \cdot f_{yt} \cdot d \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) ; f_{yt} \geq 420 \text{ MPa}$$

$V_s : 177.89$ kN

s (mm)	A_v (mm ²)	f_{yt} (MPa)	d (mm)	α (°)
150	142	414	455	90.0

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
 Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.4.- Contribución de FRP a la resistencia a cortante

La contribución del refuerzo FRP a la resistencia a cortante del elemento está basada en la orientación de la fibra y la asunción de un patrón de formación de fisuras (Khalifa et al. 1998). La resistencia a cortante proporcionada por el refuerzo FRP puede determinarse mediante el cálculo de la resultante de tensiones en la fibra FRP a lo largo de la dirección de fisuración asumida. La contribución a la resistencia a cortante del refuerzo FRP es dado por la Eq.

$$V_f = \frac{A_{fv} \cdot f_{fe} \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d_{fv}}{s_f}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

Donde

$$A_{fv} = 2 \cdot n \cdot t_f \cdot w_f$$

$$A_{fv} : 83.50 \text{ mm}^2$$

La tensión de tracción en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal es directamente proporcional al nivel de deformación que puede desarrollarse en el refuerzo FRP de cortante a la resistencia nominal

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} \cdot E_f$$

$$f_{fe} : 880.00 \text{ MPa}$$

Deformación efectiva en laminados FRP

$$\epsilon_{fe} = 0.004 \leq 0.75 \cdot \epsilon_{fu}$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

4.- COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

4.1.- Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$V_{DL} : 256.97 \text{ kN}$$

$$N_{DL} : 437.07 \text{ kN}$$

Cargas vivas

$$V_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

$$N_{LL} : 0.00 \text{ kN}$$

La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que esté presente durante periodos de tiempo prolongados

5.- RESULTADOS

5.1.- Resumen de resultados

La resistencia de cálculo a cortante debería calcularse mediante:

$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.75	282.67	295.82	Sección no reforzada X

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



5/11

posibilidad de este tipo de daño.

Sección reforzada bajo cargas previstas				
Acciones	ϕ	V_u (kN)	V_n (kN)	$\phi \cdot V_n \geq V_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$	0.75	256.97	420.87	Sección reforzada ✓
Resistencia al fuego (t=0 min.)				
Acciones		V_u (kN)	V_n (kN)	$V_{nr} \geq V_u$ ($V_{nr} = V_n$)
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$		256.97	293.82	Sección no reforzada ✓

5.2.- Estados límite últimos

Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s)$$

$$V_c : 115.93 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

Sección reforzada con cargas previstas mayoradas

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

La resistencia nominal a cortante de un elemento de concreto reforzado mediante FRP puede determinarse sumando la contribución a cortante del refuerzo FRP a las contribuciones del acero de refuerzo (estribos, ramas o espirales) y del concreto

$$\phi \cdot V_n = \phi \cdot (V_c + V_s + \psi_f \cdot V_f)$$

$$V_c : 115.93 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

$$V_f : 133.73 \text{ kN}$$

$$\psi_f : 0.95$$

5.3.- Resistencia al fuego (t=0 min.)

Situación de incendio. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 0.00 \cdot S_{LL}$$

$$V_n = (V_c + V_s)$$

$$V_c : 115.93 \text{ kN}$$

$$V_s : 177.89 \text{ kN}$$

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.4.- Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

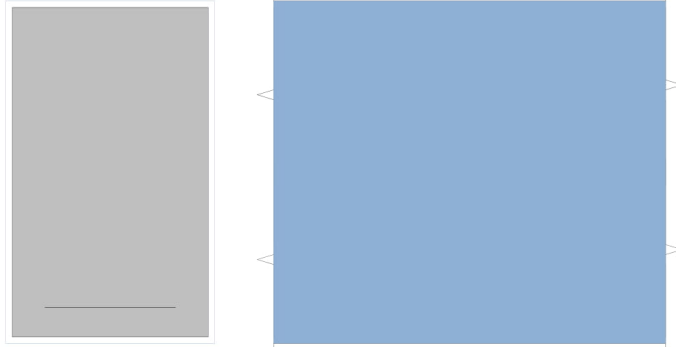
Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1 capa de 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm)

Montaje: Envoltura completa
Encamisado continuo



6.- ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1.- Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1.- Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-30X50(D-1)
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 25/07/2020
Proyecto: TESIS

7/11

BUILDING TRUST



La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2.- Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1.- Propiedades del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3.- Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido 1/2 SikaWrap® 300C - 50cm (25 cm) se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1.- Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10-5 por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm2 (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm2 (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm2 (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4.- Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

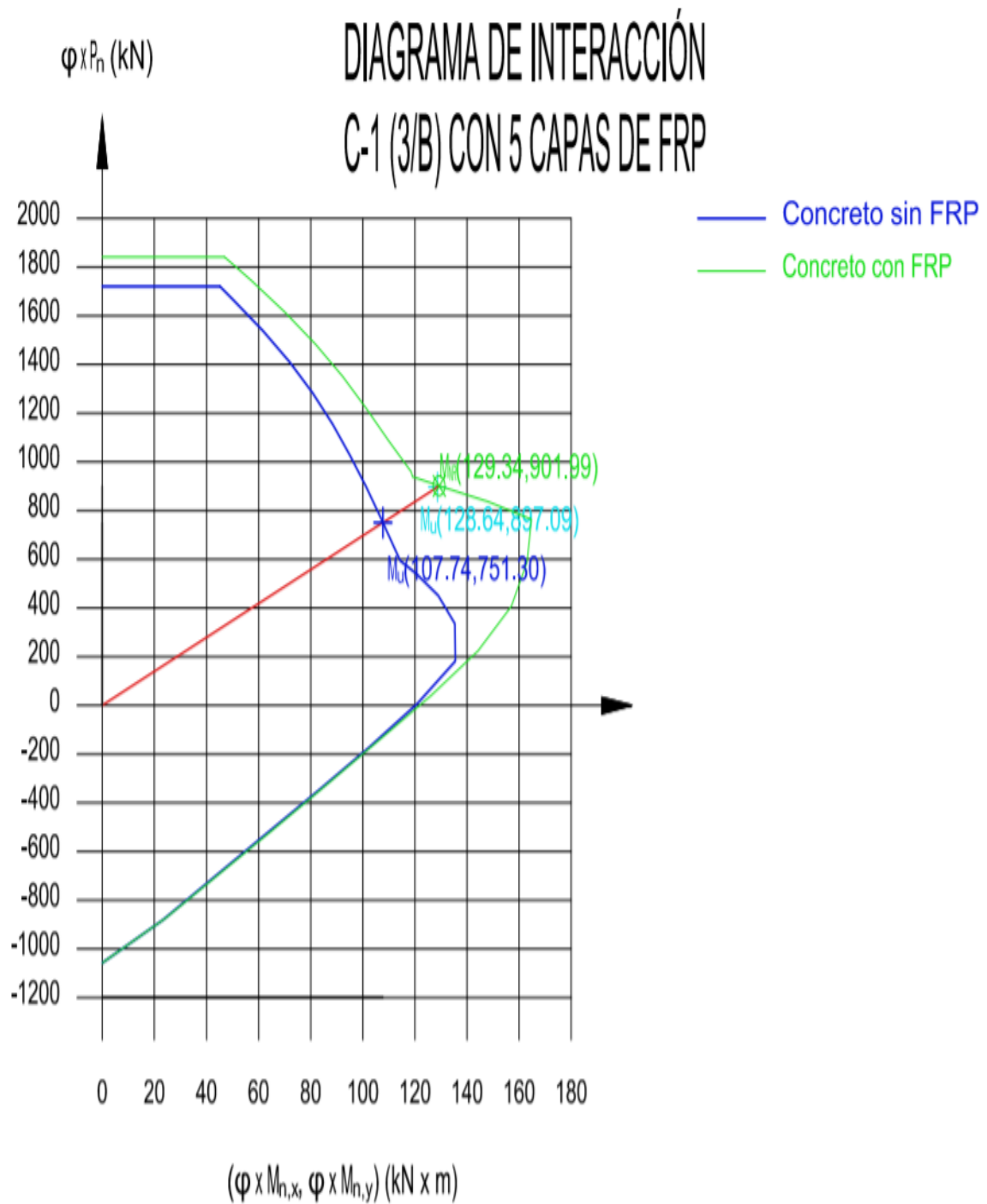
En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Anexo 10. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(B-3) con 5 capa de refuerzo FRP



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-b3-5C

ÍNDICE

1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1. Geometría.....	3
2.2. Concreto.....	3
2.3. Acero de refuerzo.....	3
2.4. Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5. Factores de carga.....	4
2.6. Condiciones de exposición.....	4
3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO.....	4
3.1. Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP).....	5
4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	6
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	6
5. RESULTADOS.....	7
5.1. Resumen de resultados.....	7
5.2. Estados límite últimos.....	7
5.3. Estados límite de servicio.....	9
5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.).....	10
5.5. Disposición del FRP.....	12
6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	13
6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos.....	13
6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	13
6.1.2. Tejidos SikaWrap®.....	13

6.1.3. Adhesivo epoxi.....	14
6.1.4. Procedimiento de aplicación.....	14
7. AVISO LEGAL.....	16
8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	16

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

Refuerzo de pilar por medio de confinamiento con FRP.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

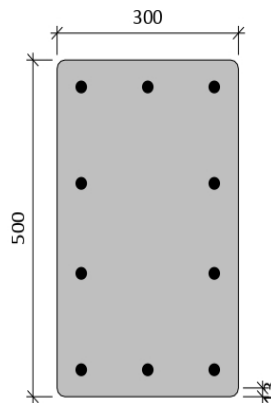
2.1. Geometría

Sección transversal = Rectangular (redondeada)

Ancho (b) = 300 mm

Canto (h) = 500 mm

Radio (r) = 13 mm



2.2. Concreto

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa

Probeta cilíndrica = 17 MPa

Probeta cúbica = 21 MPa

2.3. Acero de refuerzo

Recubrimiento X = 40 mm

Recubrimiento Y = 40 mm

Refuerzo	Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)
Esquina	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19
Cara X	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	2 x 19
Cara Y	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

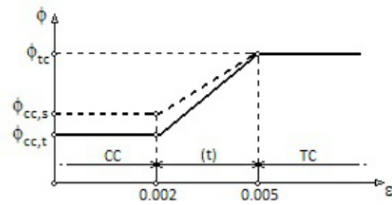
Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



2.4. Factores de reducción de resistencia



Definido por (Usuario)

$$\varphi_{cc,t} = 0.65$$

$$\varphi_{cc,s} = 0.75$$

$$\varphi_{tc} = 0.90$$

2.5. Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	0.75
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	1.00
Acciones de servicio previstas	0.50	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

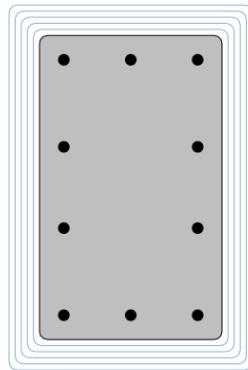
2.6. Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO

3.1. Propiedades del refuerzo FRP



Laminado	ϵ_{fu}	E_r (MPa)	Espesor t_r (mm)	Número n	Ancho (mm)
SikaWrap® 300C - 50cm	0.0135	220000.00	0.167	5	500.00

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

4/16

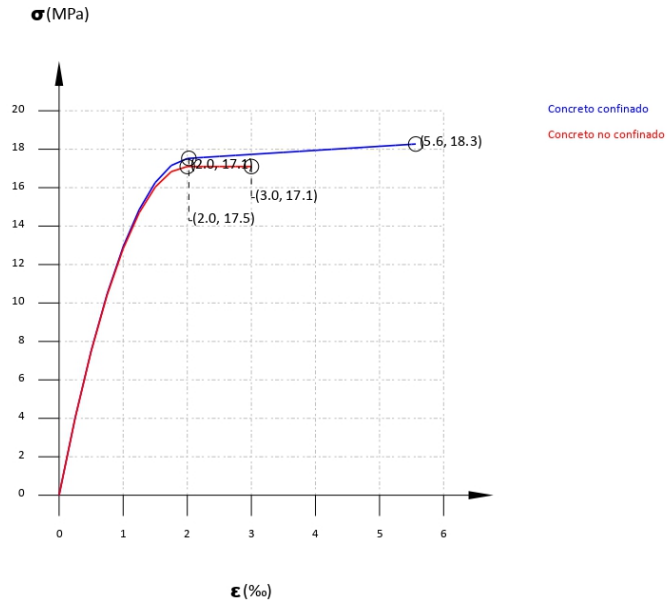
Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP)



Concreto no confinado*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_c \\ f'_c & \epsilon'_c \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\epsilon'_c : 0.0020$$

$$\epsilon_{cu} : 0.0030$$

El diagrama tensión-deformación adoptado para el concreto confinado mediante FRP es obtenido a partir de las siguientes expresiones (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \epsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \epsilon_c^2 & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \epsilon_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\epsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : 210.17 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\epsilon'_t : 0.0020$$

*La resistencia del elemento no confinado, y la resistencia del elemento confinado para para el modelo tensión-deformación considerado en el cálculo son, respectivamente, $0.85 \cdot f'_c$ y $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Resistencia máxima del concreto confinado

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_f \cdot 3.3 \cdot \kappa_s \cdot f_t$$

$$f'_{cc} : 18.27 \text{ MPa}$$

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS



Maxima presión de confinamiento

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

f_i : 2.52 MPa

Deformación efectiva de FRP en fallo

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fu}$$

ϵ_{fe} : 0.0040

Máxima deformación de compresión en el concreto confinado con FRP

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_D \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

ϵ_{ccu} : 0.0056

f_i/f'_c : 0.15

Debería considerarse un factor de eficiencia de deformación κ_c de 0.55 y una relación de confinamiento mínima f_i/f'_c de 0.08 ✓

ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	C_ϵ	ϵ_u	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_c	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	$A_e A_c$	κ_c	κ_c	Ψ
0.0135	2970.00	0.85	0.0115	2524.50	220000.00	0.55	0.0020	17100.00	5	0.167	583.10	0.41	0.15	0.53	0.95

4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

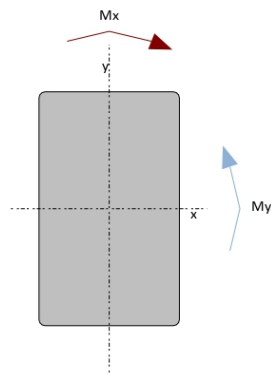
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$P_{DL} = 879.09$ kN, $M_{DL,x} = 128.55$ kN-m, $M_{DL,y} = 4.81$ kN-m

Cargas vivas

$P_{LL} = 0.00$ kN, $M_{LL,x} = 0.00$ kN-m, $M_{LL,y} = 0.00$ kN-m



La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que no esté presente durante periodos tiempos prolongados

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



5. RESULTADOS

5.1. Resumen de resultados

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi P_{n,max} \geq P_u; \phi S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	967.00	141.41	5.29	Sección no reforzada X
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi P_{n,max} \geq P_u; \phi S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.70	879.09	128.55	4.81	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\alpha_{c,max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\alpha_{s,max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\alpha_{c,max} = 9.34$ MPa	$\alpha_{s,max} = 120.92$ MPa	$9.34 \text{ MPa} \leq 11.12 \text{ MPa}$ ✓	$120.92 \text{ MPa} \leq 247.13 \text{ MPa}$ ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi P_{n,max} \geq P_u; \phi S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	879.09	128.55	4.81	Sección no reforzada ✓

5.2. Estados límite últimos

Las siguientes limitaciones se aplican a miembros sujetos a esfuerzo axial de compresión y flexión combinados (ACI 440.2R-17, 12.2)

La deformación efectiva del encamisado de FRP queda limitada para asegurar la integridad a cortante del concreto confinado

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fi} \leq 0.004$$

$$\square_{fe} : 0.0040$$

El incremento de resistencia solo puede ser considerado cuando el esfuerzo axial aplicado y el momento flector, P y $M_{u,y}$, caen por encima de la línea que conecta el origen con el punto de balanceo en el diagrama P-M del elemento no confinado

Equilibrio de la sección. Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

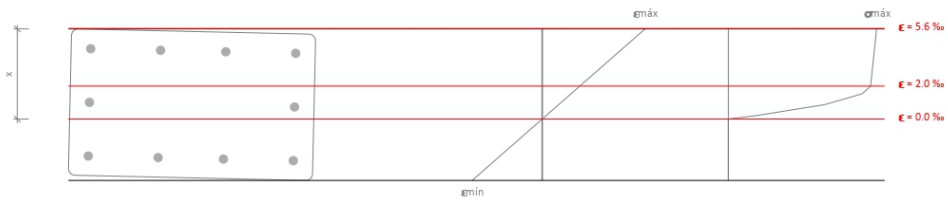
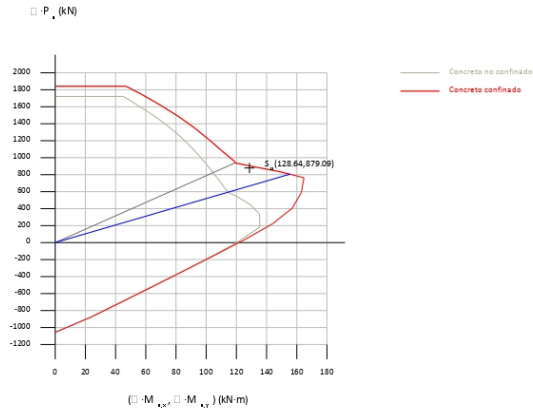
$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

La sección no está en equilibrio **X**

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la posibilidad de este tipo de daño.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada con cargas previstas mayoradas.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suíza)
www.sika.com

8/16

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\max} = 5.54 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{\min} = -3.77 \text{ ‰}$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 15.52 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 184.76 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	4.32
No. 19.05	110	-210	411.88	4.04
No. 19.05	-110	-210	-411.88	-2.55
No. 19.05	-110	210	-411.88	-2.27
No. 19.05	0	210	204.92	1.02
No. 19.05	0	-210	148.30	0.74
No. 19.05	110	67	411.88	4.22
No. 19.05	-110	67	-411.88	-2.37
No. 19.05	110	-67	411.88	4.13
No. 19.05	-110	-67	-411.88	-2.46

5.3. Estados límite de servicio

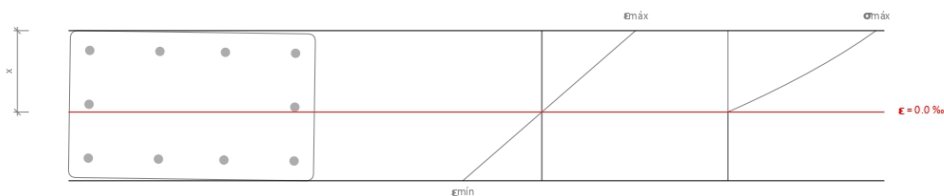
Para evitar la aparición de fisuras radiales bajo cargas de servicio, la deformación transversal en el concreto debe permanecer por debajo de su deformación de fisuración bajo cargas de servicio (ACI 440.2R-17, 12.1.3)

Esto equivale a limitar la tensión de compresión en el concreto a $0.65 \cdot f_c$.

Además la tensión de servicio en el refuerzo longitudinal debe permanecer por debajo de $0.60 \cdot f$ para evitar deformaciones plásticas bajo cargas sostenidas o de servicio.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada bajo cargas de servicio.

$$S_u = 0.50 \cdot S_{b1} + 1.00 \cdot S_{b2}$$



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{máx} = 0.80 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{mín} = -0.67 \text{ ‰}$
 Tensión máxima en el hormigón $f_c = 9.34 \text{ MPa}$
 Profundidad de la fibra neutra $x = 166.31 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19.05	110	210	120.92	0.60
No. 19.05	110	-210	115.31	0.58
No. 19.05	-110	-210	-95.90	-0.48
No. 19.05	-110	210	-90.29	-0.45
No. 19.05	0	210	15.31	0.08
No. 19.05	0	-210	9.71	0.05
No. 19.05	110	67	119.01	0.60
No. 19.05	-110	67	-92.20	-0.46
No. 19.05	110	-67	117.22	0.59
No. 19.05	-110	-67	-93.99	-0.47

5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.)

Equilibrio de la sección. Sección no reforzada.

