



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EMPALMES
MECÁNICOS Y EMPALMES POR TRASLAPE EN LAS PILAS-PILOTE DE
LA ETAPA 1A DEL PROYECTO “LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT – AV.
GAMBETTA DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

KAREN TATIANA TARAZONA MALPARTIDA

ASESOR:

Dr. ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ CRISTÓBAL

JURADO:

Dr. RAÚL VALENTÍN PUMARICRA PADILLA

Ms. GUSTAVO ADOLFO AYBAR ARRIOLA

Ms. ROQUE JESÚS LEONARDO GARCÍA URRUTIA OLAVARRÍA

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios, por todo lo que me ha brindado, a mis padres por su constante apoyo en mi educación, a los docentes y compañeros que me han alentado e inspirado a seguir esta profesión y a mi abuelita Tui por acompañarme en cada uno de mis pasos.

AGRADECIMIENTO

Al Mg. Jaramillo Tarazona, Francisco, por motivarme permanentemente a culminar la presente tesis y por permitirme conocer el proyecto del caso de estudio.

Al Ing. Mas Tauma, Martín, por despertar mi curiosidad en los empalmes mecánicos.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. Introducción	
1.1 Descripción y formulación del problema	11
1.2 Antecedentes	12
1.3 Objetivos	
– Objetivo General	16
– Objetivos Específicos	16
1.4 Justificación	16
1.5 Hipótesis	17
II. Marco Teórico	
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación	18
2.1.1 Procesos de las barras de acero	18
2.1.1.1 Habilitación	18
2.1.1.2 Armado	19
2.1.1.3 Colocación	19
2.1.2 Diferencias entre el conector rosca paralela recta y cónica	24
2.1.2.1 Rosca paralela recta	25
2.1.2.2 Rosca paralela cónica	26
2.2 Caso de estudio	27
2.2.1 Estación – 24 Mercado Santa Anita	28
2.2.2 Estación – 23 Hermilio Valdizán	32
2.2.3 Estación – 22 Colectora Industrial	34
2.2.4 Estación – 21 Óvalo Santa Anita	36
2.2.5 Estación – 20 Evitamiento	38
III. Método	
3.1 Tipo de Investigación	41
3.2 Ámbito temporal y espacial	41
3.3 Variables	42

3.3.1	Variable independiente	42
3.3.2	Variable dependiente	42
3.4	Población y muestra	42
3.5	Instrumentos	42
3.6	Procedimientos	43
3.7	Análisis de datos	43
IV.	Resultados	46
V.	Discusión de resultados	48
VI.	Conclusiones	50
VII.	Recomendaciones	51
VIII.	Referencias	52
IX.	Anexos	55
	Anexo 1	55
	Anexo 2	70
	Anexo 3	81
	Anexo 4	83
	Anexo 5	85
	Anexo 6	87
	Anexo 7	89
	Anexo 8	91
	Anexo 9	93
	Anexo 10	95
	Anexo 11	97
	Anexo 12	99
	Anexo 13	101
	Anexo 14	103
	Anexo 15	105
	Anexo 16	107
	Anexo 17	109
	Anexo 18	110

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1: Longitud de desarrollo de barras en tracción	21
Tabla 2: Factor de modificación de las longitudes de desarrollo	21
Tabla 3: Empalmes por traslape en tracción	22
Tabla 4: Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-24	31
Tabla 5: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-24	32
Tabla 6: Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-23	33
Tabla 7: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-23	34
Tabla 8: Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-22	35
Tabla 9: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-22	36
Tabla 10: Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-21	37
Tabla 11: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-21	38
Tabla 12: Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-20	39
Tabla 13: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-20	40
Tabla 14: Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de todas las estaciones	44
Tabla 15: Conversión de la longitud de traslape de metros lineales kilogramos	44
Tabla 16: Precios de conectores y del acero usado en el empalme por traslape	47
Tabla 17: Comparación de precios de conectores y del acero usado en el empalme por traslape	48

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1: Conector tipo rosca de continuidad (izquierda) y de cabeza o anclaje (derecha)	24
Figura 2: Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela recta	25
Figura 3: Componentes del empalme con conector tipo rosca paralela recta	26
Figura 4: Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela troncocónica	26
Figura 5: Componentes del empalme con conector tipo rosca paralela troncocónica	27
Figura 6: Cuadro de anclajes y solapes de la Estación 22 – Colectora Industrial	28
Figura 7: Tipología de concreto reforzado y presforzado de la E – 24 Mercado Santa Anita	30
Figura 8: Calibre de varillas de la E – 24 Mercado Santa Anita	30
Figura 9: APU de las partidas analizadas de la Estación 24 – Mercado Santa Anita	46

RESUMEN

La presente tesis determina que el uso de empalmes mecánicos representa una mejora en los costos comparado con el uso del empalme por traslape, se tomó como caso de estudio a los empalmes mecánicos tipo conector rosca paralela recta que forman parte de las estructuras verticales denominadas pilas pilote de las cinco estaciones que conforman la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”, la metodología empleada fue explicativa, obteniendo resultados que permiten concluir que la conveniencia del empleo de dichos conectores, en cuanto a los costos, es proporcional a los diámetros de las barras a empalmar, sin embargo para optar por el uso de conectores de rosca paralela en barras de diámetros menores existen beneficios que justifican ampliamente su implementación. Es importante mencionar que sea cualquiera el diámetro a empalmar con este tipo de conector, deben cumplir con ciertas consideraciones para que su uso sea adecuado y no represente riesgos.

Palabras clave: “empalmes mecánicos” “traslape” “comparación” “costos”
“conector”

ABSTRACT

This thesis determines that the use of mechanical splices represents an improvement in costs compared to the use of lap splice, was taken as a case study the mechanical splices type parallel thread connector that are part of the vertical structures called pile stilts of the five stations that make up the Stage 1A of the project " Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao", the methodology used was explicative, obtaining results that allow concluding that the convenience of the use of these connectors, in terms of costs, is proportional to the diameters of the bars to be spliced, however to opt for the use of parallel threaded connectors in bars of smaller diameters there are benefits that widely justify their implementation. It is important to mention that whatever the diameter to be connected with this type of connector, they must comply with certain considerations so that their use is adequate and does not represent risks.

Keywords: “mechanical splices” “lap splice” “comparison” “costs” “connector”

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción y formulación del problema

Al llevar a cabo la construcción de una edificación debemos cumplir eficaz y eficientemente con aspectos tales como: calidad, seguridad, costos y producción. Además, a medida del paso de los años surgen nuevos requerimientos que nos obligan a implementar herramientas y mecanismos innovadores para satisfacer dichas necesidades, una vez que tengan un aval que certifique la seguridad en su uso y un reconocimiento de los beneficios que aporten, serán considerados en reglamentos y normas. Ya que es así como se ha ido regulando su actuación en procesos edificatorios como: diseño, cálculo, construcción, operación y mantenimiento. Tal es el caso de los empalmes mecánicos, este mecanismo con múltiples variantes busca cumplir con el objetivo principal que es el dar continuidad a las barras de acero de manera que no se necesite del concreto circundante para transmitir los esfuerzos de barra a barra, sino a través del mismo conector mecánico. La aplicación de este mecanismo en nuestro país tiene pocos años, sin embargo, está en aumento debido a los proyectos de grandes dimensiones que se han gestionado; cabe mencionar que los empalmes mecánicos tienen mención en nuestro Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060 Concreto Armado.