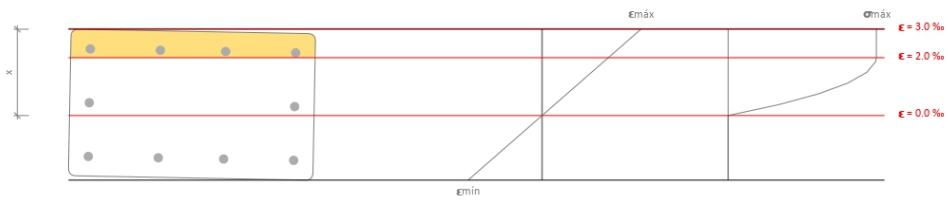
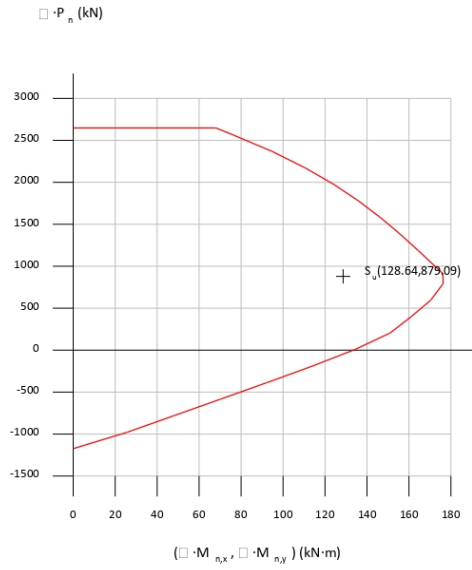
$$S_u = 1.00 \cdot S_{bl} + 1.00 \cdot S_{st}$$

Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS





Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

11/16

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{max} = 2.99 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{min} = -2.23 \text{ ‰}$
 Tensión máxima en el hormigón $f_c = 14.54 \text{ MPa}$
 Profundidad de la fibra neutra $x = 176.71 \text{ mm}$

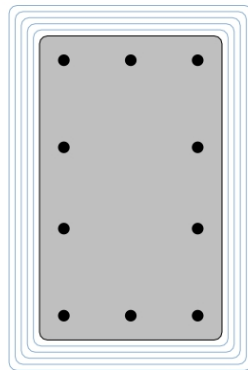
Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	2.30
No. 19.05	110	-210	411.88	2.17
No. 19.05	-110	-210	-309.76	-1.55
No. 19.05	-110	210	-282.97	-1.41
No. 19.05	0	210	88.59	0.44
No. 19.05	0	-210	61.80	0.31
No. 19.05	110	67	411.88	2.26
No. 19.05	-110	67	-292.11	-1.46
No. 19.05	110	-67	411.88	2.21
No. 19.05	-110	-67	-300.63	-1.50

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.5. Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

5 capas de SikaWrap® 300C - 50cm



6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2. Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1. Propiedades del tejido SikaWrap® 300C - 50cm :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido SikaWrap® 300C - 50cm se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1. Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4. Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

En caso de confinamiento de columnas, el solape mínimo en la dirección del tejido será de 150 mm

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS



Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

15/16

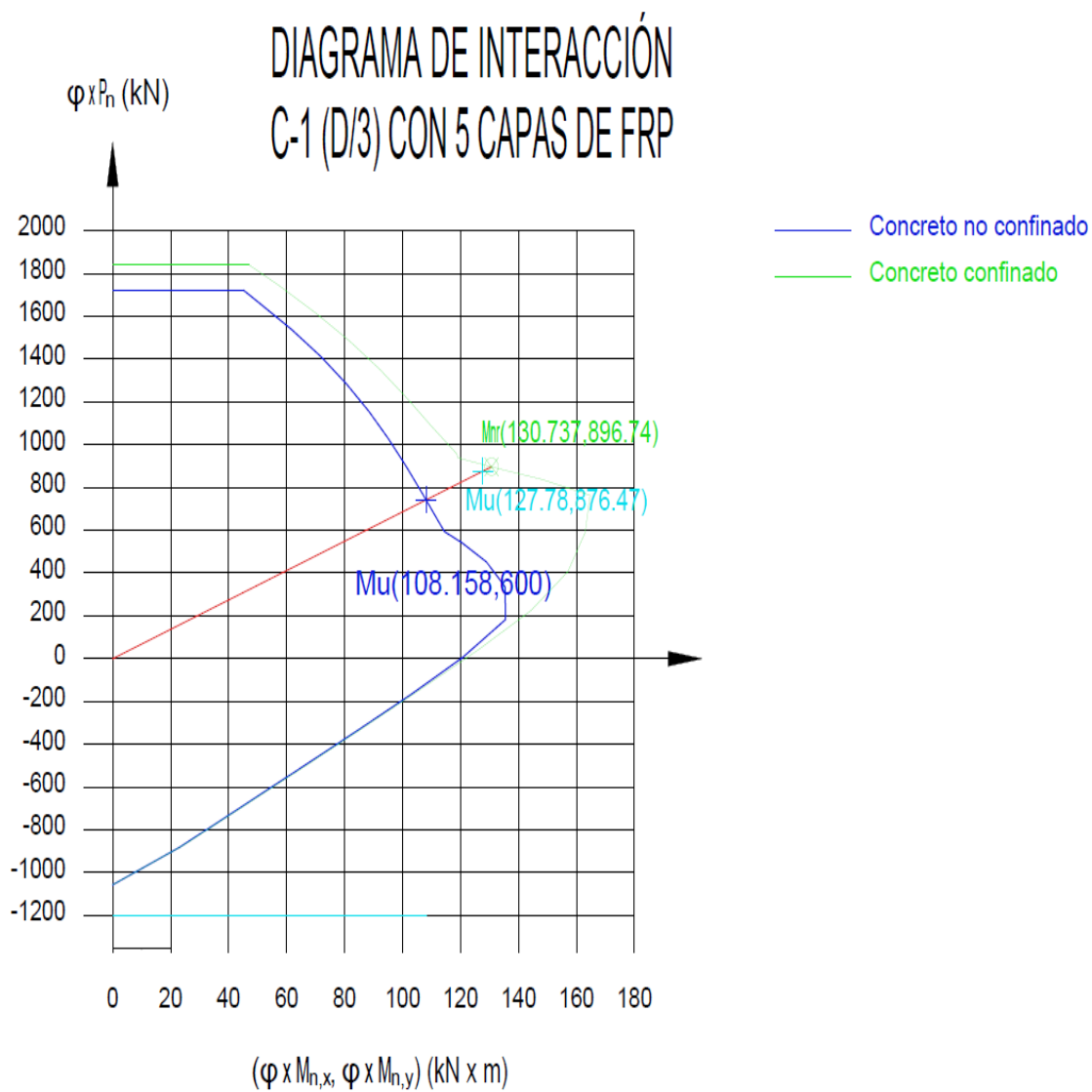
Elemento: C1-b3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Anexo 11. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(D-3) con 5 capa de refuerzo FRP.





SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-D3-5C

ÍNDICE

1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1. Geometría.....	3
2.2. Concreto.....	3
2.3. Acero de refuerzo.....	3
2.4. Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5. Factores de carga.....	4
2.6. Condiciones de exposición.....	4
3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO.....	4
3.1. Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP).....	5
4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	6
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	6
5. RESULTADOS.....	7
5.1. Resumen de resultados.....	7
5.2. Estados límite últimos.....	7
5.3. Estados límite de servicio.....	9
5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.).....	10
5.5. Disposición del FRP.....	12
6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	13
6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos.....	13
6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	13
6.1.2. Tejidos SikaWrap®.....	13

6.1.3. Adhesivo epoxi.....	14
6.1.4. Procedimiento de aplicación.....	14
7. AVISO LEGAL.....	16
8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	16

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/16

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

Refuerzo de pilar por medio de confinamiento con FRP.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

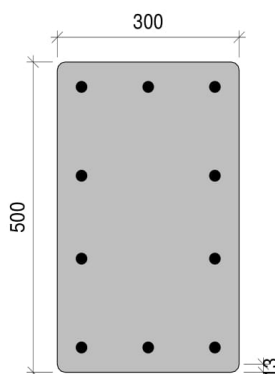
2.1. Geometría

Sección transversal = Rectangular (redondeada)

Ancho (b) = 300 mm

Canto (h) = 500 mm

Radio (r) = 13 mm



2.2. Concreto

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa

Probeta cilíndrica = 17 MPa

Probeta cúbica = 21 MPa

2.3. Acero de refuerzo

Recubrimiento X = 40 mm

Recubrimiento Y = 40 mm

Refuerzo	Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)
Esquina	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19
Cara X	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	2 x 19
Cara Y	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

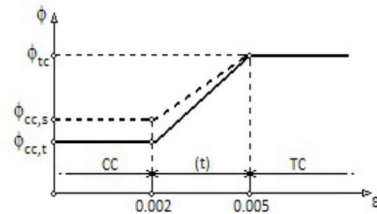
Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



2.4. Factores de reducción de resistencia



Definido por (Usuario)

$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	0.75
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	1.00
Acciones de servicio previstas	0.50	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

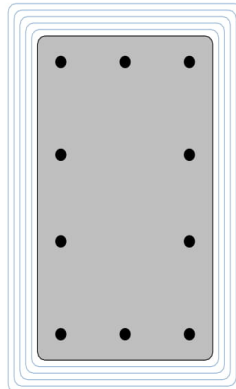
2.6. Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_d = 0.85$)

3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO

3.1. Propiedades del refuerzo FRP



Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
SikaWrap® 300C - 50cm	0.0135	220000.00	0.167	5	500.00

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

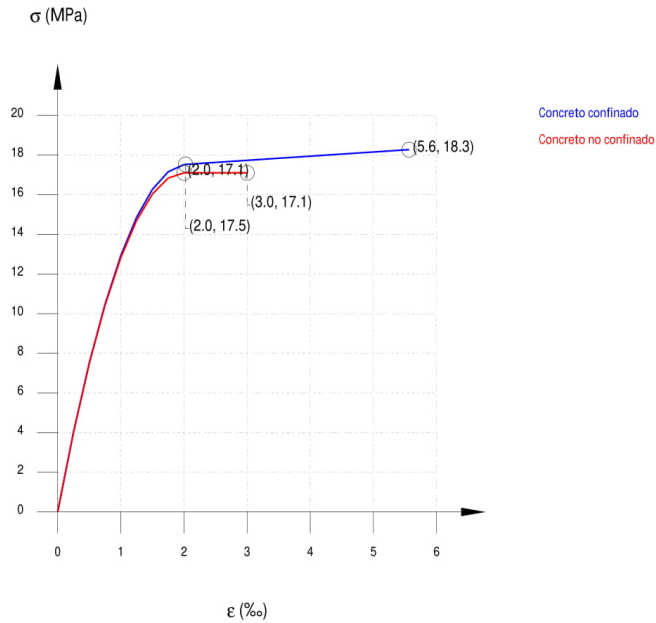
Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP)



Concreto no confinado*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_t} \right)^2 \right] & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\epsilon'_t : 0.0020$$

$$\epsilon_{cu} : 0.0030$$

El diagrama tensión-deformación adoptado para el concreto confinado mediante FRP es obtenido a partir de las siguientes expresiones (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \epsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \epsilon_c^2 & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \epsilon_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\epsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : 210.17 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\epsilon'_t : 0.0020$$

*La resistencia del elemento no confinado, y la resistencia del elemento confinado para para el modelo tensión-deformación considerado en el cálculo son, respectivamente, $0.85 \cdot f'_c$ y $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Resistencia máxima del concreto confinado

$$f'_{cc} = f'_c + \Psi_f \cdot 3 \cdot \kappa_d \cdot f_t$$

$$f'_{cc} : 18.27 \text{ MPa}$$

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Maxima presión de confinamiento

$$f_i = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

f_i : 2.52 MPa

Deformación efectiva de FRP en fallo

$$\epsilon_{fe} = \kappa_a \cdot \epsilon_{fu}$$

ϵ_{fe} : 0.0040

Máxima deformación de compresión en el concreto confinado con FRP

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

ϵ_{ccu} : 0.0056

f_i/f'_c : 0.15

Debería considerarse un factor de eficiencia de deformación κ_a de 0.55 y una relación de confinamiento mínima f_i/f'_c de 0.08 ✓

ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	C_E	ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_a	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_s/A_c	κ_a	κ_b	ψ_f
0.0135	2970.00	0.85	0.0115	2524.50	220000.00	0.55	0.0020	17100.00	5	0.167	583.10	0.41	0.15	0.53	0.95

4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

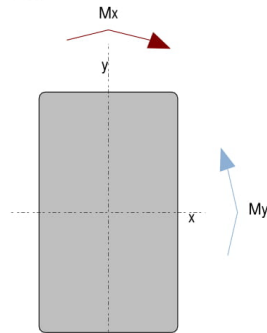
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$$P_{DL} = 876.47 \text{ kN}, M_{DL,x} = 127.70 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{DL,y} = 4.64 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Cargas vivas

$$P_{LL} = 0.00 \text{ kN}, M_{LL,x} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_{LL,y} = 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$



La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que no esté presente durante periodos tiempos prolongados

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



5. RESULTADOS

5.1. Resumen de resultados

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	964.12	140.47	5.10	Sección no reforzada X
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.69	876.47	127.70	4.64	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{c,max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,max} = 9.29$ MPa	$\sigma_{y,max} = 120.05$ MPa	9.29 MPa \leq 11.12 MPa ✓	120.05 MPa \leq 247.13 MPa ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	876.47	127.70	4.64	Sección no reforzada ✓

5.2. Estados límite últimos

Las siguientes limitaciones se aplican a miembros sujetos a esfuerzo axial de compresión y flexión combinados (ACI 440.2R-17, 12.2)

La deformación efectiva del encamisado de FRP queda limitada para asegurar la integridad a cortante del concreto confinado

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fu} \leq 0.004$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

El incremento de resistencia solo puede ser considerado cuando el esfuerzo axial aplicado y el momento flector, P y M_u , caen por encima de la línea que conecta el origen con el punto de balanceo en el diagrama P-M del elemento no confinado

Equilibrio de la sección. Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

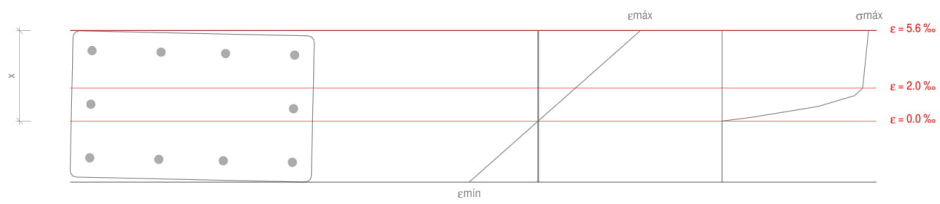
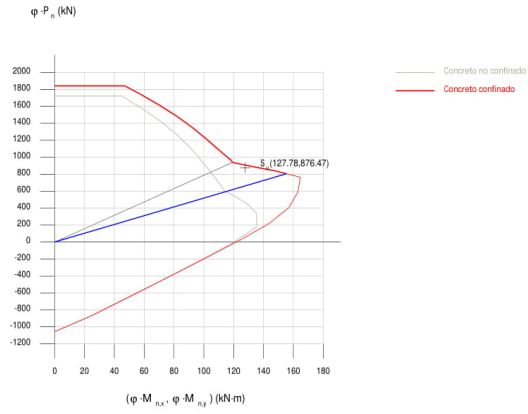
$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

La sección no está en equilibrio **X**

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la posibilidad de este tipo de daño.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada con cargas previstas mayoradas.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suíza)
www.sika.com

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\max} = 5.54 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{\min} = -3.75 \text{ ‰}$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 15.52 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 185.07 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	4.32
No. 19.05	110	-210	411.88	4.05
No. 19.05	-110	-210	-411.88	-2.53
No. 19.05	-110	210	-411.88	-2.26
No. 19.05	0	210	206.52	1.03
No. 19.05	0	-210	151.58	0.76
No. 19.05	110	67	411.88	4.23
No. 19.05	-110	67	-411.88	-2.35
No. 19.05	110	-67	411.88	4.14
No. 19.05	-110	-67	-411.88	-2.44

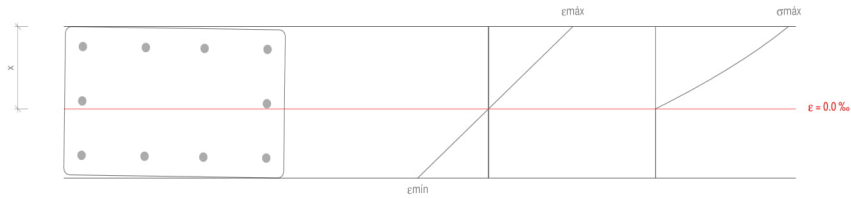
5.3. Estados límite de servicio

Para evitar la aparición de fisuras radiales bajo cargas de servicio, la deformación transversal en el concreto debe permanecer por debajo de su deformación de fisuración bajo cargas de servicio (ACI 440.2R-17, 12.1.3)
Esto equivale a limitar la tensión de compresión en el concreto a $0.65 \cdot f'_c$.

Además la tensión de servicio en el refuerzo longitudinal debe permanecer por debajo de $0.60 \cdot f_y$ para evitar deformaciones plásticas bajo cargas sostenidas o de servicio.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada bajo cargas de servicio.

$$S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{m\acute{a}x} = 0.79 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{m\acute{i}n} = -0.67 \text{ ‰}$
 Tensión máxima en el hormigón $f_c = 9.29 \text{ MPa}$
 Profundidad de la fibra neutra $x = 166.49 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19.05	110	210	120.05	0.60
No. 19.05	110	-210	114.65	0.57
No. 19.05	-110	-210	-94.72	-0.47
No. 19.05	-110	210	-89.32	-0.45
No. 19.05	0	210	15.36	0.08
No. 19.05	0	-210	9.96	0.05
No. 19.05	110	67	118.21	0.59
No. 19.05	-110	67	-91.17	-0.46
No. 19.05	110	-67	116.49	0.58
No. 19.05	-110	-67	-92.88	-0.46

5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.)

Equilibrio de la sección. Sección no reforzada.

$$S_{ij} = 1.00 \cdot S_{ix} + 1.00 \cdot S_{iy}$$

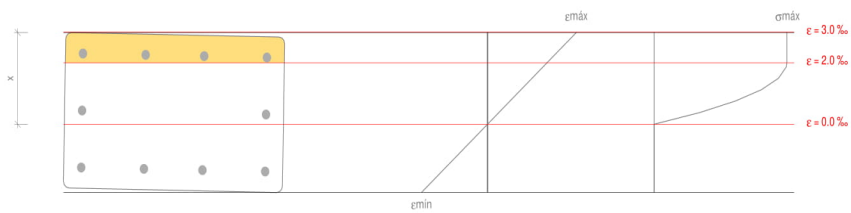
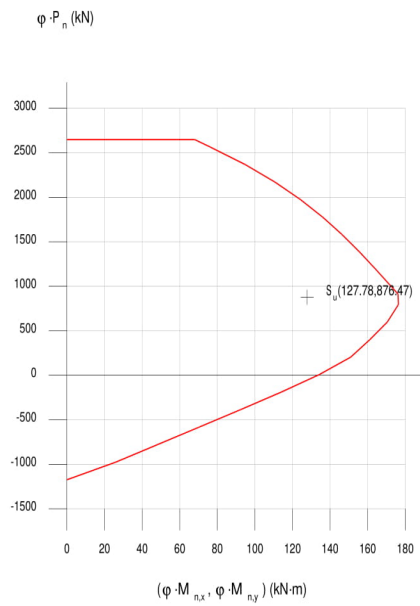
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

10/16

Elemento: C1-D3-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS





Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

11/16

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\max} = 2.99 \%$
 $\epsilon_{\min} = -2.22 \%$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 14.54 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 176.84 \text{ mm}$

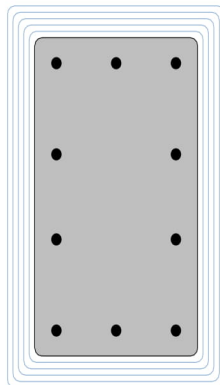
Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	2.30
No. 19.05	110	-210	411.88	2.17
No. 19.05	-110	-210	-308.27	-1.54
No. 19.05	-110	210	-282.28	-1.41
No. 19.05	0	210	89.02	0.45
No. 19.05	0	-210	63.03	0.32
No. 19.05	110	67	411.88	2.26
No. 19.05	-110	67	-291.14	-1.46
No. 19.05	110	-67	411.88	2.22
No. 19.05	-110	-67	-299.41	-1.50

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.5. Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

5 capas de SikaWrap® 300C - 50cm



6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

La lechada superficial en el substrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2. Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1. Propiedades del tejido SikaWrap® 300C - 50cm :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

13/16

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido SikaWrap® 300C - 50cm se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1. Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4. Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

En caso de confinamiento de columnas, el solape mínimo en la dirección del tejido será de 150 mm

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüfienwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

15/16

Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



7. AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Desarrollado por:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (España)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

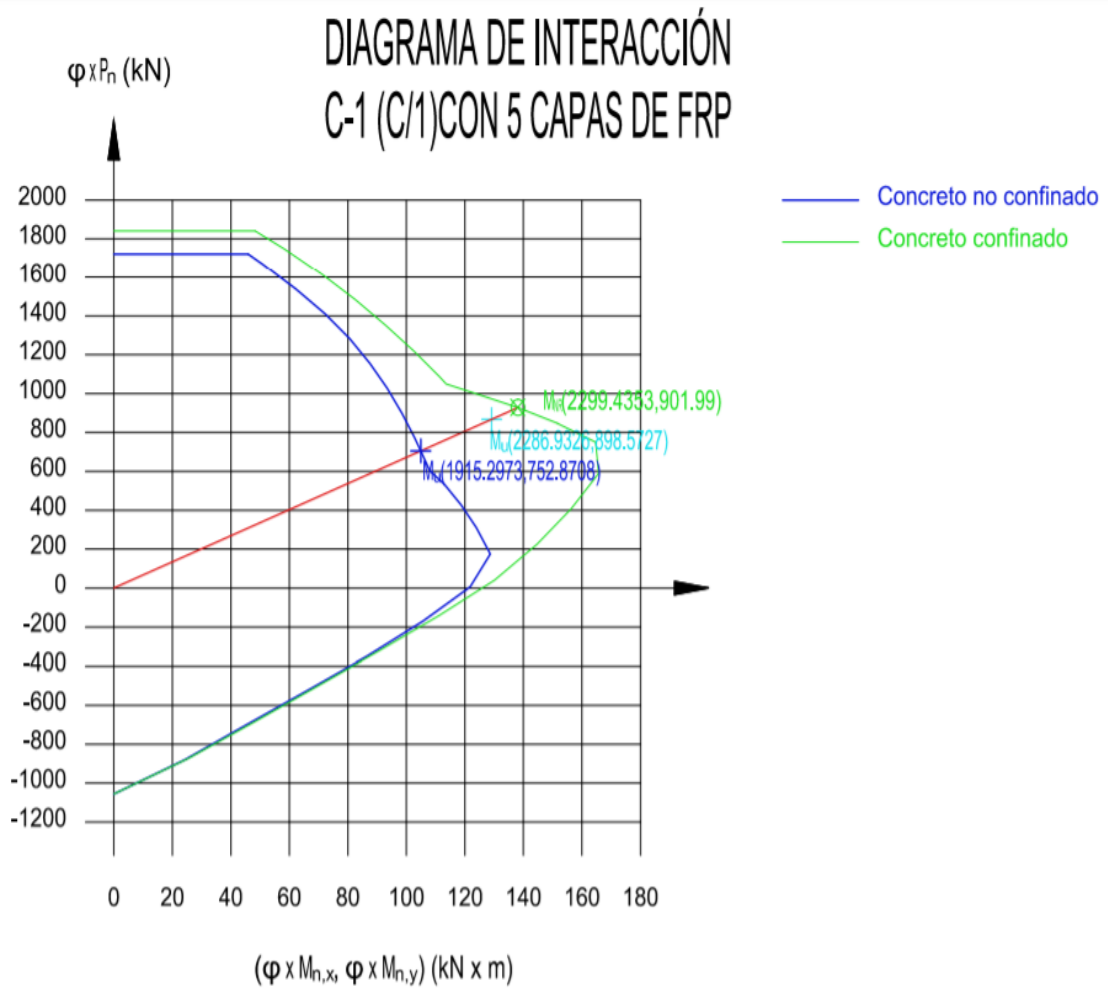
Elemento: C1-D3-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

16/16



Anexo 12. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(C-1) con 5 capa de refuerzo FRP.





SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-C1-5C

ÍNDICE

1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1. Geometría.....	3
2.2. Concreto.....	3
2.3. Acero de refuerzo.....	3
2.4. Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5. Factores de carga.....	4
2.6. Condiciones de exposición.....	4
3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO.....	4
3.1. Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP).....	5
4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	6
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	6
5. RESULTADOS.....	7
5.1. Resumen de resultados.....	7
5.2. Estados límite últimos.....	7
5.3. Estados límite de servicio.....	9
5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.).....	10
5.5. Disposición del FRP.....	12
6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	13
6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos.....	13
6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	13
6.1.2. Tejidos SikaWrap®.....	13

6.1.3. Adhesivo epoxi.....	14
6.1.4. Procedimiento de aplicación.....	14
7. AVISO LEGAL.....	16
8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	16

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/16

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

Refuerzo de pilar por medio de confinamiento con FRP.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

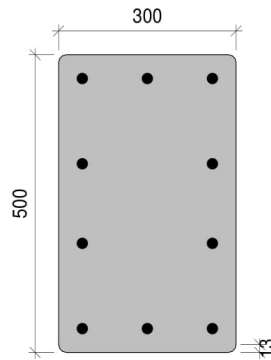
2.1. Geometría

Sección transversal = Rectangular (redondeada)

Ancho (b) = 300 mm

Canto (h) = 500 mm

Radio (r) = 13 mm



2.2. Concreto

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa

Probeta cilíndrica = 17 MPa

Probeta cúbica = 21 MPa

2.3. Acero de refuerzo

Recubrimiento X = 40 mm

Recubrimiento Y = 40 mm

Refuerzo	Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)
Esquina	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19
Cara X	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	2 x 19
Cara Y	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüfienwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

3/16

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

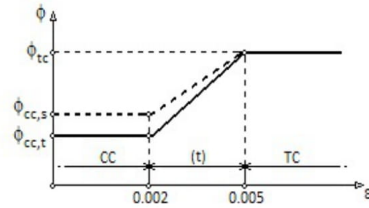
Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



2.4. Factores de reducción de resistencia

Definido por (Usuario)



$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$

2.5. Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	0.75
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	1.00
Acciones de servicio previstas	0.50	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

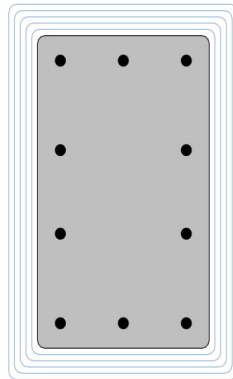
2.6. Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO

3.1. Propiedades del refuerzo FRP



Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
SikaWrap® 300C - 50cm	0.0135	220000.00	0.167	5	500.00

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

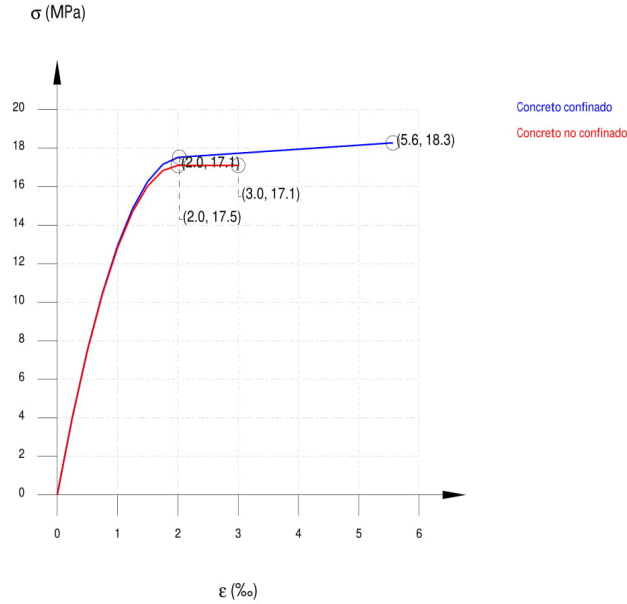
Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

4/16

BUILDING TRUST



3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP)



Concreto no confinado*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_c \\ f'_c & \epsilon'_c \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\epsilon'_c : 0.0020$$

$$\epsilon_{cu} : 0.0030$$

El diagrama tensión-deformación adoptado para el concreto confinado mediante FRP es obtenido a partir de las siguientes expresiones (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \epsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \epsilon_c^2 & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \epsilon_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\epsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : 210.17 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\epsilon'_t : 0.0020$$

*La resistencia del elemento no confinado, y la resistencia del elemento confinado para para el modelo tensión-deformación considerado en el cálculo son, respectivamente, $0.85 \cdot f'_c$ y $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Resistencia máxima del concreto confinado

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_f \cdot 3 \cdot \kappa_s \cdot f_f$$

$$f'_{cc} : 18.27 \text{ MPa}$$

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüfienwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

5/16

BUILDING TRUST



Maxima presión de confinamiento

$$f_i = \frac{2 \cdot E_i \cdot n \cdot t_i \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

f_i : 2.52 MPa

Deformación efectiva de FRP en fallo

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fu}$$

ϵ_{fe} : 0.0040

Máxima deformación de compresión en el concreto confinado con FRP

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_i}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

ϵ_{ccu} : 0.0056

f_i/f'_c : 0.15

Debería considerarse un factor de eficiencia de deformación κ_b de 0.55 y una relación de confinamiento mínima f_i/f'_c de 0.08 ✓

ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	C_E	ϵ_{du}	f_{fu} (MPa)	E_i (MPa)	κ_b	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_i (mm)	D (mm)	$A_c A_s$	κ_a	κ_b	ψ_f
0.0135	2970.00	0.85	0.0115	2524.50	220000.00	0.55	0.0020	17100.00	5	0.167	583.10	0.41	0.15	0.53	0.95

4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

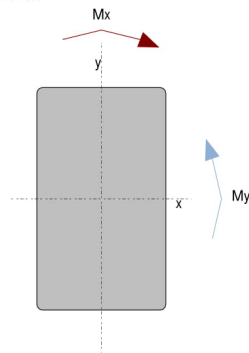
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$P_{DL} = 867.98$ kN, $M_{DL,x} = 123.11$ kN·m, $M_{DL,y} = 38.91$ kN·m

Cargas vivas

$P_{LL} = 0.00$ kN, $M_{LL,x} = 0.00$ kN·m, $M_{LL,y} = 0.00$ kN·m



La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que no esté presente durante periodos tiempos prolongados

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



5. RESULTADOS

5.1. Resumen de resultados

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$	0.65	954.78	135.42	42.80	Sección no reforzada X
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	0.74	867.98	123.11	38.91	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{c,Máx.} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,Máx.} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	$\sigma_{c,Máx.} = 10.02$ MPa	$\sigma_{y,Máx.} = 135.97$ MPa	10.02 MPa \leq 11.12 MPa ✓	135.97 MPa \leq 247.13 MPa ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$	1.00	867.98	123.11	38.91	Sección no reforzada ✓

5.2. Estados límite últimos

Las siguientes limitaciones se aplican a miembros sujetos a esfuerzo axial de compresión y flexión combinados (ACI 440.2R-17, 12.2)

La deformación efectiva del encamisado de FRP queda limitada para asegurar la integridad a cortante del concreto confinado

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fu} \leq 0.004$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

El incremento de resistencia solo puede ser considerado cuando el esfuerzo axial aplicado y el momento flector, P_u y $M_{u,x}$, caen por encima de la línea que conecta el origen con el punto de balanceo en el diagrama P-M del elemento no confinado

Equilibrio de la sección. Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

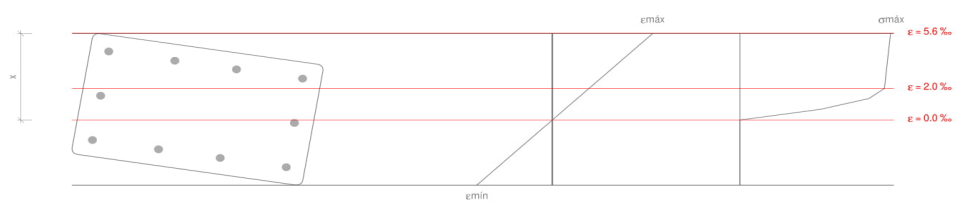
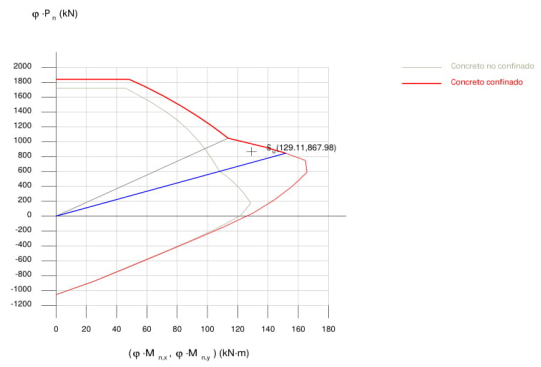
$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_{LL}$$

La sección no está en equilibrio **X**

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la posibilidad de este tipo de daño.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada con cargas previstas mayoradas.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$$



Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suíza)
 www.sika.com
8/16

Elemento: C1-C1-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{max} = 5.54 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{min} = -4.17 \text{ ‰}$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 15.52 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 211.94 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	4.39
No. 19.05	110	-210	411.88	2.65
No. 19.05	-110	-210	-411.88	-3.02
No. 19.05	-110	210	-256.31	-1.28
No. 19.05	0	210	311.19	1.56
No. 19.05	0	-210	-37.00	-0.19
No. 19.05	110	67	411.88	3.80
No. 19.05	-110	67	-375.01	-1.88
No. 19.05	110	-67	411.88	3.25
No. 19.05	-110	-67	-411.88	-2.43

5.3. Estados límite de servicio

Para evitar la aparición de fisuras radiales bajo cargas de servicio, la deformación transversal en el concreto debe permanecer por debajo de su deformación de fisuración bajo cargas de servicio (ACI 440.2R-17, 12.1.3). Esto equivale a limitar la tensión de compresión en el concreto a $0.65 \cdot f_c$. Además la tensión de servicio en el refuerzo longitudinal debe permanecer por debajo de $0.60 \cdot f_y$ para evitar deformaciones plásticas bajo cargas sostenidas o de servicio.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada bajo cargas de servicio.

$$S_r = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_L$$

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

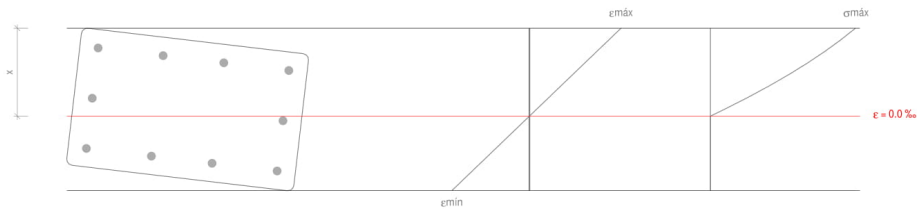
9/16

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST





Deformación máxima y mínima

$$\epsilon_{\max} = 0.88 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{\min} = -0.74 \text{ ‰}$$

Tensión máxima en el hormigón

$$f_c = 10.02 \text{ MPa}$$

Profundidad de la fibra neutra

$$x = 191.11 \text{ mm}$$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ε (‰)
No. 19.05	110	210	135.97	0.68
No. 19.05	110	-210	91.06	0.46
No. 19.05	-110	-210	-109.37	-0.55
No. 19.05	-110	210	-64.46	-0.32
No. 19.05	0	210	35.76	0.18
No. 19.05	0	-210	-9.15	-0.05
No. 19.05	110	67	120.66	0.60
No. 19.05	-110	67	-79.77	-0.40
No. 19.05	110	-67	106.37	0.53
No. 19.05	-110	-67	-94.06	-0.47

5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.)

Equilibrio de la sección. Sección no reforzada.

$$S_{U1} = 1.00 \cdot S_{Dk1} + 1.00 \cdot S_{Lk}$$

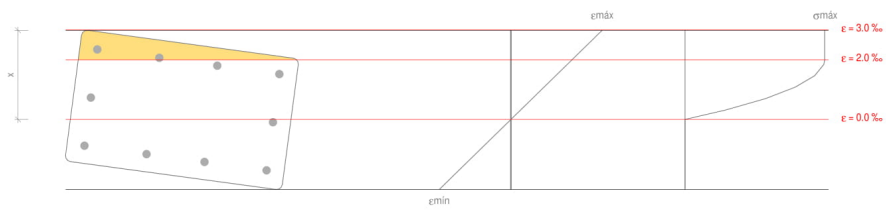
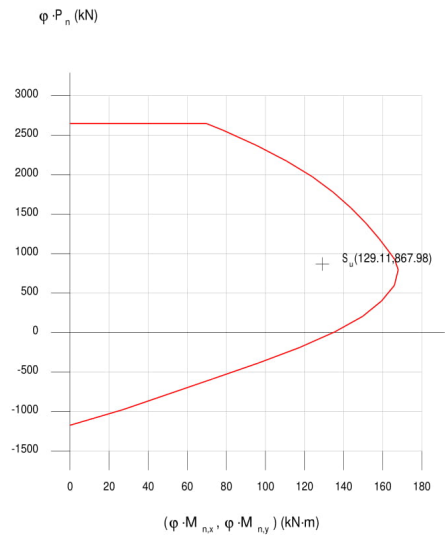
Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST





Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

11/16

Elemento: C1-C1-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\max} = 2.99 \%$
 $\epsilon_{\min} = -2.35 \%$
 Tensión máxima en el hormigón $f_c = 14.54 \text{ MPa}$
 Profundidad de la fibra neutra $x = 201.76 \text{ mm}$

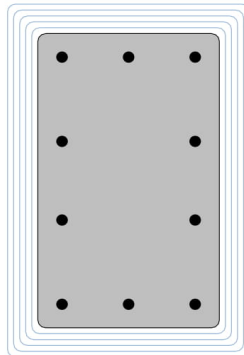
Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	2.35
No. 19.05	110	-210	303.91	1.52
No. 19.05	-110	-210	-341.29	-1.71
No. 19.05	-110	210	-176.12	-0.88
No. 19.05	0	210	146.47	0.73
No. 19.05	0	-210	-18.69	-0.09
No. 19.05	110	67	411.88	2.06
No. 19.05	-110	67	-232.43	-1.16
No. 19.05	110	-67	360.21	1.80
No. 19.05	-110	-67	-284.98	-1.42

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.5. Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

5 capas de SikaWrap® 300C - 50cm



Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2. Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1. Propiedades del tejido SikaWrap® 300C - 50cm :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido SikaWrap® 300C - 50cm se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1. Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4. Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

En caso de confinamiento de columnas, el solape mínimo en la dirección del tejido será de 150 mm

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

15/16

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



7. AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Desarrollado por:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (España)
www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-C1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

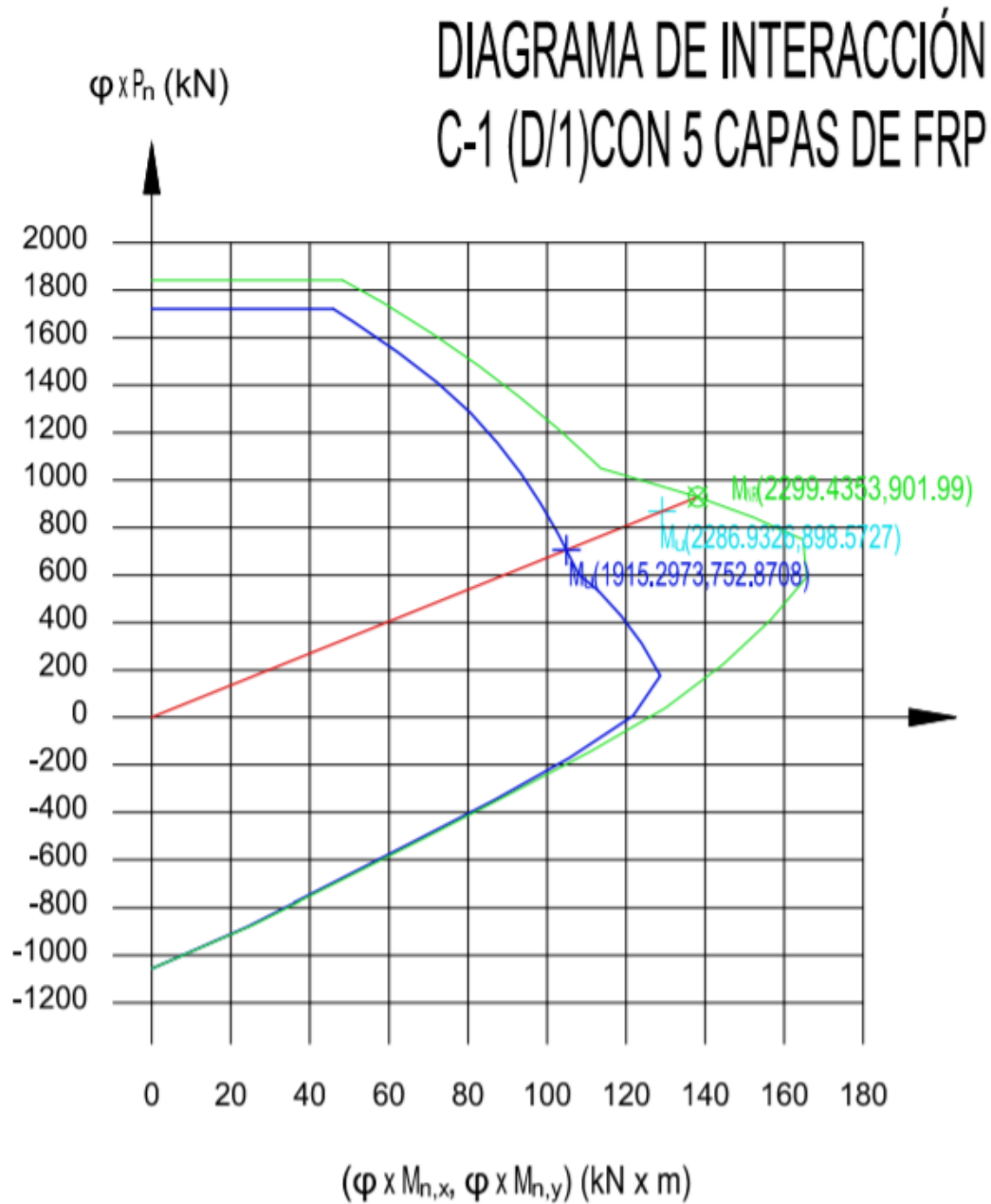
Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

16/16

BUILDING TRUST



Anexo 13. Verificación por flexo compresión de la columna C1-(D-1) con 5 capa de refuerzo FRP.



SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

PROYECTO: TESIS

ELEMENTO: C1-D1-5C

ÍNDICE

1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO.....	3
2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO.....	3
2.1. Geometría.....	3
2.2. Concreto.....	3
2.3. Acero de refuerzo.....	3
2.4. Factores de reducción de resistencia.....	4
2.5. Factores de carga.....	4
2.6. Condiciones de exposición.....	4
3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO.....	4
3.1. Propiedades del refuerzo FRP.....	4
3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP).....	5
4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS.....	6
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo).....	6
5. RESULTADOS.....	7
5.1. Resumen de resultados.....	7
5.2. Estados límite últimos.....	7
5.3. Estados límite de servicio.....	9
5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.).....	10
5.5. Disposición del FRP.....	12
6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO.....	13
6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos.....	13
6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto.....	13
6.1.2. Tejidos SikaWrap®.....	13

6.1.3. Adhesivo epoxi.....	14
6.1.4. Procedimiento de aplicación.....	14
7. AVISO LEGAL.....	16
8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE.....	16

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

2/16

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



1. CRITERIOS DE DISEÑO Y REGLAMENTO

Refuerzo de pilar por medio de confinamiento con FRP.

- ACI 440.2R-17
- ACI 318
- País: Perú

2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

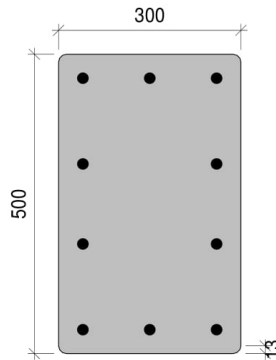
2.1. Geometría

Sección transversal = Rectangular (redondeada)

Ancho (b) = 300 mm

Canto (h) = 500 mm

Radio (r) = 13 mm



2.2. Concreto

Resistencia a compresión del hormigón

Resistencia del concreto (f'_c) = 17 MPa

Probeta cilíndrica = 17 MPa

Probeta cúbica = 21 MPa

2.3. Acero de refuerzo

Recubrimiento X = 40 mm

Recubrimiento Y = 40 mm

Refuerzo	Acero f_y (MPa)	E_s (MPa)	Número x d_s (mm)
Esquina	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19
Cara X	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	2 x 19
Cara Y	(Usuario ($f_y = 411.88$ MPa)) 412	200000	4 x 19

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

3/16

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



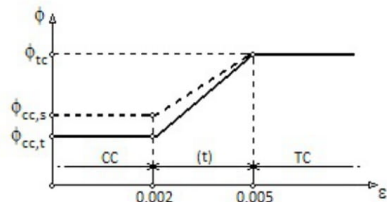
2.4. Factores de reducción de resistencia

Definido por (Usuario)

$$\phi_{cc,t} = 0.65$$

$$\phi_{cc,s} = 0.75$$

$$\phi_{tc} = 0.90$$



2.5. Factores de carga

Valores de usuario	Cargas muertas	Cargas vivas
Límites del refuerzo	1.10	0.75
Acciones esperadas (diseño del refuerzo)	1.00	1.00
Acciones de servicio previstas	0.50	1.00
Caso de incendio	1.00	1.00

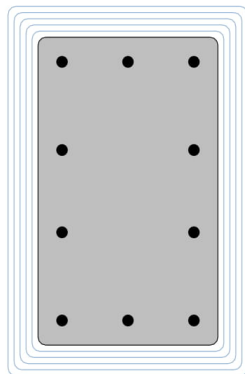
2.6. Condiciones de exposición

Tipo de fibra: Carbono

Condiciones de exposición: Exposición exterior ($C_e = 0.85$)

3. REFUERZO FRP DE CONFINAMIENTO

3.1. Propiedades del refuerzo FRP



Laminado	ϵ_{fu}	E_f (MPa)	Espesor t_f (mm)	Número n	Ancho (mm)
SikaWrap® 300C - 50cm	0.0135	220000.00	0.167	5	500.00

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

4/16

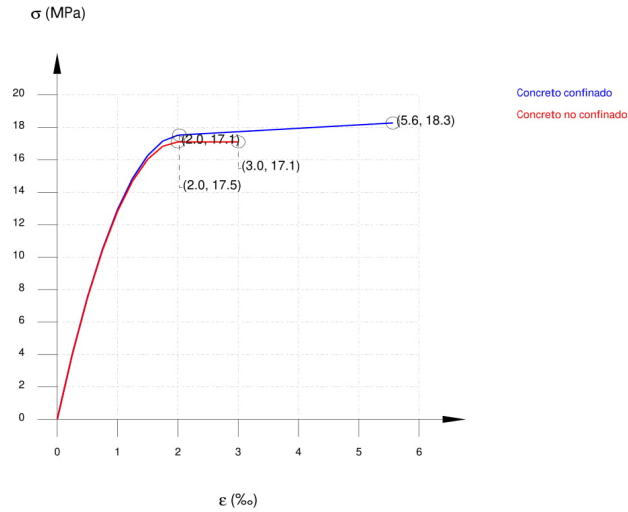
Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



3.2. Diagrama tensión deformación (concreto no confinado y confinado mediante FRP)



Concreto no confinado*

$$f_c = \begin{cases} f'_c \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{E_c}{E'_c} \right)^2 \right] & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_c \\ f'_c & \epsilon'_c \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \end{cases}$$

$$\epsilon'_c : 0.0020$$

$$\epsilon_{cu} : 0.0030$$

El diagrama tensión-deformación adoptado para el concreto confinado mediante FRP es obtenido a partir de las siguientes expresiones (ACI 440.2R-17, 12.1)*

$$f_c = \begin{cases} E_c \cdot \epsilon_c - \frac{(E_c - E_2)^2}{4 \cdot f'_c} \cdot \epsilon_c^2 & 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon'_t \\ f'_c + E_2 \cdot \epsilon_c & \epsilon'_t \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{ccu} \end{cases}$$

$$E_2 = \frac{f'_{cc} - f'_c}{\epsilon_{ccu}}$$

$$E_2 : 210.17 \text{ MPa}$$

$$\epsilon'_t = \frac{2 \cdot f'_c}{E_c - E_2}$$

$$\epsilon'_t : 0.0020$$

*La resistencia del elemento no confinado, y la resistencia del elemento confinado para para el modelo tensión-deformación considerado en el cálculo son, respectivamente, $0.85 \cdot f'_c$ y $0.85 \cdot f'_{cc}$.

Resistencia máxima del concreto confinado

$$f'_{cc} = f'_c + \psi_f \cdot 3.3 \cdot \kappa_s \cdot f_c$$

$$f'_{cc} : 18.27 \text{ MPa}$$

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Maxima presión de confinamiento

$$f_l = \frac{2 \cdot E_f \cdot n \cdot t_f \cdot \epsilon_{fe}}{D}$$

f_l : 2.52 MPa

Deformación efectiva de FRP en fallo

$$\epsilon_{fe} = \kappa_c \cdot \epsilon_{fu}$$

ϵ_{fe} : 0.0040

Máxima deformación de compresión en el concreto confinado con FRP

$$\epsilon_{ccu} = \epsilon'_c \cdot \left(1.50 + 12 \cdot \kappa_b \cdot \frac{f_l}{f'_c} \cdot \left(\frac{\epsilon_{fe}}{\epsilon'_c} \right)^{0.45} \right) \leq 0.01$$

ϵ_{ccu} : 0.0056

f_l/f'_c : 0.15

Debería considerarse un factor de eficiencia de deformación κ_c de 0.55 y una relación de confinamiento mínima f_l/f'_c de 0.08 ✓

ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	C_E	ϵ_{fu}	f_{fu} (MPa)	E_f (MPa)	κ_c	ϵ'_c	E_c (MPa)	n	t_f (mm)	D (mm)	A_o/A_c	κ_a	κ_b	ψ_f
0.0135	2970.00	0.85	0.0115	2524.50	220000.00	0.55	0.0020	17100.00	5	0.167	583.10	0.41	0.15	0.53	0.95

4. COMBINACIONES DE CARGA PREVISTAS

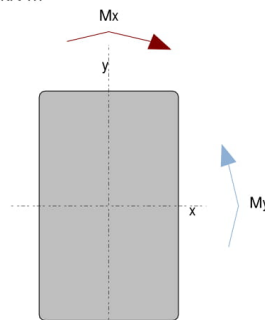
4.1. Acciones esperadas (diseño del refuerzo)

Cargas muertas

$P_{DL} = 837.07$ kN, $M_{DL,x} = 123.42$ kN-m, $M_{DL,y} = 35.36$ kN-m

Cargas vivas

$P_{LL} = 0.00$ kN, $M_{LL,x} = 0.00$ kN-m, $M_{LL,y} = 0.00$ kN-m



La carga viva que actúa sobre el elemento se espera que no esté presente durante periodos tiempos prolongados

5. RESULTADOS

5.1. Resumen de resultados

Límites del refuerzo (ACI440.2R-17, 9.2)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_L$	0.65	920.78	135.76	38.90	Sección no reforzada X
Sección reforzada bajo cargas previstas					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_L$	0.74	837.07	123.42	35.36	Sección reforzada ✓
Estados límite de servicio					
Acciones	Tensiones de servicio		$\sigma_{c,max} \leq 0.65 \cdot f'_c$	$\sigma_{y,max} \leq 0.60 \cdot f_y$	
$S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_L$	$\sigma_{c,max} = 9.92$ MPa	$\sigma_{y,max} = 133.28$ MPa	9.92 MPa \leq 11.12 MPa ✓	133.28 MPa \leq 247.13 MPa ✓	
Resistencia al fuego (t=0 min.)					
Acciones	ϕ	P_u (kN)	$M_{u,x}$ (kN·m)	$M_{u,y}$ (kN·m)	$\phi \cdot P_{n,max} \geq P_u; \phi \cdot S_n \geq S_u$
$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_L$	1.00	837.07	123.42	35.36	Sección no reforzada ✓

5.2. Estados límite últimos

Las siguientes limitaciones se aplican a miembros sujetos a esfuerzo axial de compresión y flexión combinados (ACI 440.2R-17, 12.2)

La deformación efectiva del encamisado de FRP queda limitada para asegurar la integridad a cortante del concreto confinado

$$\epsilon_{fe} = \kappa_e \cdot \epsilon_{fu} \leq 0.004$$

$$\epsilon_{fe} : 0.0040$$

El incremento de resistencia solo puede ser considerado cuando el esfuerzo axial aplicado y el momento flector, P y $M_{u,x}$, caen por encima de la línea que conecta el origen con el punto de balanceo en el diagrama P-M del elemento no confinado

Equilibrio de la sección. Límites del refuerzo. Combinación mínima de cargas que debe resistir el elemento sin reforzar (ACI440.2R-17, Sección 9.2).

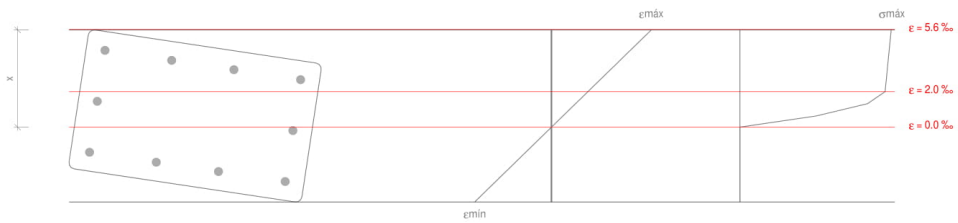
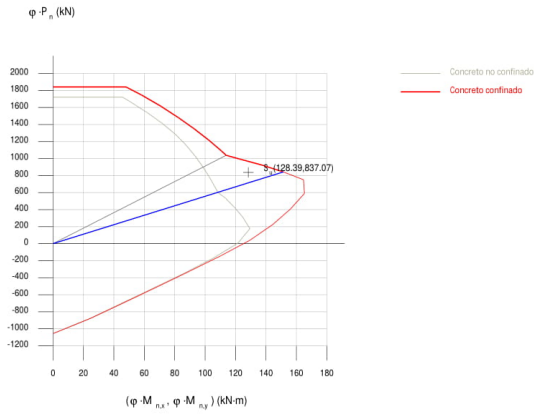
$$S_u = 1.10 \cdot S_{DL} + 0.75 \cdot S_L$$

La sección no está en equilibrio **X**

La verificación concerniente a los límites del refuerzo (ACI440.2R-17 9.2) no se cumple, por tanto la sección restante de concreto reforzado por sí misma no es capaz de resistir un cierto nivel de cargas en caso de que el FRP se dañe como consecuencia de un impacto, vandalismo o por otra causa. Es por ello necesaria una protección del FRP para evitar la posibilidad de este tipo de daño.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada con cargas previstas mayoradas.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_L$$



Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

8/16

Elemento: C1-D1-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\max} = 5.54 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{\min} = -4.26 \text{ ‰}$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 15.52 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 207.53 \text{ mm}$

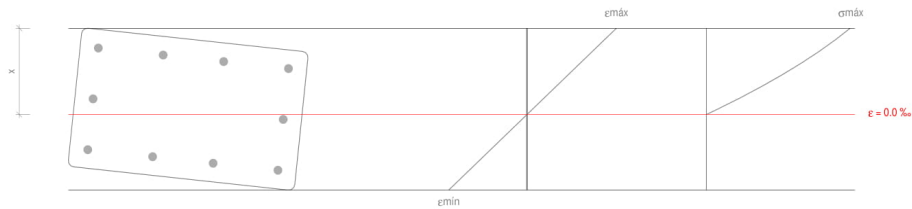
Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	4.37
No. 19.05	110	-210	411.88	2.71
No. 19.05	-110	-210	-411.88	-3.10
No. 19.05	-110	210	-285.98	-1.43
No. 19.05	0	210	294.47	1.47
No. 19.05	0	-210	-39.32	-0.20
No. 19.05	110	67	411.88	3.81
No. 19.05	-110	67	-399.77	-2.00
No. 19.05	110	-67	411.88	3.27
No. 19.05	-110	-67	-411.88	-2.53

5.3. Estados límite de servicio

Para evitar la aparición de fisuras radiales bajo cargas de servicio, la deformación transversal en el concreto debe permanecer por debajo de su deformación de fisuración bajo cargas de servicio (ACI 440.2R-17, 12.1.3). Esto equivale a limitar la tensión de compresión en el concreto a $0.65 \cdot f_c$.

Además la tensión de servicio en el refuerzo longitudinal debe permanecer por debajo de $0.60 \cdot f_y$ para evitar deformaciones plásticas bajo cargas sostenidas o de servicio.

Equilibrio de la sección. Sección reforzada bajo cargas de servicio.
 $S_u = 0.50 \cdot S_{DL} + 1.00 \cdot S_{LL}$



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{máx} = 0.86 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{mín} = -0.76 \text{ ‰}$
 Tensión máxima en el hormigón $f_c = 9.92 \text{ MPa}$
 Profundidad de la fibra neutra $x = 185.67 \text{ mm}$

Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	133.28	0.67
No. 19.05	110	-210	92.06	0.46
No. 19.05	-110	-210	-111.78	-0.56
No. 19.05	-110	210	-70.56	-0.35
No. 19.05	0	210	31.36	0.16
No. 19.05	0	-210	-9.86	-0.05
No. 19.05	110	67	119.23	0.60
No. 19.05	-110	67	-84.61	-0.42
No. 19.05	110	-67	106.12	0.53
No. 19.05	-110	-67	-97.73	-0.49

5.4. Resistencia al fuego (t=0 min.)

Equilibrio de la sección. Sección no reforzada.

$$S_u = 1.00 \cdot S_{0L} + 1.00 \cdot S_{1L}$$

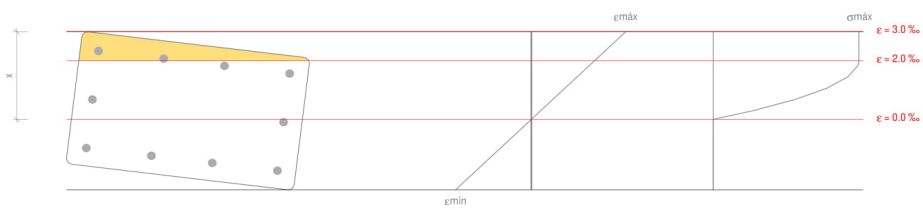
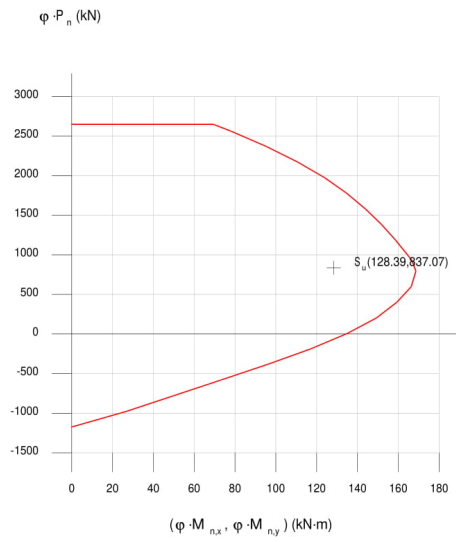
Sika Services AG
 Corporate Tech. Dept.
 Tüffenwies 16
 8048 Zürich (Suiza)
 www.sika.com

Elemento: C1-D1-5C
 Editor:
 Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
 Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST





Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

11/16

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS



Deformación máxima y mínima $\epsilon_{\text{máx}} = 2.99 \text{ ‰}$
 $\epsilon_{\text{mín}} = -2.40 \text{ ‰}$
Tensión máxima en el hormigón $f_c = 14.54 \text{ MPa}$
Profundidad de la fibra neutra $x = 196.78 \text{ mm}$

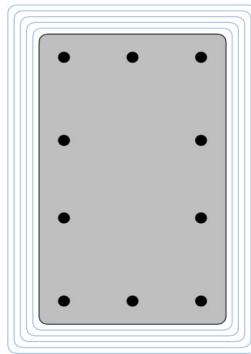
Tensión y deformación de los refuerzos				
Ref.	Coord. X (mm)	Coord. Y (mm)	f (MPa)	ϵ (‰)
No. 19.05	110	210	411.88	2.33
No. 19.05	110	-210	312.49	1.56
No. 19.05	-110	-210	-350.07	-1.75
No. 19.05	-110	210	-195.93	-0.98
No. 19.05	0	210	135.35	0.68
No. 19.05	0	-210	-18.79	-0.09
No. 19.05	110	67	411.88	2.07
No. 19.05	-110	67	-248.48	-1.24
No. 19.05	110	-67	365.03	1.83
No. 19.05	-110	-67	-297.53	-1.49

La resistencia nominal del elemento no reforzado supera la requerida para la combinación de cargas correspondiente a la situación de incendio. El refuerzo FRP, por tanto, no es necesario durante la situación de incendio, y no es necesario aplicarle protección. Si se necesita una cierta resistencia al fuego, el proyectista debe evaluar la necesidad de necesidad de aplicar una protección al elemento de hormigón armado de acuerdo con la normativa local.

5.5. Disposición del FRP

Los resultados previos corresponden al siguiente esquema FRP:

5 capas de SikaWrap® 300C - 50cm



Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



6. ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

6.1. Tejidos SikaWrap® adheridos

Se obtendrá el refuerzo mediante tejido de carbono unidireccional, saturado y adherido externamente a la estructura mediante adhesivo epoxi Sikadur®-330

Las fibras deberán estar alineadas y libres de torsión.