Uno de los proyectos de gran escala que se está llevando a cabo en la actualidad es la “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”, éste proyecto se tomará como caso de estudio para evaluar la aplicación de los empalmes mecánicos tipo rosca paralela recta en la armadura de los elementos estructurales verticales, ya construidos, denominados pilas pilote de las estaciones de la Etapa 1A, la cual comprende cinco estaciones contiguas que distan aproximadamente en un kilómetro y que cuenta con Estudios Definitivos de Ingeniería aprobados, respecto a obras civiles. El análisis de los planos de las zonas y detalles de las pilas pilotes, las especificaciones de las barras de acero y los análisis de precios unitarios permiten comparar lo que representó la implementación de los conectores tipo rosca paralela recta y lo que hubiese implicado que fuesen reemplazados por empalmes traslapados.

Las preguntas que se han formulado en torno a lo mencionado son las siguientes:

Problema principal

¿Cuánto es la variación de costos entre el uso de empalmes mecánicos y el posible uso de empalmes por traslape en las pilas pilote de las estaciones de la Etapa 1A de la Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao?

Problemas secundarios

¿Cuáles son las ventajas y desventajas si optamos por usar los conectores tipo rosca paralela en vez de los empalmes por traslape en las barras de acero, y por consiguiente resulta conveniente dicho reemplazo?

¿Cuáles son las diferencias en el proceso de habilitación de las barras a empalmar en el conector tipo rosca paralela recta o en el conector tipo rosca paralela troncocónica y ello podría generar variaciones en el presupuesto?

1.2 Antecedentes

Las barras de acero que forman parte del concreto armado de los diversos elementos estructurales tienen como principal función soportar una alta resistencia con un margen mínimo de deformación frente a esfuerzos de tracción, con el uso de estas barras aseguramos que nuestras edificaciones de concreto armado tendrán una buena resistencia a esfuerzos no solo de compresión proporcionada por el concreto, sino que también resistirán a esfuerzos de corte, tracción y flexión.

Para poder hacer uso de las barras de acero en las edificaciones, requieren pasar por un proceso de habilitado, armado y colocación; una importante característica propia del proceso correspondiente al armado es el denominado empalme. El uso del empalme por traslape se incrementó a medida que las edificaciones aumentaban sus dimensiones y es ahí cuando hubo la necesidad de implementar un objeto o algún mecanismo que lo sustituya y cumpla con el objetivo del empalme, el cual es dar continuidad a las barras de acero.

Los empalmes según el RNE Norma E-060 están clasificados en: empalmes por traslape, soldados y mecánicos. El uso de los empalmes mecánicos ha ido en aumento en nuestro

país en los últimos años debido al ritmo de avance de las construcciones, pero en países como Chile, México, Estados Unidos, Colombia, Panamá y Brasil tienen mucho más tiempo de empleo, lo cual es posible verificar por la diversidad de marcas que ofrece el mercado y por las normas o reglamentos que condicionan su uso, tal es el caso de países como: Brasil y Chile, lo que demuestra que su implementación se encuentra contemplada en la etapa de anteproyecto de la mayoría de estructuras de gran envergadura.

Alvis, D. y Guerra, J. (2017). Análisis técnico, económico y constructivo del uso de empalmes mecánicos roscados en edificaciones. (Trabajo de grado de ingeniero civil). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá – Colombia. El objetivo general de su tesis fue: “Analizar el comportamiento mecánico a tracción en laboratorio, los factores económicos y la funcionalidad de los empalmes mecánicos roscados en la construcción de proyectos de edificaciones” (p.10); lograron presentar una guía con lineamientos para el adecuado uso de dichos empalmes mecánicos y elaboraron un comparativo de costos que evidenciaba una conveniencia del uso de los empalmes mecánicos en los diámetros mayores #8 (1") y #10 (1 1/4"). Estos logros fueron respaldados por ensayos en laboratorio, que demostraron que el uso de los empalmes mecánicos roscados es confiable, y por la experiencia en la ejecución de dos edificaciones: Edificio T7 T8 y Hotel Grand Hyatt. Cabe resaltar que se encontraban dentro del marco normativo que incluyó a la norma colombiana NSR-10, ASTM A1034 / A1034M – 10a (2015) “Métodos de prueba estándar para las pruebas de los empalmes mecánicos para las barras de acero de refuerzo” y al ACI.

López, A. y Valle, N. (2012). Estudio del empalme mecánico de varillas corrugadas mediante conectores cilíndricos huecos y diseño-construcción del sistema hidráulico móvil para el prensado. (Trabajo de grado de ingeniero mecánico). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí- Ecuador. Los objetivos formulados en su trabajo de grado fueron: diseñar un sistema hidráulico móvil para prensar empalmes mecánicos tipo conector cilíndrico hueco, diseñar y construir los conectores cilíndricos huecos para la unión entre varillas, realizar ensayos de tracción a los empalmes de varillas corrugadas y realizar un estudio de costos comparando al empalme más utilizado con el conector cilíndrico hueco unido por presión. Lograron obtener de sus ensayos a tracción que los empalmes mecánicos a presión soportaron un promedio de 42.5% sobre la fluencia de la varilla. Además, comprobaron que no existe excentricidad en ese tipo de conexiones, por

lo tanto, no se generan momentos flectores y finalmente en cuanto al estudio económico y financiero determinaron que su conveniencia es directamente proporcional al diámetro de la varilla, cabe resaltar que consideró al ahorro de tiempo que genera usar el empalme mecánico a presión como un aspecto de importancia.

Arriagada, R. (2007). Estudio experimental en empalmes de armaduras en elementos de hormigón armado sometidos a tracción. (Tesis para optar al título de Constructor Civil). Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Valdivia – Chile. El objetivo de esta tesis fue analizar experimentalmente el comportamiento de diferentes empalmes de armaduras sometidos a tracción a través de la evaluación de resultados de las pruebas en probetas de ensayo en la Máquina Universal. Elaboró probetas con armaduras de acero que tenían empalmes traslapados, empalmes soldados, empalmes mecánicos tipo rosca troncocónica y empalmes mecánicos tipo Lenton Quick – Wedge, las barras fueron de 6 mm (1/4") de diámetro para los empalmes traslapados y para los soldados, mientras que para los mecánicos fueron de 12 mm (1/2") de diámetro. Obteniendo como resultado de los ensayos en la probeta de empalmes traslapados que la aparición de la primera fisura y la rotura se produjeron a los 390 kgf y 420 kgf respectivamente, en la probeta de empalmes soldados no hubo aparición fisuras y la rotura se produjo a los 520 kgf y en la probeta de empalmes mecánicos la aparición de la primera fisura y la rotura se produjeron a los 9600 kgf y 12500 kgf respectivamente.

Singh R., Himanshu S., K. Bhalla N. (2013). Reinforcement Couplers As An Alternative To Lap Splices: A Case Study. En International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2,1-6., dicho artículo cuenta con 6 páginas en las que analiza el aspecto económico del uso de empalmes mecánicos en comparación de los traslapados para el caso del proyecto Wish Town Klassic, Nodia – India; específicamente se analizaron 14 de sus columnas que usaron empalmes mecánicos para barras de diámetros de 25 mm (1"), 20 mm (3/4") y de 16 mm (5/8") hasta el tercer piso, obteniendo resultados favorables en el uso de los 1182 conectores mecánicos implementados. Cabe mencionar que hacen hincapié en el material con el que se fabrican los acoples mecánicos, siendo el Mild Steel (acero con bajo porcentaje de carbono) el más usado y que además se debe tener especial cuidado en la fabricación, ya que abarca procesos

como son: cortar, lijar, perforar y roscar, en los que se debe procurar mantener la simetría sobre su eje de rotación.

Harmsen, T. (2011). Empalmes de armaduras para concreto. En Boletín Construcción Integral, 11, 6-8. Da una breve descripción de los tres tipos de empalmes y realiza una comparación de costos entre empalmes traslapados y empalmes mecánicos, obteniendo que para barras de 3/4" de diámetro resulta de menor costo el empalme traslapado, para el caso de barras de 1" de diámetro resulta muy similar el costo entre ambos, mientras que para barras de 1 3/8" el empalme mecánico cuesta menos que el traslapado.

Las tesis y revistas mencionadas respaldadas por reglamentos, normas, ensayos y/o evaluaciones respectivas, revelan la conveniencia en el uso de los empalmes mecánicos en comparación a los empalmes por traslape en diferentes aspectos.

En nuestro país algunos de los proyectos que han implementado el sistema de empalmes mecánicos son:

- “Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, Línea 1, Villa EL Salvador – Av. Grau – San Juan de Lurigancho” que consta de 26 estaciones, atraviesa 11 distritos, tuvo como fecha de inicio de operación el 11 de julio de 2011 y usaron los conectores de presión con rosca tipo 2 “Grip Twist” para dar continuidad entre las columnas y las vigas cabezal prefabricadas que sirven de apoyo para dicho viaducto.
- “Central Hidroeléctrica Chaglla” iniciado en el año 2012 y concluido en el año 2015; esta presa hidroeléctrica fue instalada en el río Huallaga, en la región Huánuco, posee 203 m de altura y una capacidad máxima instalada de 456 MW. Empleó empalmes mecánicos de rosca paralela Rolltec.
- “Nueva Sede del Banco de la Nación” una torre de 30 pisos, con 135 m de altura que inició con la construcción en el mes de octubre de 2013 en la ciudad de Lima, en la que usaron empalmes mecánicos tipo rosca paralela en los elementos estructurales verticales.

- “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao” vía que une el distrito de Ate con el Callao, consta de 27 estaciones contiguas y un ramal de 8 estaciones sumando un aproximado de 35 km de recorrido alrededor de 13 distritos entre Ate- Vitarte y el Callao; el contrato de concesión y la adenda N° 1 se suscribieron en el mes de diciembre de 2014 y continua con los trabajos hasta la actualidad. Emplea conectores de rosca paralela en las losas y pilas pilote de las estaciones.

1.3. Objetivos

- Objetivo general

Determinar la variación de costos entre el uso de empalmes mecánicos y el posible uso de empalmes por traslape, en las pilas pilote de las estaciones de la Etapa 1A de la Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao.

- Objetivos específicos

- a) Determinar las ventajas y desventajas si optamos por usar los conectores tipo rosca paralela recta en vez de los empalmes por traslape en las barras de acero, y por consiguiente determinar si resulta conveniente dicho reemplazo.
- b) Analizar las diferencias en el proceso de habilitación de las barras a empalmar en el conector tipo rosca paralela recta o en el conector tipo rosca paralela cónica y cuáles serían sus posibles consecuencias en el presupuesto.

1.4. Justificación

El uso de herramientas, maquinarias o mecanismos innovadores que nos permita mejorar los rendimientos, la calidad, los costos y/o la seguridad en obra, deben ser

considerados en los anteproyectos de futuras edificaciones y a su vez se deberán establecer reglamentos y normas para asegurar que en su empleo se habrán considerado todos los factores de riesgo que se le puedan atribuir. Debido a ello los empalmes mecánicos al ser un elemento con cualidades que benefician al proyecto en diversos aspectos y al tener un uso que va en aumento en las edificaciones de gran escala, deben ser consideradas de forma más específica en el Reglamento Nacional de Edificaciones y en las Normas Técnicas de Edificación, como es el caso de la Norma Chilena NCh430.aR86, la Norma Brasileira ABNT – NBR 8548 – AGO/84 y la Norma Colombiana NSR-10. De esta manera, tendremos mayores consideraciones para su aplicación.

El propósito de esta investigación radica en el análisis de la variación de costos que se produce cuando se reemplaza el uso de los empalmes por traslape por empalmes mecánicos de tipo conectores de rosca paralela recta, para ello se realizó una evaluación de los elementos estructurales verticales denominados pilas pilote de las cinco estaciones de la Etapa del 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”, dicho análisis podría develarnos, de ser convenientes los conectores de rosca paralela, valores que servirían de respaldo para construcciones futuras de grandes escalas.

Además, mediante la investigación de los empalmes mecánicos sabremos cuáles son los beneficios que aportan al proyecto y las principales diferencias de los empalmes mecánicos de tipo rosca del mercado (recta y troncocónica).

1.5. Hipótesis

“Existe una variación significativa de costos entre el uso de empalmes mecánicos y el posible uso de empalmes por traslape, en las pilas pilote de las estaciones de la Etapa 1A de la Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao.”

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1 Procesos de las barras de acero

Es necesario conocer acerca de las etapas por las que pasan las barras de acero para formar parte del concreto armado, por ello se hará mención de la habilitación, armado y colocación del acero, puesto que son aspectos importantes que deben ser tomados en cuenta y acatados de la mejor manera para cumplir con eficiencia la finalidad concebida en el diseño propuesto por el proyectista. Además, en cada una de las etapas se indicará la particularidad por la que atraviesan las barras de acero que tendrán relación con los empalmes mecánicos.

2.1.1.1 Habilitación

Se entiende por habilitación de las barras de acero, al primer proceso por el que pasan para que resulten en piezas con la forma necesaria para cumplir con lo establecido en los planos, los procesos más comunes que encontramos en esta etapa son los cortes y las dobleces; en el mercado podemos encontrar, tratándose de proyectos de pequeña y mediana escala, equipos y herramientas que permiten producir dichas piezas, tales como: tronzadora, tubo de doblado, trampas y grifas; mientras que para proyectos de mayor escala además de los antes mencionados, encontramos maquinarias que automatizan el proceso de habilitado reduciendo: el tiempo de elaboración de piezas, el uso de mano de obra, los costos de supervisión y desperdicios, además de brindar ventajas como: mayor control de la producción, mayor control de la calidad y disminución del área destinada a esta labor; es aquí donde también encontramos a máquinas semi automatizadas empleadas para habilitar barras de acero previstas a empalmar por medio de un empalme mecánico. En el caso del conector tipo rosca, la habilitación consiste en modificar los extremos de las barras dándoles forma de rosca recta o troncocónica. Para la primera denominada conector mecánico tipo rosca paralela recta se requiere que la barra de acero pase por un proceso constituido por tres máquinas, mientras que para la segunda denominada conector mecánico tipo rosca

paralela troncocónica, se requiere de una sola máquina. Ambas operadas por personal capacitado.

2.1.1.2 Armado

La segunda etapa definida como armado, tiene como base fundamental seguir a cabalidad tanto los planos de distribución del acero, como las especificaciones técnicas acerca de los elementos que se armarán; aquí se toman en cuenta detalles como: verificación de diámetros, espaciamiento, ubicación y longitud de los empalmes, cantidad de varillas, detalles en intersecciones, etc. Para poder realizar debidamente este proceso se requieren de herramientas tales como: wincha, tiza, tortol, cizalla y alambre #16. También encontramos máquinas que nos brindan facilidades en el armado, se nombrará un par de máquinas semi automatizadas empleadas para dar continuidad a las barras de acero a través de diferentes tipos de empalmes mecánicos, una de ellas es la que logra unir dos barras por sus extremos, sin previa habilitación, mediante un tipo de conector ejerciendo presión en el punto de convergencia y en áreas cercanas a él, el grado de dificultad en cuanto a la operación de esta máquina depende de la ubicación de dicho punto de convergencia, éste tipo de empalme mecánico es denominado “conector de presión”, la siguiente máquina semi automatizada es aquella que logra unir ambas barras, sin previa habilitación, por medio de un mecanismo consistente en pernos y rieles, los rieles son ubicados en el punto a unir a las barras y para fijarlo se requiere de pernos que una vez alcanzado el torque proporcionado por la máquina se les rompe la cabeza, el empalme mecánico empleado se denomina “conector de tornillo”.