El material dispondrá de un registro de utilización (> 25 años) para refuerzo estructural.

El tejido de fibra será unidireccional y elaborado mediante fibras de carbonos elaboradas a partir de PAN.

Será posible la instalación en varias capas.

Se aportarán los valores correspondientes a las propiedades mecánicas medidos a partir de los tejidos laminados, basados en series de ensayos de al menos 20 muestras.

6.1.1. Preparación de la superficie de hormigón/concreto

Cualquier material no cohesivo será retirado, y el hormigón/concreto será reparado tal y como se indica anteriormente. Cualquier oquedad significativa o nido de grava será rellenado con un mortero de reparación adecuado.

Los materiales de reparación serán totalmente compatibles con el adhesivo.

La resistencia real a arrancamiento del soporte de hormigón/concreto será verificada al menos mediante 3 ensayos de pull-off.

El hormigón/concreto tendrá una edad superior a 28 días.

La lechada superficial en el sustrato será eliminada hasta que se logre una superficie de poro abierto.

La superficie del soporte será limpiada hasta que quede libre de aceites, grasas y cualquier otro contaminante, así como de partículas sueltas y polvo.

Para la aplicación de tejidos, se redondearán todas las esquinas con un radio de 20mm, eliminando cualquier borde anguloso.

La humedad del soporte será inferior al 4% pbw.

6.1.2. Tejidos SikaWrap®

Los materiales cumplirán con las prestaciones mínimas indicadas a continuación:

6.1.2.1. Propiedades del tejido SikaWrap® 300C - 50cm :

Propiedades del tejido seco:

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 230000 N/mm ² (MPa)
Resistencia a tracción	EN 2561/ASTM D3039	≈ 4000 N/mm ² (MPa)
Deformación de rotura	EN 2561/ASTM D3039	1.35 %

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

13/16

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Propiedades del laminado (respecto al espesor del tejido seco):

Módulo Elástico	EN 2561/ASTM D3039	≈ 220000 N/mm ² (MPa)
-----------------	--------------------	----------------------------------

6.1.3. Adhesivo epoxi

Los adhesivos serán de naturaleza epoxi.

La imprimación del soporte y la impregnación del tejido SikaWrap® 300C - 50cm se realizará mediante Sikadur®-330

6.1.3.1. Propiedades del adhesivo Sikadur®-330

El adhesivo cumplirá con lo establecido en la EN 1504-4.

Base química		Resina epoxi
Densidad		1.30 kg/l (a +23°C).
Viscosidad (velocidad de cizalladura 50/S)	+10°C	≈ 10000 mPas
	+23°C	≈ 6000 mPas
	+35°C	≈ 5000 mPas
Coefficiente de expansión térmica	-10°C a +40°C	4.5 x 10 ⁻⁵ por °C
Estabilidad térmica. HDT (ASTM D648)	Curado	
	7 días, +10°C	+36°C
	7 días, +23°C	+47°C
	7 días, +35°C	+53°C
Temperatura de servicio	23°C Curado	-40°C a +45°C
Resistencia a tracción	DIN EN ISO 527-3	30 N/mm ² (7 días a +23°C)
Adherencia (soporte chorreado con arena)	DIN EN ISO 4624	Fractura del hormigón/concreto (> 4 N/mm ²)
Módulo elástico (flexión)	DIN EN 1465	3800 N/mm ² (7 días a +23°C)
Módulo elástico a tracción	DIN EN ISO 527-3	4500 N/mm ² (7 días a +23°C)
Deformación de rotura	DIN EN ISO 527-3	0.9% (7 días a +23°C)

6.1.4. Procedimiento de aplicación

El tejido se cortará a la medida adecuada mediante tijeras especiales para fibra.

En caso de confinamiento de columnas, el solape mínimo en la dirección del tejido será de 150 mm

Se dispondrá una primera capa de la resina de impregnación sobre la superficie del sustrato, usando una espátula dentada o un rodillo.

El tejido será colocado sobre el soporte, presionándolo suavemente e impregnando la resina en el tejido mediante un rodillo de impregnación hasta que el tejido esté totalmente saturado.

Las capas adicionales se dispondrán tal y como se indicó anteriormente, preferiblemente húmedo sobre húmedo.

En caso de un revestimiento cementoso, la superficie final de resina se saturará con árido de cuarzo.

La impregnación se efectuará siempre en la dirección de las fibras.

Tras la aplicación, el tejido saturado se protegerá de la lluvia, arena, polvo o cualquier otro contaminante.

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



Si fuera necesario, el sistema aplicado será protegido con un revestimiento adecuado (se dispondrán de tests de compatibilidad entre el tejido y el revestimiento).

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

15/16

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



7. AVISO LEGAL

EL USO Y/O LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE Y LOS RESULTADOS RESPECTIVOS DEBEN SER DETERMINADOS SOLAMENTE POR USUARIOS PROFESIONALES CON CONOCIMIENTOS ESPECIALES EN EL ÁREA DEL USO Y/O LA APLICACIÓN PREVISTO/A. LOS USUARIOS TIENEN QUE VERIFICAR INDEPENDIEMENTE LOS RESULTADOS OBTENIDOS ANTES DEL USO. TAMBIÉN TIENEN QUE SEGUIR RIGUROSAMENTE LAS CONDICIONES LOCALES DEL USO Y/O DE LA APLICACIÓN, LAS HOJAS DE DATOS DE PRODUCTOS Y LA LITERATURA RESPECTIVA, EL ESTADO DE LA TÉCNICA ASÍ COMO LAS NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN LOCALES.

El software está disponible "TAL CUAL" Y SIN NINGUNA GARANTÍA O INDEMNIZACIÓN DE NINGUNA CLASE. SIKA NO OTORGA GARANTÍAS, CONDICIONES, INDEMNIZACIONES, REPRESENTACIONES O TÉRMINOS, EXPRESOS O IMPLÍCITOS, YA SEA POR ESTATUTO, JURISPRUDENCIA, COSTUMBRE, USO O POR CUALQUIER OTRA FORMA en relación con el uso del software.

En ningún caso Sika será responsable ante usted por cualquier daño, reclamación o costos de cualquier naturaleza, ni de ningún daño resultante, indirecto, incidental, punitivo o especial, ni de perjuicios o pérdida de ahorros o de cualquier otro tipo que surja de cualquier forma debido a la instalación, uso o mantenimiento del software.

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite.

Salvo que se indique lo contrario, toda la información, texto, imágenes gráficas, características o funciones, y el diseño contenidos en este software son propiedad exclusiva de Sika y no podrán ser copiados o distribuidos, en su totalidad o en parte, sin el consentimiento expreso y por escrito de la Compañía

Al facilitar información a Sika, usted concede a la Compañía la licencia no restringida e irrevocable para utilizar, reproducir, exhibir, modificar, distribuir y reproducir tal información. La información personal será utilizada por Sika sólo para procesar solicitudes de información efectuadas por el usuario o para la comercialización de nuestros productos y servicios.

© Copyright Sika Services AG 2016

8. ACERCA DE SIKA® CARBODUR® CALCULATION SOFTWARE

Desarrollado por:



Cype Software - Eusebio Sempere, 5 - 03003 Alicante (España)

www.cype.com

Sika Services AG
Corporate Tech. Dept.
Tüffenwies 16
8048 Zürich (Suiza)
www.sika.com

Elemento: C1-D1-5C
Editor:
Notas: COLUMNA CORTA

Fecha: 07/05/2020
Proyecto: TESIS

BUILDING TRUST



16/16

Anexo 14. Ficha técnica de FRP utilizado "SIKAWRAP -300C



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaWrap®-300 C

TEJIDO DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaWrap®-300 C es un tejido unidireccional de fibra de carbono. El material es saturado en campo usando Sika-dur 301 adhesivo epóxico, para conformar el polímero reforzado con fibras (CFRP) usado para el reforzamiento de elementos estructurales.

USOS

SikaWrap®-300 C puede ser usado solamente por profesionales con experiencia.

Para el reforzamiento a flexión, cortante, confinamiento de elementos estructurales tales como vigas, columnas, losas, muros por las siguientes causas:

Incremento de Cargas

- Incremento de carga viva en bodegas
- Incremento de volumen de tráfico en puentes
- Instalación de maquinaria pesada en edificios industriales
- Estructuras con vibración
- Cambios en el uso de edificio

Reforzamiento Sísmico

- Envoltura de columnas (confinamiento)
- Paredes de mampostería no reforzada

Diseño de partes estructurales

- Envejecimiento de materiales de construcción (corrosión).
- Impacto de vehículos
- Fuego
- Cambio en el sistema estructural
- Remoción de secciones de losa y muros para aberturas de acceso

Defectos de diseño o construcción

- Refuerzo insuficiente
- Altura insuficiente de los elementos

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Es flexible, puede colocarse envolviendo elementos de forma compleja
- Alta resistencia, bajo peso y no se corroe
- Resistente a sustancias alcalinas y ácidas
- Bajo impacto estético y económico
- Puede ser aplicado en seco o en húmedo

INFORMACION DEL PRODUCTO

Construcción	Dirección de la fibra: 0° (unidireccional)
Empaques	Presentación: Rollos de 50 m ² / (Ancho: 0.50 m x Largo: 100 m) Peso por m ² : 300 g
Vida en el recipiente	N/A
Condiciones de Almacenamiento	Se debe proteger el material de posible ataque mecánico o contaminación, por tal razón se debe almacenar en su empaque bien cerrado. Transportar con las precauciones normales para productos delicados.

Hoja de Datos del Producto
SikaWrap®-300 C
Marzo 2018, Versión 01.01
020206020010000011

Anexo 15. Matriz de consistencia.

"DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN "D" EN LA I.E. N° 1190"								
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	DISEÑO METODOLOGICO		
<p>¿De qué manera el diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas de la I.E. N° 1190?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>PE1. ¿De qué manera influye el diseño de reforzamiento con fibra de carbono para incrementar la capacidad a flexo compresión de las columnas cortas de la I.E. N° 1190?</p> <p>PE2. ¿De qué manera influye el diseño de reforzamiento con fibra de carbono para incrementar la capacidad a corte de las columnas cortas de la I.E. N° 1190?</p>	<p>Determinar cómo el diseño del reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural de las columnas cortas de la I.E. N° 1190.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>OE1. Determinar cómo el reforzamiento de fibra de carbono incrementara la capacidad a flexo-compresión en las columnas cortas de la I.E. N° 1190.</p> <p>OE2. Determinar cómo el diseño de reforzamiento con fibra de carbono incrementara la capacidad a corte en las columnas cortas de la I.E. N° 1190.</p>	<p>El reforzamiento con fibra de carbono incrementa el comportamiento estructural en las columnas cortas de la I.E. N° 1190.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>HE1. El diseño de reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a flexo-compresión de las columnas cortas en la I.E. N° 1190.</p> <p>HE2. El diseño de reforzamiento con fibra de carbono incrementa la capacidad a corte de las columnas cortas en la I.E. N° 1190.</p>	<p>Independiente:</p> <p>Diseño del reforzamiento con fibra de carbono</p>	<p>Características geométricas</p>	<p>Espesor nominal de un pliego de refuerzo de FRP</p> <p>(t_f)</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicada y cuantitativa</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Población:</p> <p>Columnas cortas del Pabellón "D" En La I.E. N° 1190</p> <p>Técnica:</p> <p>Modelamiento de la edificación en programa ETABS y uso del programa SIKACARBODUR para el diseño</p> <p>Instrumento:</p> <p>Software ETABS, SIKACARBODUR</p>		
					<p>Ancho del pliego de refuerzo de FRP (w_f)</p>			
					<p>Números de pliegos de refuerzo de FRP (N)</p>			
				<p>Características del material</p>	<p>Módulo de elasticidad a tracción del FRP (E_f)</p>			
			<p>Deformación máxima de ruptura del refuerzo de FRP</p> <p>(ϵ_{fu}^*)</p>					
			<p>Dependiente:</p> <p>Comportamiento estructural de columnas cortas</p>	<p>Rigidez global de la estructura</p>	<p>Derivas y desplazamientos</p>		<p>Capacidad de la sección</p>	<p>Capacidad a flexo-compresión</p>
								<p>Capacidad a corte</p>

Anexo 16. Verificación de % de similitud del Turnitin.



Anexo 17. Resultados de Laboratorio

CONSULTORÍA - Control de la Calidad - Materiales de Construcción – Diseño de mezclas de concreto –
Ensayos destructivos y no destructivos

INFORME TÉCNICO

ATENCIÓN : RIOS GALARZA EUSEBIO A./TORRES CELIS ROBERTO C.
ASUNTO : Ensayo de Esclerometría en columnas de concreto armado.
OBRA : TESIS "DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA O DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLON "D" EN LA I.E. N° 1190".
UBICACIÓN : Jr. Independencia cuadra 5 Juan Carossio, en el distrito de Lurigancho-Chosica.
DE : Mag. Ing. Carlos Villegas Martínez
FECHA : 01 de Julio del 2020

OBJETIVO:

Realizar el ensayo de Esclerometría (Martillo de Schmidt), de dureza superficial del concreto con la finalidad de medir la uniformidad de su resistencia en las columnas de concreto armado de la edificación. La ubicación de las zonas de ensayo fueron indicados por el solicitante.

Los ensayos de Esclerometría se realizaron el 01 de Julio del 2020 .

Norma de referencia NTP 339.181:2013.

Calibración del equipo: CFM-019-2018 – 01.02.18 – S/N 126

RESULTADOS:

En los cuadros adjuntos se indica la ubicación, elemento estructural y los resultados de los ensayos de Esclerometría;

C 2 - COLUMNA - PRIMER PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	32
2	32
3	33
4	33
5	32
6	31
7	31
8	32
9	30
10	32
Promedio	32
Desv. Estándar	0.9
Sentido	Horizontal


Mag. Ing. CARLOS VILLEGAS MARTÍNEZ
REG. CAP. EDU. N°

1

C 3 - COLUMNA - PRIMER PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	27
2	26
3	26
4	27
5	28
6	27
7	27
8	26
9	25
10	26
Promedio	27
Desv. Estándar	0.8
Sentido	Horizontal

C 1 - COLUMNA - PRIMER PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	30
2	28
3	26
4	25
5	27
6	28
7	28
8	28
9	29
10	27
Promedio	28
Desv. Estándar	1.4
Sentido	Horizontal


ING. CARLOS ALBERTO VALEGAZ MARTINEZ
Eing. CAP. 709001

C 1 - COLUMNA - SEGUNDO PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	35
2	35
3	33
4	28
5	32
6	33
7	36
8	33
9	36
10	33
Promedio	33
Desv. Estándar	2.4
Sentido	Horizontal

C 2 - COLUMNA - SEGUNDO PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	28
2	29
3	30
4	31
5	28
6	28
7	32
8	30
9	31
10	30
Promedio	30
Desv. Estándar	1.4
Sentido	Horizontal


Ing. M. CARLOS ALBERTO VILEGAS MORALES
Reg. C.I.P. 109051

C 3 - COLUMNA - SEGUNDO PISO	
Lectura	Valor del rebote
1	24
2	24
3	26
4	25
5	24
6	24
7	26
8	25
9	24
10	25
Promedio	25
Desv. Estándar	0.8
Sentido	Horizontal

En el cuadro N°1 (ver anexo adjunto), se adjunta la curva de correlación del rebote promedio versus la resistencia a la compresión del concreto, del equipo utilizado.

Mag. Ing. Carlos Villegas M.

Ingeniero de Control de Calidad

CIP 109061

Mag. Ing. CARLOS ALBERTO VILLEGAS MARTÍ
Reg. CIP. 109061

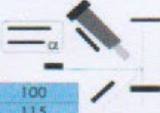
Anexo 18. Correlación del rebote promedio vs resistencia a la compresión del equipo utilizado.

CUADRO N°1: CORRELACION DEL REBOTE PROMEDIO VS RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL EQUIPO UTILIZADO

IMPACT ANGLE α

R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	440	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Over 600	Over 600	580	550	530
55	Over 600	Over 600	600	570	550

REBOUND VALUE R (left) and **CYLINDER COMPRESSIVE STRENGTH F (kg/cm²)** (right)



[Signature]
 Ing. Ego CARLOS ALBERTO VILLEGAS MARTINEZ
 Reg. CIP. 102001



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

Código : FCOM - 002
VERSION : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 092-2019/HOL

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS

ABEL RIOS GALARZA

PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO

ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN J EN LA T E N° 1190 CHOSICA 2020

UBICACIÓN : JR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUAN CARLOS, EN EL DISTRITO DE LUBIANGANCHO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : La indicada

DESCRIPCIÓN : Testigos cilíndricos de concreto

FECHA : 01/07/2020

INFORMACIÓN DE LA PREENSA DE CONCRETO

MARCA Y MODELO : ELE INTERNATIONAL 36-0650/005

NUMERO DE SERIE : 1105000043

CAPACIDAD : 100000 kgf

INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNATIONAL ADR, N° 1886-1-4742

DENOMINACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
C-1, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	14.6	7.0	1,640	1,000	43.0	43.0

REFERENCIA

ASTM C 39/C 39 M-04 # Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES

Los testigos cilíndricos de concreto fueron muestreados por el solicitante.

JOSÉ JAIR LEÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 148564

Jr. B. Ramirez Peña 316 Urb. Garayap
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5076991, RPM: 9540650569
RPC: 994918850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES E.I.R.L.
CORTEVALDE, CANTÓN LOS RIOS, PROVINCIA DE LOS RIOS, GUAYAS

STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18

CÓDIGO : FCH-002
VERSIÓN : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS
PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN D EN LA I.E. N° 1190 CHOSCA 2020.
UBICACIÓN : J.R. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUNI CARROSSIO, EN EL DISTRITO DE LUPRANCHO-CHOSCA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
ESTRUCTURA : La indicada
DESCRIPCIÓN : Testigos cilíndricos de concreto

DENOMINACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	ALTIMETRIA (cm)	DIAMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION CORREGIDA (kg/cm ²)
C-1, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	14.6	7.0	1,640	1,000	43.0	43.0
C-2, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	13.4	7.0	730	0,994	19.1	19.0
C-3, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	12.2	7.0	3,220	0,980	97.5	95.6
C-1, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	14.8	7.0	4,510	1,000	118.2	118.2
C-2, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	12.3	7.0	2,010	0,981	52.7	51.7
C-3, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	9.3	6.9	420	0,941	11.1	10.5

REFERENCIA : ASTM C 39/C 39M-04 # Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los testigos cilíndricos de concreto fueron muestreados por el solicitante.

INGENIERO GEÓLOGO
PAULINO DE LOS SANTOS

J. B. Ramirez Perla 316 Urb. Garayay
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5676591, R.P.M. 954050569
R.P.C. 934616850 e-mail: paulino@igloperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

CÓDIGO : FCON - 002
VERSION : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 092-2019/HOL
FECHA : 01/07/2020

INFORMACION DE LA PRENSA DE CONCRETO
MARCA Y MODELO : ELE INTERNATIONAL, 36-0550006
NUMERO DE SERIE : 1103000043
CAPACIDAD : 100000 kgf
INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNATIONAL, ADR, N° 1886-14742

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS
PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN JO EN LA I E N° 1190 CHOSICA 2020
UBICACION : JR. INDEPENDENCIA CHRA. 5 JUN CARROSSIO, EN EL DISTRITO DE LURIBACHO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA
ESTRUCTURA : La indicada
DESCRIPCION : Testigos cilíndricos de concreto

DENOMINACION	FECHA DE EXTRACCION	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESION CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
C-2, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	13.4	7.0	730	0.984	19.1	19.0

REFERENCIA : ASTM C 39C, 39 M-04 a Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los ensayos cilíndricos de concreto fueron multiplicados por el solidante.

JOSE MIRANDA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 145594

Jr. B. Ramirez Pardo 316 Urb. Conagra
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5576191, RPM: 954050560
RFC: 994616850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS

PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN JO EN LA I.E. N° 1190 CHOSICA 2020

UBICACIÓN : JR. INDEPENDENCIA CDRA. 8 JUAN CARROSO, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : La Inducida

DESCRIPCIÓN : Testigos cilíndricos de concreto

REGISTRO : 082-2019/HOL

CÓDIGO : FCON-002

VERSION : 1.1

VIGENCIA : 01/07/2020

FECHA : 01/07/2020

INFORMACIÓN DE LA PRENSA DE CONCRETO

MARCA Y MODELO : ELE INTERNACIONAL, 36-065006

NUMERO DE SERIE : 1105000043

CAPACIDAD : 100000 kgf

INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNACIONAL, ADR, N° 1866-14742

DENOMINACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
C-3, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	12.2	7.0	3.720	0.980	97.5	95.6

REFERENCIA : ASTM C 39C 39 M-04 ■ Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los testigos cilíndricos de concreto fueron manufacturados por el solicitante.