2.1.1.3 Colocación

La etapa de colocación consiste en ubicar correctamente las barras de acero que previamente fueron armadas, obedeciendo a las especificaciones representadas en los planos, y que una vez sean colocadas se debe proceder a verificar que esté nivelado, aplomado, bien atortolado, que cuente con el recubrimiento señalado y de ser el caso que cuente con el grado de inclinación si es que hubiese algún elemento inclinado, para lograr ello nos ayudaremos de

maquinarias y herramientas tales como: nivel de mano, nivel topográfico, separadores puntuales, distanciadores y grúa torre de ser el caso.

Una vez definidos los procesos principales, resaltaremos a una de las partes que conforman el proceso de armado denominado empalme, de éste es importante conocer detalles como: longitud y ubicación. A continuación, se ampliarán conceptos acerca de éste.

En el refuerzo se permite hacer empalmes cuando lo requieran o permitan los planos de diseño, las especificaciones, o si lo autoriza el ingeniero proyectista. [...] para las barras mayores de 1 3/8" no se deben usar empalmes por traslape, excepto para los casos 12.16.2 [...] En elementos sometidos a flexión, las barras empalmadas por traslape que no quedan en contacto entre si, no deben espaciarse transversalmente más de 1/5 de la longitud de empalme por traslape requerida ni de 150 mm. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.060, 2009: 117).

Este denominado "empalme por traslape" consta de dos barras de acero que se encuentran unidas en una determinada longitud por medio de alambres, cuyo objetivo es mantenerlos en la posición prevista, la forma de funcionamiento de este mecanismo consiste en la transferencia de fuerzas de una barra a otra teniendo como medio de transferencia al concreto en la zona del empalme, es decir que en determinado momento el concreto presentará esfuerzos provenientes de las barras de acero, lo cual podría ocasionar grietas dependiendo de la magnitud de esfuerzo que deba transmitir.

Las longitudes de las barras de acero que forman parte del empalme por traslape dependen principalmente del diámetro de las barras, de la resistencia del concreto y del acero y de los esfuerzos a los que se encuentran sometidos. Teniendo en cuenta que esta investigación se realizará en barras corrugadas y que los esfuerzos son condiciones determinantes, emplearemos los condicionantes establecidos en el RNE Norma E.060, que menciona como primer caso a las barras corrugadas sometidas a tracción y en ellas que de tratarse de empalme por traslape la longitud mínima será conforme a los requisitos de los empalmes denominados Clase A o Clase B y nunca deben ser menor

que 300 mm. Para el cálculo de estos valores se deben emplear la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 1

Longitud de desarrollo de barras en tracción

Condiciones	Alambres corrugados o barras de 3/4" y menores	Barras mayores de 3/4"
<p>Espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo empalmados o desarrolladas no menor que db, con recubrimiento libre no menor que db, y estribos a lo largo de ℓ_d por lo menos iguales al mínimo indicado en 11.5.6.</p> <p>Aplicable también cuando el espaciamiento libre entre barras o alambres que están siendo desarrolladas o empalmadas no sea menor que $2db$ y el recubrimiento libre no menor que db (ver Fig.12.1).</p>	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{2,6 \sqrt{f'_c}} \right) db$	$\left(\frac{f_y \psi_t \psi_e \lambda}{2,1 \sqrt{f'_c}} \right) db$
Otros casos	Ver 12.2.3	Ver 12.2.3

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.109)

Tabla 2

Factor de modificación de las longitudes de desarrollo

Factor	Condiciones	Valor
Ψ_t	Barras superiores.*	1,3
	Otras barras.	1,0
Ψ_e	Barras o alambres con tratamiento superficial epóxico y recubrimiento menor que $3db$ o espaciamiento libre menor que $6db$.	1,5
	Otras barras o alambres con tratamiento superficial epóxico.	1,2
	Barras sin tratamiento superficial	1,0
Ψ_s	Barras de 3/4" y menores.	0,8
	Barras mayores de 3/4".	1,0
λ	Concreto liviano.	1,3
	Concreto de peso normal.	1,0

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.111)

Tabla 3

Empalmes por traslape en tracción

$\frac{A_s \text{ proporcionado}}{A_s \text{ requerido}}$ (*)	Porcentaje máximo de A_s empalmado en la longitud requerida para dicho empalme	
	50	100
Igual o mayor que 2	Clase A	Clase B
Menor que 2	Clase B	Clase B

Nota: Reglamento Nacional de Edificación. Norma E.060 (2009, p.117)

Como segundo caso menciona a los empalmes de barras corrugadas a compresión y en el caso de empalmes por traslape debe ser de $0.071 f_y db$ para f_y igual a 420 MPa o menor y para f_y mayor que 420 MPa deberá ser $(0.13 f_y - 24) db$, pero nunca debe ser menos que 300 mm. De igual manera en el ACI 318-14, señala que la longitud de empalme para barras sometidas a esfuerzos de compresión deberá ser calculadas según f_y ; si $f_y \leq 60,000$ psi $l_{sc} = 0.0005 f_y db$ y si $f_y > 60,000$ psi $l_{sc} = (0.0009 f_y - 24) db$, siendo f_y la resistencia a la fluencia del refuerzo, db el diámetro nominal de la barra y l_{sc} la longitud de empalme por traslape en compresión, en cualquiera de los dos casos no deben ser menor de 12 in.

Los empalmes soldados según el RNE Norma E.060 deben desarrollar por lo menos el 125% de la resistencia a la fluencia (f_y) de las barras, deberán contar con la aprobación del Ingeniero Proyectista y del Inspector y a su vez deben cumplir con las consideraciones de “soldadura del refuerzo” que manifiesta que tanto el refuerzo que será soldado así como el procedimiento de soldadura deberán estar indicados en los planos; las especificaciones para las barras de refuerzo deberán exigir adicionalmente el análisis químico del material con la determinación del contenido de carbono equivalente, excepto las barras que cumplan con la especificación ASTM A706.

Los empalmes mecánicos deben clasificarse como Tipo 1 o Tipo 2, de acuerdo con lo siguiente: (a) Los empalmes mecánicos Tipo 1 deben cumplir con 12.14.3.2; (b) Los empalmes mecánicos Tipo 2 deben cumplir con 12.14.3.2 y deben desarrollar la resistencia a tracción especificada de las barras empalmadas.

Los empalmes mecánicos Tipo 1 no deben usarse dentro de una distancia igual al doble del peralte del elemento medida desde la cara de la viga o columna, o donde sea probable

que se produzca fluencia del refuerzo como resultado de desplazamientos laterales inelásticos. Se pueden usar empalmes mecánicos Tipo 2 en cualquier ubicación. [...]

12.14.3.2, Un empalme mecánico debe desarrollar en tracción o compresión, según sea requerido, al menos $1,25 f_y$ de la barra. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.060, 2009: 167).

En el ACI 318-14 en el ítem Mechanical splices in special moment frames and special structural walls clasifica a los empalmes mecánicos en Tipo 1 y Tipo 2 mencionando que se aplica la restricción de empalmes mecánicos Tipo 1 a todos los refuerzos que resisten los efectos del terremoto, incluidos refuerzo transversal.

También señala que la práctica recomendada excluiría el uso de empalmes en regiones de rendimiento potencial en miembros a resistir los efectos del terremoto. Si el uso de empalmes mecánicos en las regiones de rendimiento potencial no puede evitarse, deberían estar documentadas sobre las características de resistencia real de las barras a empalmar, en las características de fuerza – deformación de la barra empalmada, y en la capacidad del empalme mecánico Tipo 2 que se utilizará para cumplir con los requisitos de rendimiento especificado.

En el material bibliográfico revisado se observó que además de tener como objetivo el dar continuidad a las barras, también se podían emplear al final de las barras como un anclaje, por ello de acuerdo a su función podemos clasificarlas en dos: De continuidad y de cabeza (Figura 1), dentro de los primeros tenemos disponibles en el mercado el tipo rosca paralela troncocónica y paralela recta, ésta última es usada en las pilas pilote de las estaciones de la Línea del Metro Lima – Callao y según lo presentado por el distribuidor cumple con el ACI 318, IBC 2006, BS 8110, Eurocódigo 2, DIN 1045, CalTrans, ASME Sec III Div2, cuenta con una prueba del 19 de junio de 2014 en la que se aplicaba tensión a las barras de 3/4", 1" y 1 3/8" de diámetro empalmadas conforme al método señalado en la norma de ensayo: ASTM A1034 – 10, fue realizada en un laboratorio certificado fuera del país y tuvo como resultado valores que cumplieron con el 125% de la resistencia a la fluencia de la barra (f_y), ver Anexo 1, además, cuenta con una prueba solicitada por el Concesionario en el Laboratorio de Materiales de la Pontificia Universidad Católica del Perú el 12 de abril de 2017 empleando la norma de ensayo:

ASTM A370-15 con resultados que cumplen con la normativa, ver Anexo 2. El diseño en general de las pilas pilote obedeció a las normas de diseño: EN-1990 2003: Bases de cálculo de estructuras, EN-1991-1-1 2003: Acciones generales en estructuras, EN-1992-1-1 2010: Proyecto de estructuras de hormigón, EN-1998-1 2011: Proyecto de estructuras sismorresistentes y RNE 1.130 en su artículo 47 para recubrimientos mínimos a cumplir para resistencia al fuego, mientras que para la construcción usaron: UNE-EN 13670 2013: Ejecución de estructuras de hormigón y UNE-EN 206-1 2008: Hormigón. Especificaciones, prestaciones, especificaciones y conformidad.



Figura 1. Conector tipo rosca de continuidad (izquierda) y de cabeza o anclaje (derecha). Elaboración propia

2.1.2 Diferencias entre el conector rosca paralela recta y troncocónica

Uno de los empalmes mecánicos más usados es el conector mecánico tipo rosca, es un conector que según la clasificación por función existen de continuidad y de cabeza o anclaje, teniendo como principal diferencia la longitud del mismo conector, debido a la función que cumplen.

En el mercado se presentan dos tipos de conector tipo rosca de continuidad:

- Conector tipo rosca paralela recta
- Conector tipo rosca paralela troncocónica

Ambos tipos de conectores rosca son usados de igual manera es decir que, para emplearlos, una vez habilitadas las barras de acero, se sigue el mismo proceso; la principal diferencia entre ambas se da al momento de la habilitación de las barras a empalmar, característica que podría influir en su comportamiento al enfrentarse a

grandes esfuerzos y a su vez afectar el presupuesto, ya que de fallar nos enfrentaríamos a consecuencias que generarían sobrecostos en el proyecto.

2.1.2.1 Rosca paralela recta

El conector tipo rosca paralela recta es un empalme mecánico que logra empalmar barras de acero que han pasado por un proceso previo de habilitación que consiste, según Bartec Company. (2018). Brochure LINXION PI, en:

- Paso 1: Corte, para asegurar un corte limpio y bien perpendicular, y por lo tanto maximizar la duración de los consumibles
- Paso 2: Embuchamiento, obtenido con la acción sincronizada de dos cilindros actuados a velocidad variable [..].
- Paso 3: Rosca, con máquinas modernas y retocadas, perfeccionadas para ejecutar de manera eficaz operaciones en todos diámetros, manejables fácilmente a través de una pantalla táctil.

En la Figura 2 se detallan los tres procesos mencionados, mientras que en la Figura 3 se pueden apreciar los componentes de este empalme mecánico; el conector de rosca paralela recta, ubicado en el medio, a través de las hendiduras internas que posee logra enroscarse con ambos extremos de las barras que se disponen a conectar y que fueron previamente habilitadas, una vez acopladas se logra dar continuidad a la barra de acero.

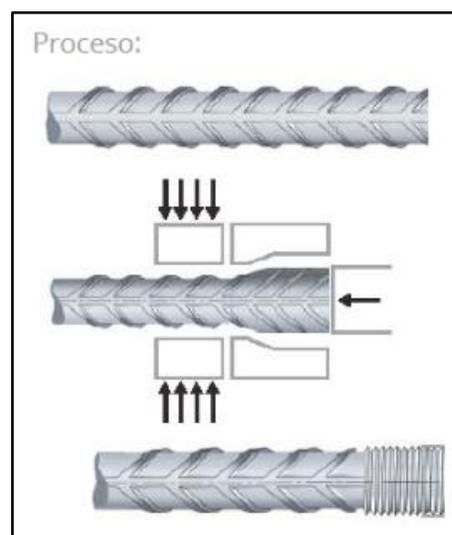


Figura 2. Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela recta. Corpa Macchinari. (2016). *Roscadore y conectores*. Recuperado de: <http://www.corpamacchinari.com>

Los tres pasos logran que una vez realizado el roscado no disminuya el diámetro efectivo de la barra y que, por lo tanto, dicha zona habilitada no pierda sus propiedades.



Figura. 3. Componentes del empalme con conector tipo rosca paralela recta. Dextra Group. (2018). Solutions - Rebar Splicing. Recuperado de: <http://www.dextragroup.com>

2.1.2.2 Rosca paralela troncocónica

El conector tipo rosca paralela troncocónica es un empalme mecánico que logra empalmar barras de acero que han pasado por un proceso previo de habilitación que consiste en lo siguiente:

- Paso 1: Pelado, el extremo de la barra se pela mediante cuchillas
- Paso 2: Roscado por laminación, se realiza una rosca por laminación

En la Figura 4 se detallan los dos procesos mencionados, mientras que en la Figura 5 se pueden apreciar los componentes del empalme mecánico; el conector de rosca paralela troncocónica, denominado Lenton coupler, a través de sus hendiduras internas logra enroscarse con ambos extremos de las barras que se disponen a conectar y que fueron previamente habilitadas, una vez acopladas se logra dar continuidad a la barra de acero.

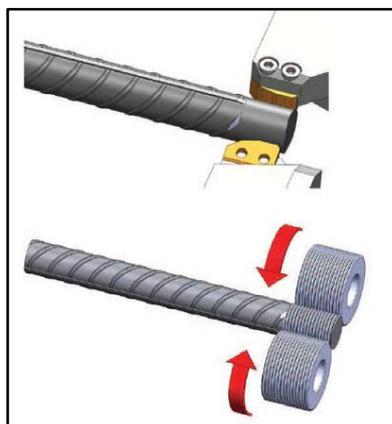


Figura. 4. Proceso de habilitación de barras para adaptarlas a una rosca paralela troncocónica. Dextra Group. (2018). Dossier de presentación técnica. Recuperado de: <http://www.dextragroup.com>

Mediante estos pasos se logra que las barras puedan ser acopladas al conector, sin embargo, la medida del diámetro se ve comprometida pudiendo provocar que la zona laminada resulte propensa a fallas al aplicarse esfuerzos.