JOSE JAIR CALDERON DE LOS SANTOS INGENIERO GEOLOGO Reg. CIP N° 148584

Jr. B. Ramirez Paño 316 Urb. Conagay San Martín de Porres - Lima - Perú Tel. +511 01-5876991, RPRM: 954050569 RPC: 994616850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAVED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

CÓDIGO : FCON - 002
VERSIÓN : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 092-2019HOL

FECHA : 01/07/2020

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS
ABEL PIOS GALARZA
PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN D EN LA I E N° 1190 CHOSICA 2020
UBICACIÓN : JR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUAN CARLOS, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA : La indicada
ESTRUCTURA : ELE INTERNACIONAL, 36-056006
DESCRIPCIÓN : 100000 kgf
INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNACIONAL, ADR. N° 1866-1-4742

DENOMINACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
C-1, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	14.8	7.9	4.510	1.000	118.2	118.2

REFERENCIA : ASTM C 39C 39 M-04 a Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los ensayos cilíndricos de concreto fueron manipulados por el solicitante.

JOSÉ MARÍA CALDERÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 148564

Jr. B. Ramirez Peña 316 Urb. Ganagra
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5676991, RPM: 951060569
RPM: 994616850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL
INGENIERIA CIVIL - INGENIERIA GEOTECNICA - LABORATORIO DE MATERIALES

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

CÓDIGO : FCON - 002
VERSION : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 082-2019/HOL

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS

PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO A

UBICACION : JR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUNI CARROSSO, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : La indicada

DESCRIPCION : Testigos cilíndricos de concreto

MARCA Y MODELO : ELE INTERNATIONAL, 36-J650006

NUMERO DE SERIE : 1105000043

CAPACIDAD : 100000 kgf

INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNATIONAL, ADR, N° 1886-1-1742

DENOMINACION	FECHA DE EXTRACCION	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESION CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
C-2, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	12.3	7.0	2,010	0.981	52.7	51.7

REFERENCIA : ASTM C 39C, 38 M-04 a Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los testigos cilíndricos de concreto fueron muestreados por el solicitante.

OSCAR CALDERON DE LOS SANTOS
INGENIERO GEÓLOGO
Reg. CIP N° 148584

Jr. B. Ramirez Pardo 316 Urb. Garayby
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5576991, RPM: 954050569
RPC: 994616850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

CODIGO : FCON - 002
VERSION : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 092-2019HOL

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS

ABEL RIOS GALARZA

PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLON JO ENLAI E N° 190 CHOSCA 2020

UBICACION : JR. INDEPENDENCIA C/5RA. 5 JUAN CARLOS, EN EL DISTRITO DE LURINACHO-CHISCA.

FECHA : 01/07/2020

INFORMACION DE LA PRENSA DE CONCRETO

MARCA Y MODELO : ELE INTERNATIONAL, 36-055006

NUMERO DE SERIE : 1105000043

CAPACIDAD : 100000 kgf

INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNATIONAL, ADR, N° 1866-14742

DENOMINACION	FECHA DE EXTRACCION	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESION CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)
C-3, 2° PISO	22/10/2019	25/10/2019	9.3	6.9	420	0.941	11.1	10.4

REFERENCIA : ASTM C 39C 36 M44 # Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los ensayos cilíndricos de concreto fueron muestrados por el solidante.

INGENIERO GEOLOGO : CALDERON DE LOS SANTOS

Reg. CIP N° 148564

JOSÉ DÍAZ

Jr. B. Ramirez Pardo 316 Urb. Cangay

San Martín de Porres - Lima - Perú

Tel. +511 01-5876991, RPM. 954050569

RPIC: 904616850 e-mail: holperu@holperu.pe



HOL PERU
CONSULTORES EIRL
GEOTECNIA - CONSULTORIA - LABORATORIO DE MATERIALES

STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE		CÓDIGO : FCON - 001
ASTM C42 / C42M - 18		VERSIÓN : 1.1
		VIGENCIA : 01/07/2020
SOLICITANTE	ROBERTO CARLOS TORRES CELIS ABEL RÍOS GALARZA	REGISTRO : 092-2019/HOL
PROYECTO	DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN JO EN LA I.E. N° 1190 CHOSICA 2020	
UBICACIÓN	HUAMANPOMA DE AYALA, CHOSICA 2019 UR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUAN CAROSSIO, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA	FECHA : 01/07/2020

TESTIGO DIAMANTINO	
DESCRIPCIÓN VISUAL	IDENTIFICACIÓN
En el cuerpo del testigo se observa con poca piedra natural subangulosa de baja resistencia, junto a arena limpia de grano grueso a fino, presenta una matriz porosa de coloración gris, culminado el ensayo los fragmentos se desintegran fácilmente.	C-3, 2° PISO



[Signature]
CALDERÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 148564

Jr. B. Ramírez Peña 318 Urb. Cercador
 San Martín de Porres - Lima - Perú
 Tel: +51 1 01-5676991, RPM: 954050599
 RPC: 894618850 e-mail: holivera@holperu.pe



HOL PERU
CONSULTORES E.I.R.L.
GEOTECNIA - CONSTRUCCIONES - LABORATORIO DE MATERIALES

STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE		CÓDIGO : FCON - 001
ASTM C42 / C42M - 18		VERSIÓN : 1.1
		VIGENCIA : 01/07/2020
SOLICITANTE	ROBERTO CARLOS TORRES CELIS ABEL RÍOS GALARZA	REGISTRO : 092-2019/HOL
PROYECTO	DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN EN LA E N° 1190 CHOSICA 2020	
UBICACIÓN	HUAMANPOMA DE AYALA, CHOSICA 2019 UR. INDEPENDENCIA CORA, 5 JUAN CAROSSIO, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA	FECHA : 01/07/2020

TESTIGO DIAMANTINO

DESCRIPCION VISUAL	IDENTIFICACION
En el cuerpo del testigo se observa con poca piedra natural subangulosa de baja resistencia, junto a arena limpia de grano medio a fino, presenta una matriz porosa de coloracion gris, culminado el ensayo los fragmentos se desintegran facilmente.	C-1, 1° PISO



(Signature)
JOSE JAIR CALDERON DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 148564

H. B. Ramirez Peña 319 Urb. Garcesay
 San Martín de Porres - Lima - Perú
 Tel: +511 01-5876991, RPN: 954050569
 RPC: 894618850 e-mail: holivera@holperu.pe



HOL PERU
CONSULTORES EIRL
LABORATORIO DE MATERIALES GEOTECNICOS

STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE		CÓDIGO : FCON - 001
ASTM C42 / C42M - 18		VERSIÓN : 1.1
		VIGENCIA : 01/07/2020
SOLICITANTE	ROBERTO CARLOS TORRES CELIS ABEL RÍOS GALARZA	REGISTRO : 092-2019/HOL
PROYECTO	DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN D EN LA I E N° 1190 CHOSICA 2020	
UBICACIÓN	HUAMPOMA DE AYALA, CHOSICA 2019 JR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUAN CAROSSO, EN EL DISTRITO DE LURIGANCHO-CHOSICA.	FECHA : 01/07/2020

TESTIGO DIAMANTINO

DESCRIPCION VISUAL	IDENTIFICACIÓN
En el cuerpo del testigo se observa piedra natural subangulosa de buena resistencia, junto a arena limpia de grano grueso a fino, presenta una matriz porosa de coloración gris, culminado el ensayo los fragmentos se desintegran fácilmente.	C-1, 2° PISO



[Signature]
CALDERÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 148584

Jr. B. Ramírez Peña 316 Urb. Garigay
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel: +511-01-5676991, RPM: 954050569
RPC: 994618850 e-mail: bolivera@holperu.pe



HOL PERÚ
CONSULTORES EIRL
SERVICIOS DE INGENIERÍA Y LABORATORIO DE MATERIALES

**STANDARD TEST METHOD FOR OBTAINING AND TESTING DRILLED CORES AND SAWED BEAMS OF CONCRETE
ASTM C42 / C42M - 18**

Código : FCOM - 002
VERSION : 1.1
VIGENCIA : 01/07/2020

REGISTRO : 092-2019/HOL

SOLICITANTE : ROBERTO CARLOS TORRES CELIS

ABEL RIOS GALARZA

PROYECTO : DISEÑO DEL REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO

ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN J EN LA T E N° 1190 CHOSICA 2020

UBICACIÓN : JR. INDEPENDENCIA CDRA. 5 JUAN CAROSIO, EN EL DISTRITO DE LURIBACCHANO-CHOSICA.

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : La indicada

DESCRIPCIÓN : Testigos cilíndricos de concreto

FECHA : 01/07/2020

INFORMACIÓN DE LA PRESA DE CONCRETO

MARCA Y MODELO : ELE INTERNATIONAL 36-0650/005

NUMERO DE SERIE : 1105000043

CAPACIDAD : 100000 kgf

INDICADOR DIGITAL : ELE INTERNATIONAL_ADR, N° 1886-1-4742

DENOMINACIÓN	FECHA DE EXTRACCIÓN	FECHA DE ROTURA	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA DE ROTURA (kg)	FACTOR DE ESBELTEZ	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CORREGIDA (kg/cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)
C-1, 1° PISO	22/10/2019	25/10/2019	14.6	7.0	1,640	1,000	43.0	43.0

REFERENCIA : ASTM C 39/C 39M-04 # Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete

OBSERVACIONES : Los testigos cilíndricos de concreto fueron muestreados por el solicitante.

JOSÉ JAIR LEÓN DE LOS SANTOS
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 148564

Jr. B. Ramirez Peña 316 Urb. Garayay
San Martín de Porres - Lima - Perú
Tel. +511 01-5076991, RPM: 9540650569
RPC: 994918850 e-mail: holperu@holperu.pe

Anexo 19. Panel Fotográfico Directivos de la IE.



Figura 14. Acuerdo personal con el director para la intervención del estudio de investigación



Figura 15. Levantamiento topográfico y dibujado.



Figura 16. Verificación del levantamiento topográfico.



Figura 17. Extracción de corazón diamantino.



Figura 18. Corazón diamantino de columna 1 primer piso.



Figura 19. Ensayo de esclerometría.



Figura 20. Resane de columna intervenida.



Figura 21. Altura de columna corta.

Anexo 20. Verificación del diseño de la columna de concreto con el software S-CONCRETE

Concrete Section

S-CONCRETE Version 2017.2.2
© Copyright 1995-2017 by S-FRAME Software Inc.

Job #A123.45

S-CONCRETE 2017.2.2 (c) S-FRAME Software Inc.		Summary					
File Name: P:\...esis\FRP en columna corta\verif col2.SCO		Status	Unacceptable				
Section Name	Consultant	Maximum	1.000				
Concrete Section	.	V & T Util	5.728				
		N vs M Util	0.887				
American Building Standards							
ACI 318-11, "Building Code Requirements for Structural Concrete"							
ACI 318R-11, "Commentary for ACI 318-11"							
Design Aids, Manuals, and Handbooks							
The Reinforced Concrete Design Manual in Accordance with ACI 318-11							
"ACI Detailing Manual - 1994", ACI Committee 315, American Concrete Institute, 1994							
"Manual of Standard Practice", Concrete Reinforcing Steel Institute, 2003							
Section Dimensions	Material Properties	Gross Properties	Effective Properties				
Rectangular Column	fc' = 34 MPa	Zbar = 0 mm	Ae = 150000 mm ²				
b = 300 mm	fy (vert) = 413.7 MPa	Ybar = 0 mm	le (y-y) = 3125.0xE6 mm ⁴				
h = 500 mm	fy (ties) = 413.7 MPa	Ag = 150000 mm ²	le (z-z) = 1125.0xE6 mm ⁴				
	Wc = 2403 kg/m ³	Ig (y-y) = 3125.0xE6 mm ⁴	Ase (Y) = 125000 mm ²				
	Ws = 8009 kg/m ³	Ig (z-z) = 1125.0xE6 mm ⁴	Ase (Z) = 125000 mm ²				
	Poisson's Ratio = 0.2	Ashear (Y) = 125000 mm ²	Je = 2816.3xE6 mm ⁴				
Quantities (approx.)	hagg = 19 mm	Ashear (Z) = 125000 mm ²					
Concrete = 348 kg/m	Es = 199948 MPa	Jg = 2816.3xE6 mm ⁴					
Steel = 43.6 kg/m	Ec = 29557 MPa						
Primary = 40.8 kg/m	Gc = 12315 MPa						
Secondary = 2.8 kg/m	fr = 3.66 MPa						
Vertical Bars	Ties	Miscellaneous					
300 x 500 Column	#3 Ties @ 400 mm	Clear Cover = 40 mm					
10-#8 Vert	# Legs (Z-Direction) = 2						
As = 5097 mm ²	# Legs (Y-Direction) = 4						
Rho = 3.4 %							
Tangential Splice							
Factored Input Loads							
Load	N	T	Vz	My	Vy	Mz	Comment
Case/Combo	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	
1	544.0	0.0	252.3	0.0	41.8	121.4	
Factored Design Loads (with Minimum Moments):							
Load	Vz	My	Vy	Mz	Mres	Theta	
Case/Combo	(kN)	(kNm)	(kN)	(kNm)	(kNm)		
1	252.3	0.0	41.8	121.4	121.4	90°	
N vs M Results		Axial Utilization		Moment Utilization			
GLC	1	Nu = 544.0 kN		Mu = 121.4 kNm		Mn = 158.2 kNm	
Status	Acceptable	ØNn (max) = 1897.6 kN		ØMn = 136.9 kNm		Mp = 194.8 kNm	
Utilization	0.887	Utilization = 0.287		Utilization = 0.887			
Maximum	1.000						



Ph: 555-1234 Fax: 555-4321

Page 1
julio 24, 2020
7:09 PM

#100 - 1234 Anywhere Place
AnyCity, AnyState
AnyCountry

Theta	90°		
Shear and Torsion Utilization			
GLC	1	Shear Z-Direction	Shear Y-Direction
Nu	544.0 kN	bw = 300 mm	bw = 500 mm
Vy(c+s) Util	0.790	d = 400 mm	d = 240 mm
Vz(c+s) Util	5.728	Av = 142 mm ²	Av = 284 mm ²
Vy&T(s) Util	0.790	Lambda = 1.00	Lambda = 1.00
Vz&T(s) Util	5.728	Mu (y-y) = 0.0 kNm	Mu (z-z) = 121.4 kNm
Torsion Util	0.000	Vuz = 252.3 kN	Vuy = 41.8 kN
Status	Unacceptable Message 4	ØVsz = 44.0 kN	ØVsy = 52.8 kN
Utilization	5.728	ØVcz = 0.0 kN	ØVcy = 0.0 kN
Maximum	1.000	ØVnz = 44.0 kN	ØVny = 52.8 kN
		ØVcz' = 0.0 kN	ØVcy' = 0.0 kN
		ØVnz' = 44.0 kN	ØVny' = 52.8 kN
Tie Spacing for Shear/Torsion		Maximum Shear Stress	
Spacing	400.0 mm	Stress	2.131 MPa
Maximum	100.0 mm	Maximum	2.925 MPa
Status	Warning Message 8	Status	Acceptable
Tie Spacing		Tie Diameter	
S	400 mm	Diam.	9.5 mm
S (max)	300 mm	Diam. (min)	9.5 mm
Status	Warning Message 15	Status	Acceptable
Vertical Steel Area		Status	As/Ag
As	5097 mm ²		3.40 %
As (min)	1500 mm ²	Acceptable	1.00 %
As (max)	6000 mm ²	Acceptable	4.00 %
Vertical Bar Spacing		Vertical Bar Diameter	Vertical Bar Splice Type
Ny	3 Specified	db (vert)	Tangential Splice
Ny (max)	3.0 Allowed	db (min)	Status
Nz	4 Specified	Status	Acceptable
Nz (max)	5.2 Allowed		
Status	Warning Message 34		
Vertical Reinforcing		Horizontal Reinforcing	
fy (min)	275.8 MPa	fy (min)	275.8 MPa
fy (vert)	413.7 MPa	fy (horz)	413.7 MPa
fy (max)	551.6 MPa	fy (max)	413.7 MPa
Status	Acceptable	Status	Acceptable
Concrete Strength		Concrete Density	
fc' (min)	17.2 MPa	Wc (min)	1441.7 kg/m ³
fc'	34.5 MPa	Wc	2402.8 kg/m ³
fc' (max)	68.9 MPa	Wc (max)	2563.0 kg/m ³
Status	Acceptable	Status	Acceptable

American Reinforcing Bars

Index	Bar Designation	Diameter (mm)	Area (mm ²)
1	#2	6.35	32.26
2	#3	9.53	70.97
3	#4	12.7	129.03
4	#5	15.88	200.0
5	#6	19.05	283.87
6	#7	22.23	387.1
7	#8	25.4	509.68
8	#9	28.65	645.16
9	#10	32.26	819.35
10	#11	35.81	1006.45
11	#14	43.0	1451.61
12	#18	57.33	2580.64

List of Messages

- Message 4 **Unacceptable** Shear and Torsion Utilization equals or exceeds Maximum.
Clause 11.1.1 and/or Clause 11.5 of ACI 318
- Message 8 **Warning** Shear Reinforcement Spacing exceeds the allowable.
Cl. 11.4.5.1, 11.4.5.3, 11.4.6.3, 11.5.6.1 of ACI 318
- Message 15 **Warning** Spacing of Ties/Links or Spiral Pitch has exceeded the allowable.
Clause 7.10.5.2, 7.10.4.3, or 10.13.8.4 of ACI 318
- Message 34 **Warning** Clear Spacing between bars does not meet the Minimum Required.
Clauses 7.6.3 and 3.3.2(c) of ACI 318

Anexo 21. Juicio de expertos

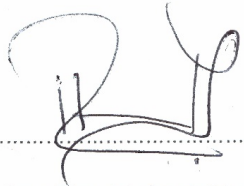
Lima 24 julio del 2020

Documento - Juicio de experto

Título de tesis: "Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190"

Mediante la presenta
yo HERNAN KENNEDY RICALDI PORRAS con

número de CIP 60940 en el cargo de ingeniero civil especialista en diseño de estructural, doy mi apreciación personal como especialista en diseño estructural en lo personal que este sistema debería tener un reforzamiento la cual considero que está investigación es interesante para conocer el reforzamiento de las columnas cortas y los beneficios que ofrecen está propuesta ya que los problemas que estas ocasionan generan pérdidas cuantiosas de dinero como también los daños irreparables en columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190.



Nombre y firma del especialista

HERNAN KENNEDY RICALDI PORRAS
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 60940

Lima 24 julio del 2020

Documento - Juicio de experto

Título de tesis: "Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190"

Mediante la presenta yo...KEVIN BECERRA DIAZ... con número de CIP..... 219351.....en el cargo de ingeniero civil especialista en diseño de estructural, doy mi apreciación personal como especialista en diseño estructural en lo personal que este sistema debería tener un reforzamiento la cual considero que está investigación es interesante para conocer el reforzamiento de las columnas cortas y los beneficios que ofrecen está propuesta ya que los problemas que estas ocasionan generan pérdidas cuantiosas de dinero como también los daños irreparables en columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190.



KEVIN BECERRA DIAZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 219351

.....
Nombre y firma del especialista

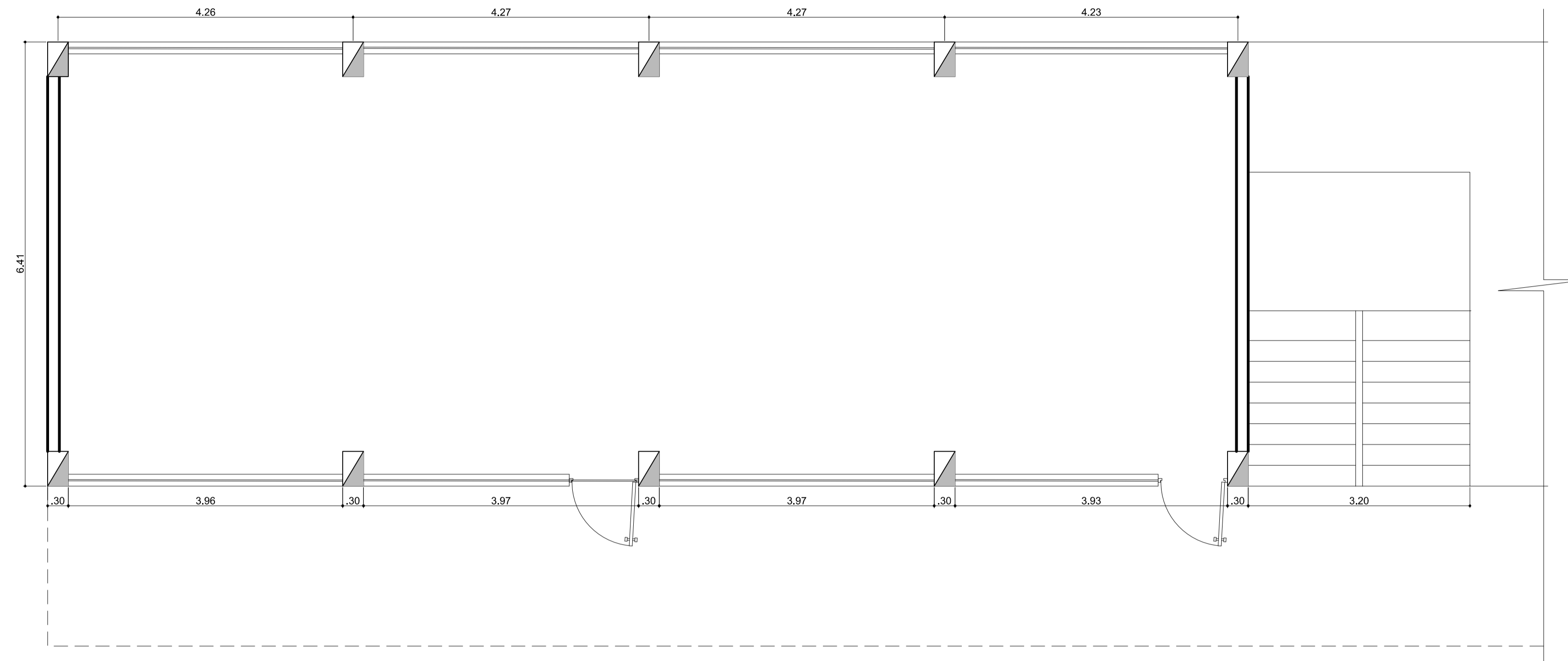
Anexo 22. Descriptivo de la capacidad a corte de las columnas.

Descriptivos								
Capacidad a corte de las columnas (N)								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Sin FRP (KN)	3	235.2333	0.96090	0.55478	232.8463	237.6203	234.20	236.10
Con 1 capa FRP (KN)	3	330.5000	1.01489	0.58595	327.9789	333.0211	329.40	331.40
Con 2 capa FRP (KN)	3	425.8000	1.01489	0.58595	423.2789	428.3211	424.70	426.70
Con 3 capa FRP (KN)	3	521.1000	1.01489	0.58595	518.5789	523.6211	520.00	522.00
Con 4 capa FRP (KN)	3	616.4000	1.01489	0.58595	613.8789	618.9211	615.30	617.30
Con 5 capa FRP (KN)	3	711.7000	1.01489	0.58595	709.1789	714.2211	710.60	712.60
Total	18	473.4556	167.46803	39.47259	390.1757	556.7354	234.20	712.60

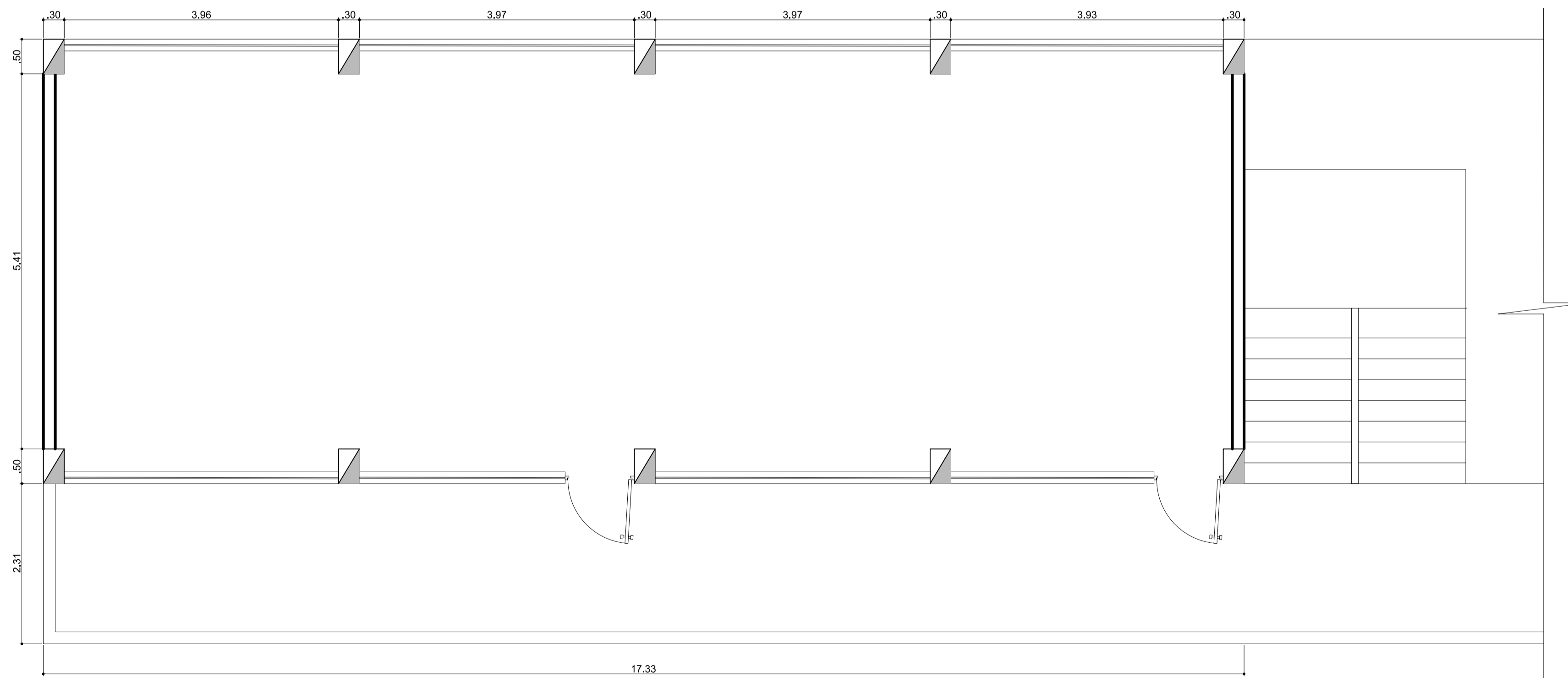
Anexo 23. Descriptivo de la capacidad a flexo compresión.

Descriptivos								
Capacidad a flexocomprension (Nm)								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Sin FRP (KN.m)	3	107.2800	1.37128	0.79171	103.8736	110.6864	105.70	108.16
Con 5 capa FRP (KN.m)	3	137.2367	6.70381	3.87044	120.5835	153.8898	130.74	144.13
Con 6 capa FRP (KN.m)	3	142.4433	4.97617	2.87299	130.0819	154.8048	136.79	146.16
Con 7 capa FRP (KN.m)	3	148.1667	6.07981	3.51018	133.0636	163.2698	141.24	152.62
Total	12	133.7817	17.07145	4.92810	122.9350	144.6284	105.70	152.62

Anexo 24. Plano de replanteo de planta típica de Arquitectura



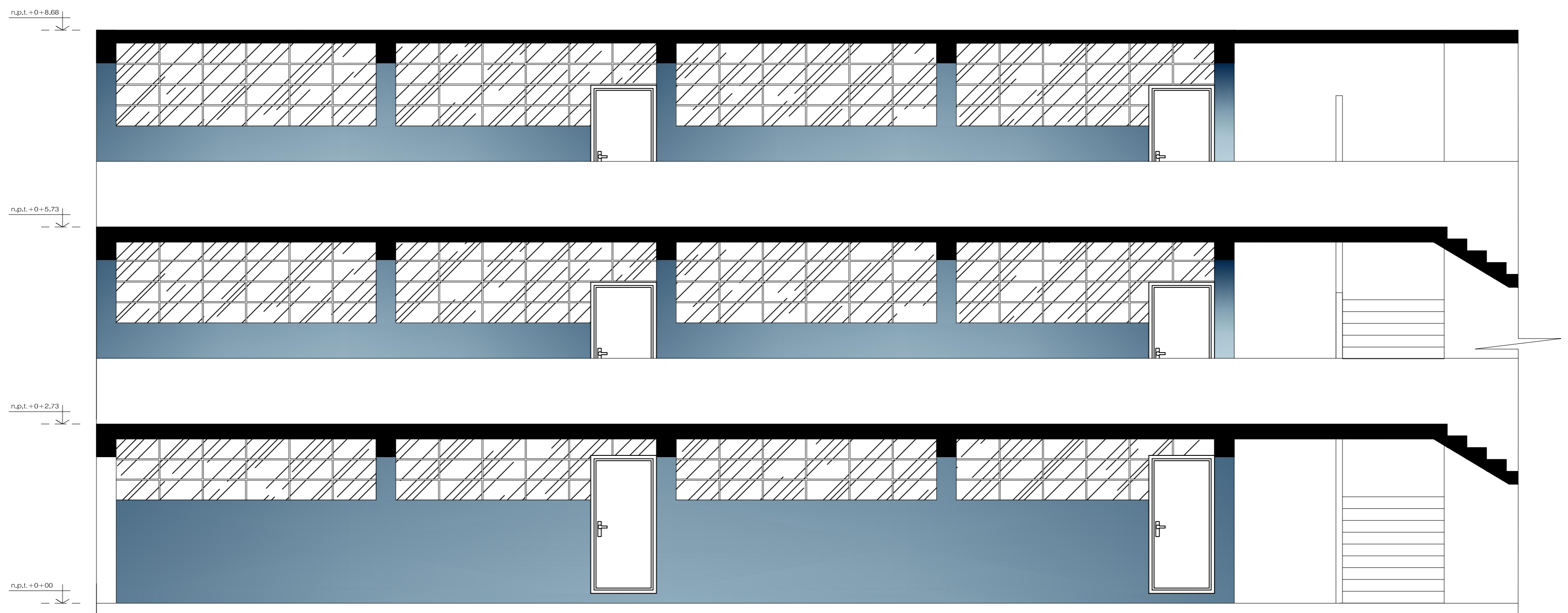
**ARQUITECTURA
PRIMER NIVEL**
ESCALA: 1/50



**ARQUITECTURA
SEGUNDO Y TERCER
NIVEL**
ESCALA: 1/50

ESCALA
ES : 1/50

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	:ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLON "D" EN LA I.E. Nº 1190		LAMINA:
UBICACION: DISTRITO: LURIGANCHO PROV.: LIMA DPTO: LIMA		A-01
PLANO: ARQUITECTURA	ESCALA: INDICADA	




**ELEVACION VISTA
FRONTAL**
ESCALA: 1/50

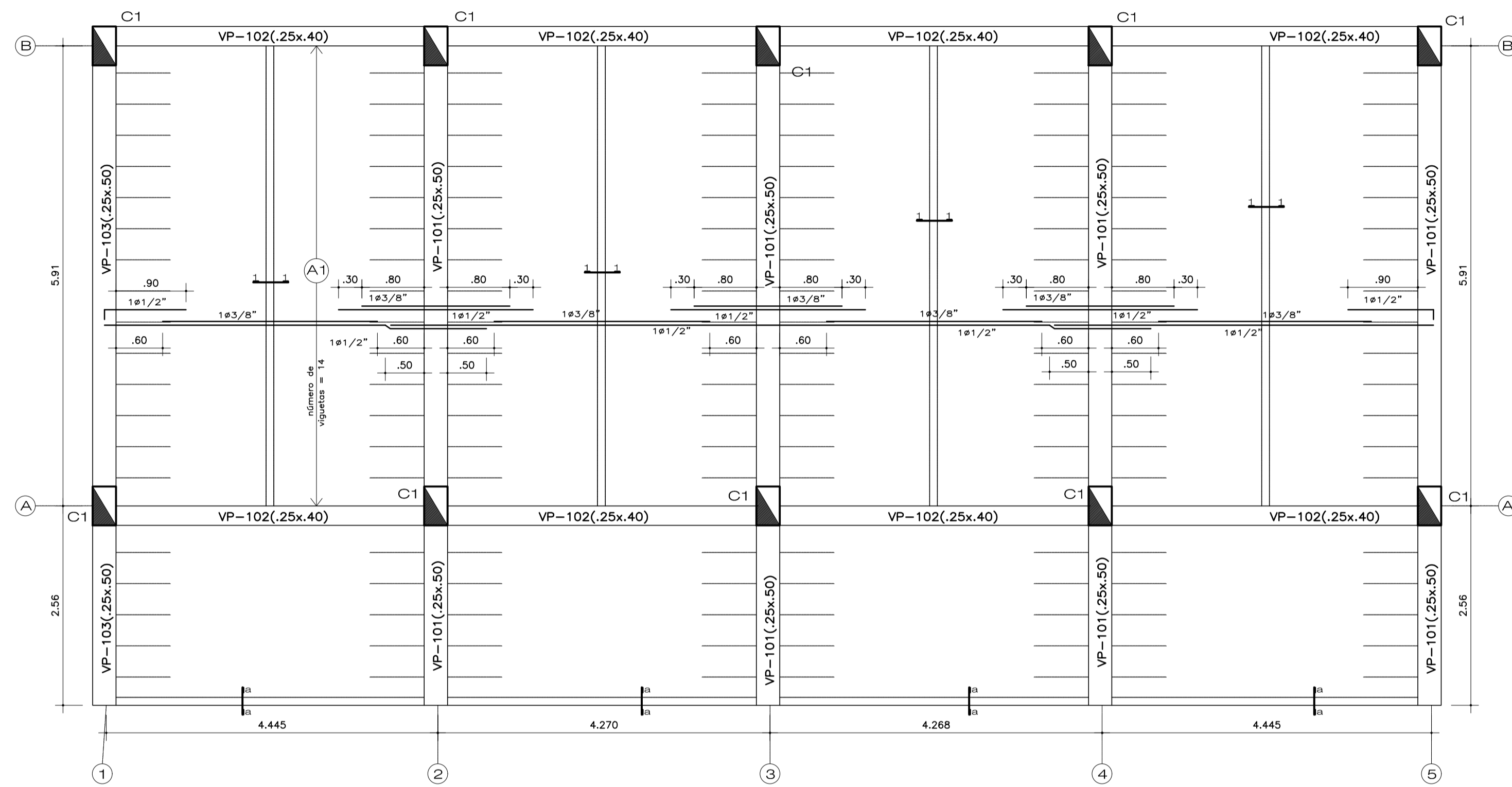


ELEVACION
ESCALA: 1/50

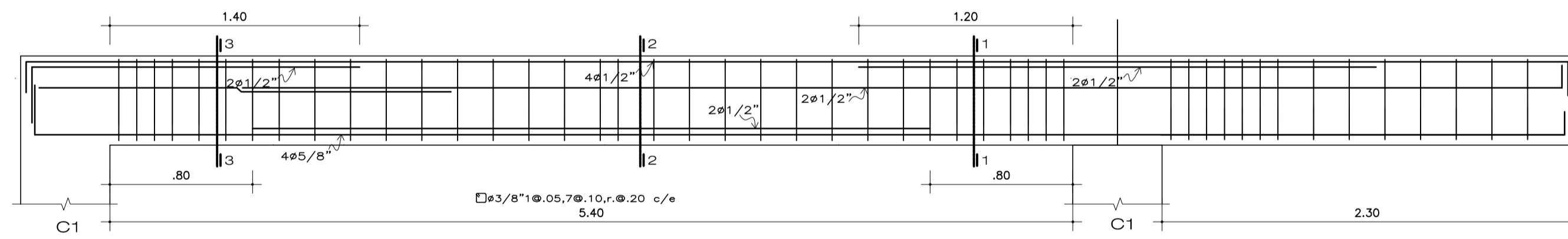
ESCALA
ES : 1/50

 UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	:ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLÓN "D" EN LA I.E. N° 1190		
UBICACIÓN: DISTRITO: LURIGANCHO PROV.: LIMA DPTO: LIMA		
PLANO: VISTA FRONTAL Y CORTE ELEVACION	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2020
		LAMINA: CE-01

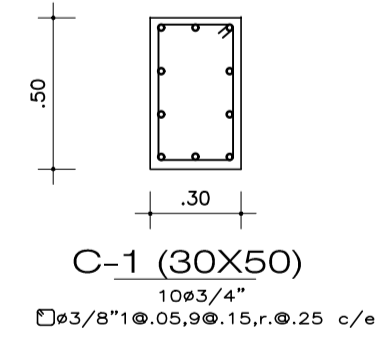
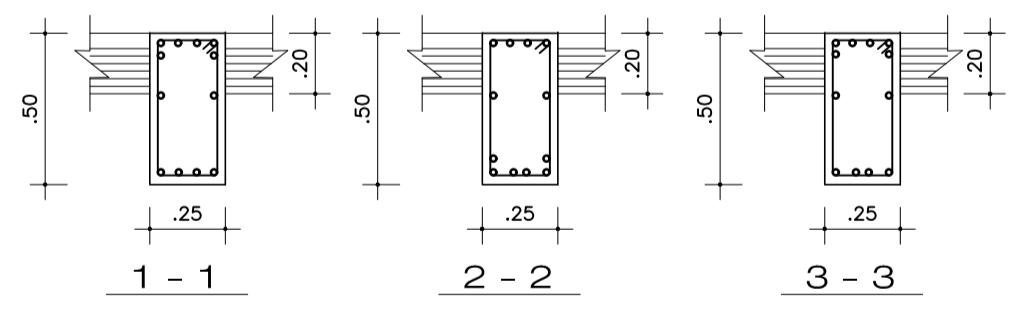
Anexo 25. Plano de replanteo de Estructuras.