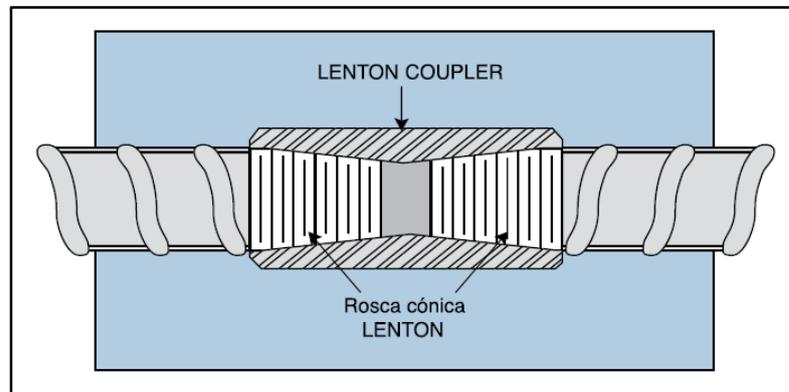


Figura 5. Componentes del empalme con conector tipo rosca paralela troncocónica. Nvent LENTON. (2015). Brochures – LENTON Mechanical Rebar Splicing Systems. Recuperado de: <https://www.erico.com>

2.2 Caso de estudio

Para lograr los objetivos propuestos en la presente tesis, se tomó como caso de estudio a la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao” que comprende cinco estaciones ubicadas entre los distritos de Santa Anita y Ate Vitarte. Las cuales son: Estación – 20 Evitamiento, Estación – 21 Óvalo Santa Anita, Estación – 22 Colectora Industrial, Estación – 23 Hermilio Valdizán y Estación – 24 Mercado Santa Anita, específicamente se evaluaron las pilas pilote ubicadas en cada una de ellas, en la sección de los planos de estructuras permanentes de los Estudios Definitivos de Ingeniería de cada estación se muestran los detalles de la distribución del acero, distancia de empalmes y demás especificaciones correspondientes al armado, dentro de ellas a los conectores, con los datos obtenidos se procedió a la determinación del metrado de estas piezas y de la longitud de empalme por traslape que podría reemplazarla, de igual manera de la sección de presupuesto detallado por partidas se obtuvieron datos correspondientes al precio y al análisis de precios unitarios de los diferentes tipos de conectores dependiendo del diámetro de las barras que acoplará.

Cabe señalar que como se ha mencionado, según lo establecido en el RNE Norma E060, las longitudes de empalme para los diferentes diámetros de barras que conforman a los elementos sometidos a compresión deberían tener el siguiente valor:

- Barras de 3/4": $0.071 \cdot 420 \cdot 19.05 = 0.568$ m
- Barras de 1": $0.071 \cdot 420 \cdot 25.4 = 0.757$ m
- Barras de 1 3/8": $0.071 \cdot 420 \cdot 35.81 = 1.067$ m

Sin embargo, dichos valores no coinciden con los señalados en la Figura 6, siendo los calculados según la RNE Norma E060 para empalmes de barras corrugadas a compresión, con la fórmula: $0.071 f_y db$ para f_y igual a 420MPa, menores a los establecidos en las especificaciones. Es por ello, que para poder comparar la cantidad de empalmes mecánicos que reemplaza a la longitud de traslape en las barras, se tomará en cuenta a los valores establecidos en las especificaciones técnicas.

f _{ck} = 40 MPa							
VARILLAS			POSICIÓN BUENA ADHERENCIA		POSICIÓN MALA ADHERENCIA		COMPRESIÓN
			ANCLAJE	SOLAPE	ANCLAJE	SOLAPE	SOLAPE
#	db (pulgadas)	db (mm)	Lbd (mm)	Lo (mm)	Lbd (mm)	Lo (mm)	Lo (mm)
3	3/8	9,5	330	500	430	650	430
4	1/2	12,7	440	660	570	860	570
5	5/8	15,9	550	830	720	1080	720
6	3/4	19,1	660	990	860	1290	860
8	1	25,4	880	1320	1140	1710	1140
11	1 3/8	35,8	1270	1910	1660	2490	1660

Figura 6. Cuadro de anclajes y solapes de la Estación 22 – Colectora Industrial. (2016). Proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”

A continuación, se detallarán las características de cada estación:

2.2.1 Estación – 24 Mercado Santa Anita

Actualmente culminada la etapa de obra civil, cuenta con planos analizados a nivel de Estudio Definitivo de Ingeniería, donde se grafican tres secciones en la que se ubican cierta cantidad de pilas pilote, cada una de ellas cuenta con diferente

denominación; en la primera sección encontramos catorce pilas pilote; en la segunda sección, veinte pilas pilote y en la tercera sección, quince pilas pilote. Las longitudes de las pilas pilotes se calcularon en base al perfil estratigráfico de la zona que ocupaba dicha estación, obteniendo diferentes longitudes para cada pila pilote.

En la primera zona encontramos que trece pilas pilote poseen dieciséis barras de acero longitudinal de 3/4" y espirales de 5/8", y la pila pilote restante (1B) posee dieciséis barras de acero longitudinal de 1" y espirales de 5/8", de igual manera en la zona 3 encontramos que trece pilas pilote poseen dieciséis barras de acero longitudinal de 3/4" y espirales de 5/8", mientras que las dos pilas pilote restantes (12B y 12D) cuentan con dieciséis barras de acero longitudinal de 1" y espirales de 5/8". En la zona central denominada zona 2, se encuentran doce pilas pilotes que poseen veinticuatro barras longitudinales de 1 3/8" y espirales de 5/8" mientras que las otras ocho pilas pilote cuentan con dieciséis barras de 1 3/8" y espirales de 5/8". Podemos observar que tanto en la zona 1 como en la zona 3, se emplean conectores para barras de acero con un diámetro de 1" y 3/4", mientras que para la zona 2, se emplean solo conectores para barras de acero con un diámetro de 1 3/8".

Por lo expuesto, para determinar la cantidad de conectores en la zona 1 debemos tener en cuenta: la cantidad de pilas pilote, que se trabaja con barras de acero de 12 metros y que existen dos conectores por barra, ver Anexo 3 y Anexo 4, teniendo presente estas consideraciones determinamos que se requiere de un total de 416 unidades de conectores para barras de 3/4" de diámetro y 32 unidades de conectores para barras de 1"; mientras que para determinar la cantidad de kilogramos de acero que se emplearía en un posible empalme tipo traslape para la totalidad de las pilas pilote, tendríamos que ceñirnos a la Figura 6 (válida para las cinco estaciones analizadas), se tomará en cuenta aquel que señala como primer punto una $f_{ck}=40\text{MPa}$, ya que es la que corresponde a las pilas pilote según la Figura 7 (válida para las cinco estaciones analizadas), luego nos ubicaremos en la columna que señala posición de compresión y finalmente obtenemos en la columna de solape una longitud de 0.86 m para barras de 3/4" y 1.14 m para barras de 1" de diámetro. Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existirían dos solapes, que en cada solape se usan 1.72 m y 2.28 m de barra respectivamente y que según la Figura 8 (válida para las cinco estaciones analizadas) corresponde una masa de 2.235 (kg/m) a la barra de 3/4" y 3.973 (kg/m) a la barra de 1", resultaría 1889.057 kg en total.

De forma similar se podrá determinar la cantidad de conectores en la zona 2 después del análisis de los planos que muestran la cantidad de pilas pilote y sus especificaciones, ver Anexo 5 y Anexo 6, obteniendo que se requiere de un total de 832 unidades de conectores para barras de 1 3/8" de diámetro; para determinar la posible cantidad de kilogramos de acero, al igual que en el análisis de la zona 1, se usan los mismos factores condicionantes obteniendo una longitud de solape de 1.66 m para barras de 1 3/8". Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existen dos solapes y que en cada solape se usan 3.32 m de barra y que según la Figura 8, corresponde una masa de 7.907 (kg/m) a la barra de 1 3/8", resultaría un total de 2762.24 m, lo que equivale a 21841.032 kg.

ELEMENTO	CLASE DE EXPOSICIÓN	CLASE ESTRUCTURAL	TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL CONCRETO f_{ck} (MPa)	RECUBRIMIENTO (mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DEL ACERO DE REFUERZO f_{yk} (MPa)	TIPO DE ACERO (1)
Pantallas	XC2+XA2	S6	3/4"	30	75	420	ASTM A-706 Gr.60
Pilas-Pilote	XC2+XA2	S6	3/4"	40	75 / 50 (2)	420	ASTM A-706 Gr.60
Losa Cubierta	XC2+XA2	S6	3/4"	40	35	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60
Prelosas + Losa in situ Cubierta	XC2+XA2	S6	3/4"	30	35	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60
Losa Vestibulo	XC3+XA1	S6	3/4"	40	35	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60
Prelosas + Losa in situ Vestibulo	XC3+XA1	S6	3/4"	30	35	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60
Losa Fondo	XC2+XA2	S6	3/4"	40	40	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60
Muros, Pilares, Escaleras Interiores	XC3+XA1	S6	3/4"	30	35	420	ASTM A-706 Gr.60 ó A-615 Gr.60

Figura 7. Tipología de concreto reforzado y presforzado de la E – 24 Mercado Santa Anita. (2016). Proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”

Finalmente, para la zona 3, seguiremos los pasos ya mencionados con ayuda de los planos que hacen mención a esta zona, ver Anexo 7 y Anexo 8, logrando determinar que se requieren de 416 unidades de conectores para barras de 3/4" de diámetro y 64 unidades de conectores para barras de 1" de diámetro y un total de 2178.927 kg procedente del posible empalme por traslape.

CALIBRES DE VARILLAS					
Designación	Diámetro en pulgadas	Diámetro (mm)	Area (mm ²)	Perímetro (mm)	Masa (kg/m)
3	3/8"	9.5	71	30	0.560
4	1/2"	12.7	129	40	0.994
5	5/8"	15.9	199	50	1.552
6	3/4"	19.1	284	60	2.235
8	1"	25.4	510	80	3.973
11	1.38"	35.8	1006	112.5	7.907

Figura 8. Calibre de varillas de la E– 24 Mercado Santa Anita. (2016). Proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”

En la Tabla 4, se muestra en detalle la cantidad de conectores y los posibles metros lineales de barras de acero de cada pilote clasificado según la zona en la que se ubique:

Tabla 4

Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-24.

ZONA	PILOTE	Ø	LONGITUD	# DE CONECTORES	# DE BARRAS	CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA 1	I.1	3/4	24.28	2	16	32	55.04
	II.1	3/4	24.33	2	16	32	55.04
	III.1	3/4	24.39	2	16	32	55.04
	IV.1	3/4	24.46	2	16	32	55.04
	IV.2	3/4	24.46	2	16	32	55.04
	IV.3	3/4	24.46	2	16	32	55.04
	V.1	3/4	24.55	2	16	32	55.04
	V.2	3/4	24.55	2	16	32	55.04
	V.3	3/4	24.55	2	16	32	55.04
	VI.1	3/4	24.63	2	16	32	55.04
	VI.2	3/4	24.63	2	16	32	55.04
	VI.3	3/4	24.63	2	16	32	55.04
	1.B	1	26.29	2	16	32	72.96
ZONA 2	2B	1 3/8	26.69	2	16	32	106.24
	3B	1 3/8	26.85	2	16	32	106.24
	4B	1 3/8	27.04	2	24	48	159.36
	5B	1 3/8	27.23	2	24	48	159.36
	6B	1 3/8	27.41	2	16	32	106.24
	7B	1 3/8	27.60	2	24	48	159.36
	8B	1 3/8	27.81	2	24	48	159.36
	9B	1 3/8	28.00	2	16	32	106.24
	10B	1 3/8	46.27	2	24	48	159.36
	11B	1 3/8	46.45	2	24	48	159.36
	2D	1 3/8	26.69	2	16	32	106.24
	3D	1 3/8	26.85	2	24	48	159.36
	4D	1 3/8	27.04	2	24	48	159.36
	5D	1 3/8	27.23	2	24	48	159.36
6D	1 3/8	27.41	2	16	32	106.24	
7D	1 3/8	27.60	2	24	48	159.36	

	8D	1 3/8	27.81	2	24	48	159.36
	9D	1 3/8	28.00	2	16	32	106.24
	10D	1 3/8	46.27	2	24	48	159.36
	11D	1 3/8	46.45	2	16	32	106.24
ZONA 3	12A	3/4	41.68	2	16	32	55.04
	12B	1	47.68	2	16	32	72.96
	12D	1	48.68	2	16	32	72.96
	VIII.1	3/4	34.76	2	16	32	55.04
	VIII.2	3/4	34.76	2	16	32	55.04
	IX.1	3/4	37.34	2	16	32	55.04
	IX.2	3/4	32.34	2	16	32	55.04
	IX.3	3/4	28.22	2	16	32	55.04
	X.1	3/4	38.46	2	16	32	55.04
	X.2	3/4	38.46	2	16	32	55.04
	XI.1	3/4	16.64	2	16	32	55.04
	XII.1	3/4	36.58	2	16	32	55.04
	XII.2	3/4	32.08	2	16	32	55.04
	XIII.1	3/4	37.18	2	16	32	55.04
XIV.1	3/4	44.26	2	16	32	55.04	

Nota: Elaboración propia.

El resultado de este metrado se resume en la Tabla 5:

Tabla 5

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-24.

ZONA	Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA 1	3/4	416	715.52
	1	32	72.96
ZONA 2	1 3/8	832	2762.24
ZONA 3	3/4	416	715.52
	1	64	145.92

Nota: Elaboración propia.

2.2.2 Estación – 23 Hermilio Valdizán

Actualmente culminada la etapa de obra civil, cuenta con planos analizados a nivel de Estudio Definitivo de Ingeniería, donde se grafica una sección

media en la que se ubican 18 pilas pilote. Las longitudes de las pilas pilotes se calcularon en base al perfil estratigráfico de la zona que ocupaba dicha estación, obteniendo diferentes longitudes de pilas pilote.

En esta zona se determina que las pilas 1, 2,3, 4, 9, 10, 11, 12 y 18 poseen veinte barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", la pila 17 posee veinticuatro barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8" y las pilas 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15 y 16 poseen veintiocho barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8".