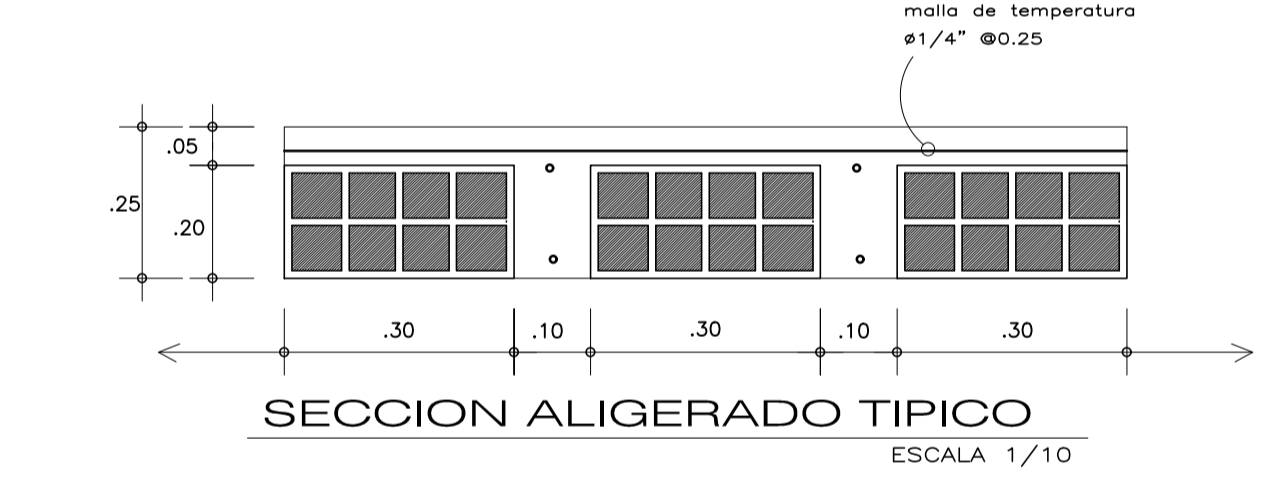
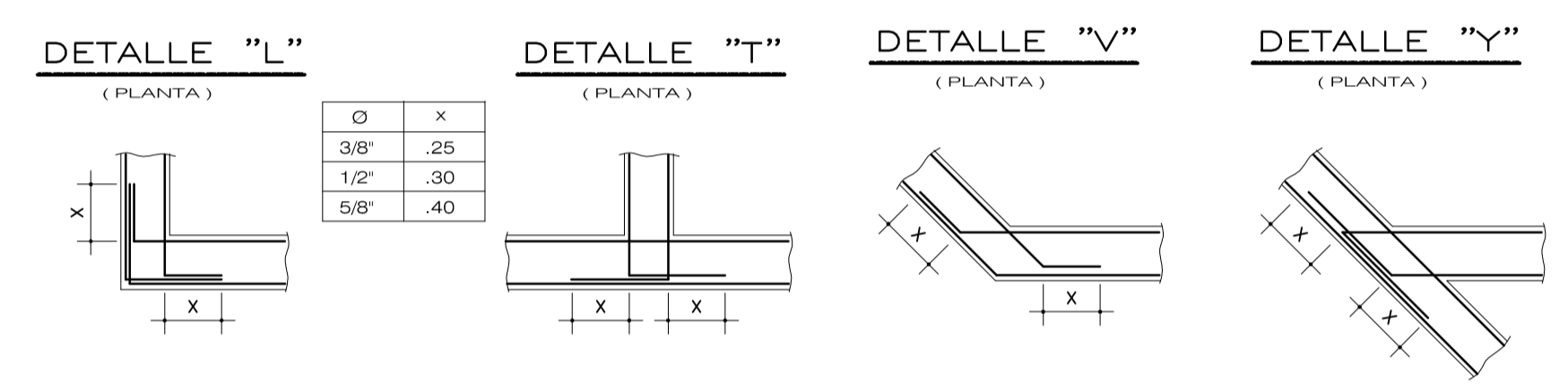
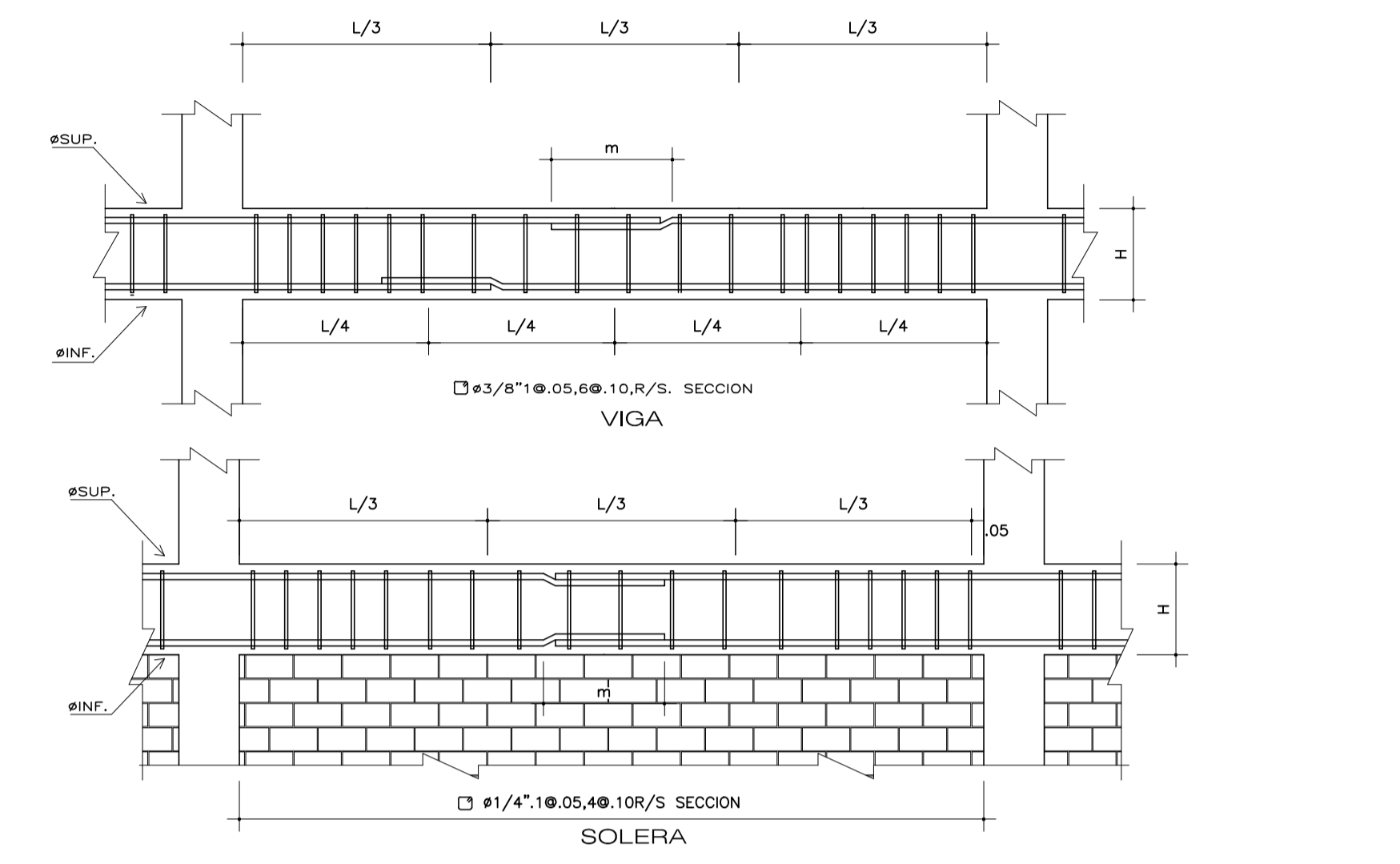
ALIGERADO PRIMER PISO
S/C=400 Kg/cm² ESCALA 1 : 50



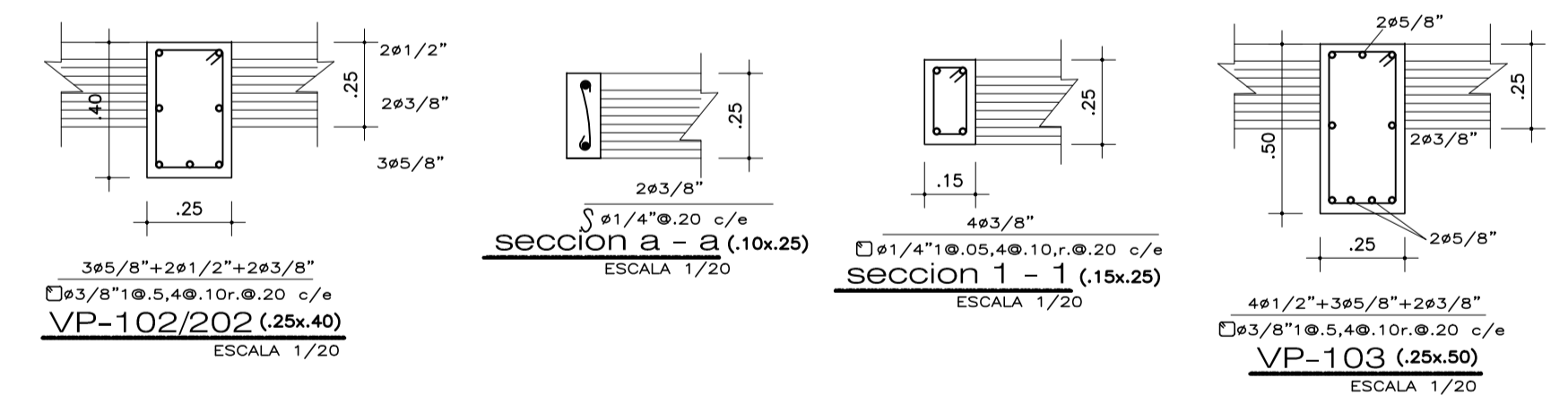
VP-101/201/301 (.25x.50)



C-1 (30X50)
10#3/4"
#3/8"1#0.05,9#0.15,r.#25 c/e



SECCION ALIGERADO TIPICO
ESCALA 1/10



VP-102/202 (.25x.40)
ESCALA 1/20


seccion 1 - 1 (15x.25)
ESCALA 1/20

VP-103 (.25x.50)
ESCALA 1/20

ESCALA
ES : 1/50

	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	
	:ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: DISEÑO DE REFORZAMIENTO CON FIBRA DE CARBONO PARA INCREMENTAR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS CORTAS DEL PABELLON "D" EN LA I.E. N° 1190		LAMINA
UBICACION: DISTRITO: LURIGANCHO PROV.: LIMA DPTO: LIMA		E-01
PLANO: ESTRUCTURAS	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2020

Anexo 26. Cotización de colocación de FRP en columnas cortas



SERVICIOS GENERALES TORRES
RUC 10421586531
 ucv 77 lote 42 Zona "E" Huaycan- Ate-Lima


Ejecucion de proyectos integrales

Señores: Director de la Institucion educativa n° 1190
Dirección: Jr independencia cuadra 5 asentamiento humano moyopampa
Distrito: Luringancho -Chosica
Estimados Señores:

EL motivo de la presente es para saludarlo cordialmente y hacerle llegar nuestra cotización de reforzamiento de columnas cortas :

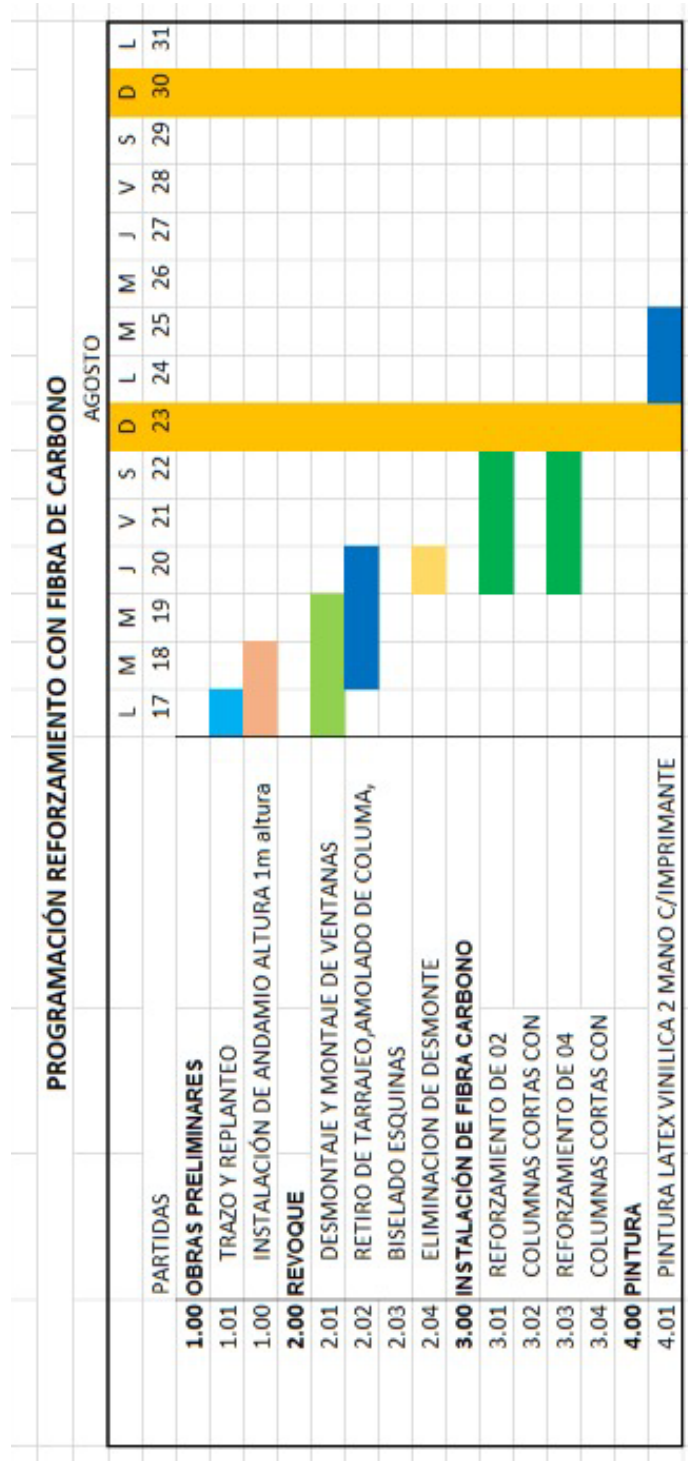
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	METRADO	COSTO UNITARIO	PARCIAL
OBRAS PRELIMINARES					
1	TRAZO Y REPLANTEO	glb.	1	S/150.00	S/150.0
2	INSTALACIÓN DE ANDAMIO ALTURA 1m altura		1	S/60.00	S/60.0
REVOQUE					
3	DESMONTAJE Y MONTAJE DE VENTANAS	glb.	6	S/70.00	S/420.0
4	RETIRO DE TARRAJEO, AMOLADO DE COLUMA,	glb.	6	S/65.00	S/390.0
5	BISELADO ESQUINAS				
6	ELIMINACION DE DESMONTE	glb.	1	S/500.00	S/500.0
INSTALACIÓN DE FIBRA CARBONO					
7	REFORZAMIENTO DE 02 COLUMNAS CORTAS CON FIBRA DE CARBONO REFORZADAS CON 1 CAPAS	ml	8	S/312.34	S/2,498.7
8	REFORZAMIENTO DE 04 COLUMNAS CORTAS CON FIBRA DE CARBONO REFORZADAS CON 5 CAPAS	ml	76	S/312.34	S/23,737.8
PINTURA					
9	PINTURA LATEX VINILICA 2 MANO C/IMPRIMANTE	m2	10	16	S/160.0
COSTO DIRECTO					S/27,916.56
GASTOS GENERALES 8%					S/2,233.32
GASTOS GENERALES 7%					S/1,954.16
SUBTOTAL					S/32,104.04
IGV(18%)					S/5,778.73
TOTAL					S/37,882.77

Aprovechamos la oportunidad para agradecerle la confianza depositada en nosotros para trabajar en este proyecto



TORRES CELIS ROBERTO CARLOS
 Gerente general
 987786977
tcrobert@hotmail.com
SERVICIOS GENERALES TORRES

Anexo 27. Cotización de colocación de FRP en columnas cortas



Anexo 28. Certificado de calibración de prensa

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 025 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

- 1. Expediente** 190036
- 2. Solicitante** HOL PERÚ CONSULTORES E.I.R.L.
- 3. Dirección** Jr. B. Ramírez Peña N° 316 Urb. San Amadeo de Garagay San Martín de Porres - Lima - LIMA.
- 4. Equipo** PRENSA DE CONCRETO
 - Capacidad** 100000 kgf
 - Marca** ELE INTERNATIONAL
 - Modelo** 36-0650/06
 - Número de Serie** 1105000043
 - Procedencia** U.S.A.
 - Identificación** NO INDICA
 - Indicación** DIGITAL
 - Marca** ELE INTERNATIONAL
 - Modelo** 1886B0033
 - Número de Serie** 1886-1-4742
 - Resolución** 10 kgf
 - Ubicación** CONCRETO HIDRAULICO
- 5. Fecha de Calibración** 2019-06-13

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.


Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2019-06-14

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

CONCRETO HIDRAULICO

Jr. B. Ramirez Peña N° 316 Urb. San Amadeo de Garagay San Martin de Porres - Lima - LIMA.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,3 °C	24,5 °C
Humedad Relativa	68 % HR	67 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-006-18A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 025 - 2019

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	9991,3	9941,1	9961,2	9964,5
20	20000	19894,4	19844,1	19874,3	19870,9
30	30000	29885,2	29844,8	29885,2	29871,7
40	40000	39751,6	39650,4	39751,6	39717,8
50	50000	49705,5	49644,6	49634,4	49661,5
60	60000	59554,0	59554,0	59574,3	59560,8
70	70000	69581,8	69571,6	69541,0	69564,8
80	80000	79472,9	79411,5	79442,2	79442,2
90	90000	89349,2	89328,7	89318,4	89332,1
100	100000	99282,3	99210,3	99200,0	99230,8
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000	0,36	0,50	---	0,10	0,34
20000	0,65	0,25	---	0,05	0,34
30000	0,43	0,14	---	0,03	0,34
40000	0,71	0,25	---	0,03	0,34
50000	0,68	0,14	---	0,02	0,34
60000	0,74	0,03	---	0,02	0,34
70000	0,63	0,06	---	0,01	0,34
80000	0,70	0,08	---	0,01	0,34
90000	0,75	0,03	---	0,01	0,34
100000	0,78	0,08	---	0,01	0,34

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0) 0,00 %



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Anexo 29. Ficha de evaluación.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (ARTÍCULO DE REVISIÓN DE LA LITERATURA)

ESCUELA PROFESIONAL:	<u>Ingeniería Civil</u>	CICLO:	<u>X</u>
DOCENTE:	<u>Ing. JOSE ANTONIO CONTRERAS</u>		
TÍTULO:	Diseño del reforzamiento con fibra de carbono para incrementar el comportamiento estructural de las columnas cortas del pabellón "D" en la I.E. N° 1190		
ESTUDIANTE(S):	<ul style="list-style-type: none"> • <u>TORRES CELIS, ROBERTO CARLOS</u> • <u>Eusebio Abel Ríos Galarza</u> 		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	<u>Diseño Sísmico y Estructural</u>		

INDICADORES	PUNTAJE MÁXIMO	INF1	INF 2	J1
TÍTULO				
El tema de investigación es innovador.	12			
El título se refiere al objetivo de la investigación, contiene la(s) variable(s) y los límites espaciales y temporales cuando corresponda.	2			
La redacción del título no excede las 20 palabras.				
RESUMEN				
Contiene los elementos necesarios mínimos.	2			
No excede las 200 palabras.				
Contiene el abstract.	2			
Presenta las palabras claves y keywords.	2			
INTRODUCCIÓN				
Redacta en prosa y sin subtítulos				
Delimita la realidad problemática a estudiar de manera precisa.	4			
Justifica de manera clara porque realiza la investigación apoyándose en referencias actualizadas.	4			
Los objetivos se relacionan directamente con la formulación del problema/preguntas de investigación.	4			
Hasta 2 páginas.				
METODOLOGÍA				
Redacta en pasado.				
Identifica las bases de datos consultadas y la estrategia de búsqueda.	4			
Tiene mínimo 2 páginas.				
RESULTADOS Y DISCUSIÓN				
Presenta y analiza los hallazgos de la revisión de literatura de acuerdo al orden de los objetivos propuestos.	10			

Sintetiza y discute los principales hallazgos.	10			
En la discusión incluye futuros temas de investigación a partir de los vacíos encontrados.	5			
Tiene mínimo 8 páginas.				
CONCLUSIONES				
Presenta y analiza los principales hallazgos como síntesis de la investigación respondiendo los objetivos de la investigación.	5			
Tiene mínimo 1 página.				
RECOMENDACIONES				
Las recomendaciones deben relacionarse con los hallazgos de la investigación y con el planteamiento de futuras investigaciones.	10			
Tiene mínimo 1 página.				

REFERENCIAS				
Utiliza citas en el interior del documento de acuerdo a Normas Internacionales (ISO 690, APA y VANCOUVER).	5			
Incluye 40 referencias de los últimos 5 años como mínimo, en coherencia con las citas utilizadas en el documento.	5			
El 100% de las referencias corresponden a artículos científicos de revistas indizadas, excepcionalmente se podrá considerar otras fuentes según la especialidad y tema de investigación.	5			
Tiene mínimo 4 páginas.				
FORMATO				
Emplea el tipo y tamaño de fuente adecuado.				
Numera las páginas adecuadamente.				
El documento respeta las normas de redacción y ortografía.	4			
Los márgenes están configurados de acuerdo a la guía de investigación de fin de programa.				
TOTAL	100			
SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN				
Sobre la investigación				
Demuestra que el tema es innovador y aporta nuevos enfoques a la ciencia.	15			
Explica la relevancia de la investigación.	10			
Demuestra dominio temático.	10			
Justifica y analiza los hallazgos.	15			
Sintetiza las ideas principales en sus conclusiones.	10			
Organización de la exposición				

Explica en forma clara y coherente.	8			
Utiliza adecuadamente el material de apoyo audiovisual.	8			
Realiza la presentación dentro del tiempo estipulado.	8			
Responde apropiadamente las preguntas formuladas.	8			
Presentación personal y modales adecuados	8			
TOTAL	100			

		OBSERVACIONES INFORME DE INVESTIGACIÓN			
		JORNADA DE INVESTIGACIÓN 1 (J1) Fecha:	FIRMAS	JORNADA DE INVESTIGACIÓN 2 (J2) Fecha:	FIRMAS
INFORME	Jurado 1				
	Jurado 2				
	Jurado 3				
SUSTENTACIÓN	Jurado 1				
	Jurado 2				
	Jurado 3				

IMPORTANTE- REQUISITOS DE APROBACIÓN:

Jornada 1: Si el informe de investigación obtiene menos de 40 puntos en la semana previa a la jornada, el estudiante no pasará a sustentación y será inhabilitado. Igualmente, si el estudiante al sustentar obtiene menos de 80 puntos debe ser inhabilitado.

Jornada 2: Si el informe de investigación obtiene menos de 80 puntos en la semana previa a la jornada, el estudiante no pasará a sustentación y será inhabilitado. Debiendo convertir el puntaje obtenido por el estudiante.