Por lo expuesto, para determinar la cantidad de conectores debemos tener en cuenta: la cantidad de pilas pilote, que se trabaja con barras de acero de 12 metros y que existen dos conectores por barra, ver Anexo 9 y Anexo10, teniendo presente estas consideraciones determinamos que se requiere de un total de 856 unidades de conectores para barras de 1 3/8"; mientras que para determinar la cantidad de kilogramos de acero que emplearíamos en un posible empalme tipo traslape para la totalidad de las pilas pilote, tendríamos que ceñirnos a la Figura 6, se tomará en cuenta aquel que señala como primer punto una $f_{ck}=40\text{MPa}$, ya que es la que corresponde a las pilas pilote según la Figura 7, luego nos ubicaremos en la columna que señala compresión y finalmente obtenemos en la columna de solape una longitud de 1.66m para barras de 1 3/8". Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existen dos solapes, que en cada solape se usan 3.32 m de barra y que según la Figura 8, corresponde una masa de 7.907 (kg/m) a la barra de 1 3/8", resultaría 22471.061 kg en total.

En la Tabla 6, se muestra a detalle la cantidad de conectores y los posibles metros lineales de barras de acero de cada pilote que comprende la zona media.

Tabla 6

Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-23.

ZONA	PILOTE	Ø	LONG.	# DE CONECTORES	# DE BARRAS	CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1	1 3/8	35.70	2	20	40	132.8
	2	1 3/8	35.81	2	20	40	132.8
	3	1 3/8	35.93	2	20	40	132.8
	4	1 3/8	36.05	2	20	40	132.8
	5	1 3/8	38.78	2	28	56	185.92
	6	1 3/8	39.92	2	28	56	185.92

7	1 3/8	39.06	2	28	56	185.92
8	1 3/8	40.20	2	28	56	185.92
9	1 3/8	35.70	2	20	40	132.8
10	1 3/8	35.81	2	20	40	132.8
11	1 3/8	35.93	2	20	40	132.8
12	1 3/8	36.05	2	20	40	132.8
13	1 3/8	38.78	2	28	56	185.92
14	1 3/8	39.92	2	28	56	185.92
15	1 3/8	39.06	2	28	56	185.92
16	1 3/8	40.20	2	28	56	185.92
17	1 3/8	36.73	2	24	48	159.36
18	1 3/8	36.83	2	20	40	132.8

Nota: Elaboración propia.

El resultado de este metrado se resume en la Tabla 7:

Tabla 7

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-23.

ZONA	Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1 3/8	856	2841.92

Nota: Elaboración propia.

2.2.3 Estación – 22 Colectora Industrial

Actualmente culminada la etapa de obra civil, cuenta con planos analizados a nivel de Estudio Definitivo de Ingeniería, donde se grafican la cantidad de pilas pilotes que forman parte de esta estación. Las longitudes de las pilas pilotes se calcularon en base al perfil estratigráfico de la zona que ocupaba dicha estación, obteniendo diferentes longitudes de pilas pilote.

En esta zona encontramos que las pilas 1 y 11 poseen dieciséis barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", las pilas 2, 10, 12 y 20 poseen veinticuatro barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", las pilas 4, 7, 14 y 17 poseen veintiocho barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8" y las pilas 3, 5, 6, 8,

9, 13, 15, 16, 18 y 19 poseen treinta y dos barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8".

Por lo expuesto, para determinar la cantidad de conectores debemos tener en cuenta: la cantidad de pilas pilote, que se trabaja con barras de acero de 12 metros y que existen dos conectores por barra, ver Anexo 11 y Anexo 12, con dichas consideraciones determinamos que se requiere de un total de 1120 unidades de conectores para barras de 1 3/8"; mientras que para determinar la cantidad de kilogramos de acero que emplearíamos en un posible empalme tipo traslape para la totalidad de las pilas pilote, tendríamos que ceñirnos a la Figura 6, se tomará en cuenta aquel que señala como primer punto una $f_{ck} = 40\text{MPa}$, ya que es la que corresponde a las pilas pilote según la Figura 7, luego nos ubicaremos en la columna que señala compresión y finalmente obtenemos en la columna de solape una longitud de 1.66 m para barras de 1 3/8". Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existen dos solapes, que en cada solape se usan 3.32 m de barra y que según la Figura 8, corresponde una masa de 7.907 (kg/m) a la barra de 1 3/8", resultaría 29401.389kg en total.

En la Tabla 8, se muestra a detalle la cantidad de conectores y los posibles metros lineales de barras de acero de cada pilote que comprende la zona media.

Tabla 8

Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-22.

ZONA	PILOTE	Ø	LONG.	# DE CONECTORES	# DE BARRAS	CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1	1 3/8	24.86	2	16	32	106.24
	2	1 3/8	25.04	2	24	48	159.36
	3	1 3/8	25.29	2	32	64	212.48
	4	1 3/8	25.55	2	28	56	185.92
	5	1 3/8	25.78	2	32	64	212.48
	6	1 3/8	26.06	2	32	64	212.48
	7	1 3/8	26.29	2	28	56	185.92
	8	1 3/8	26.55	2	32	64	212.48
	9	1 3/8	26.80	2	32	64	212.48
	10	1 3/8	27.04	2	24	48	159.36
	11	1 3/8	24.86	2	16	32	106.24

12	1 3/8	25.04	2	24	48	159.36
13	1 3/8	25.29	2	32	64	212.48
14	1 3/8	25.55	2	28	56	185.92
15	1 3/8	25.78	2	32	64	212.48
16	1 3/8	26.06	2	32	64	212.48
17	1 3/8	26.29	2	28	56	185.92
18	1 3/8	26.55	2	32	64	212.48
19	1 3/8	26.80	2	32	64	212.48
20	1 3/8	27.04	2	24	48	159.36

Nota: Elaboración propia.

El resultado de este metrado se resume en la Tabla 9:

Tabla 9

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-22.

ZONA	Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1 3/8	1120	3718.4

Nota: Elaboración propia.

2.2.4 Estación – 21 Óvalo Santa Anita

Actualmente culminada la etapa de obra civil, cuenta con una sección media en la que se ubican 20 pilas pilote, los planos de esta estación se han analizado a nivel de Estudio Definitivo de Ingeniería. Las longitudes de las pilas pilotes se calcularon en base al perfil estratigráfico de la zona que ocupaba dicha estación, obteniendo diferentes longitudes de pilas pilote.

En esta zona encontramos que la pila 5D posee treinta y seis barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", las pilas 4B, 8B, 12B, 4D, 8D, 11D y 12D poseen treinta y dos barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", las pilas 5B, 6B, 7B, 10B, 11B y 7D poseen veintiocho barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8" y las pilas 3B, 9B, 3D, 6D, 9D y 10D poseen veinticuatro barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8".

Por lo expuesto, para determinar la cantidad de conectores debemos tener en cuenta: la cantidad de pilas pilote, que se trabaja con barras de acero de 12 metros y que existen dos conectores por barra, ver Anexo 13, Anexo 14 y Anexo 15, con dichas consideraciones determinamos que se requiere de un total de 1144 unidades de conectores para barras de 1 3/8"; mientras que para determinar la cantidad de kilogramos de acero que emplearíamos en un posible empalme tipo traslape para la totalidad de las pilas pilote, tendríamos que ceñirnos a la Figura 6, se tomará en cuenta aquel que señala como primer punto una $f_{ck}=40\text{MPa}$, ya que es la que corresponde a las pilas pilote según la Figura 7, luego nos ubicaremos en la columna que señala compresión y finalmente obtenemos en la columna de solape una longitud de 1.66 m para barras de 1 3/8". Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existen dos solapes, que en cada solape se usan 3.32 m de barra y que según la Figura 8, corresponde una masa de 7.907 (kg/m) a la barra de 1 3/8", resultaría 30031.419 kg en total.

En la Tabla 10, se muestra a detalle la cantidad de conectores y los posibles metros lineales de barras de acero de cada pilote que comprende la zona media.

Tabla 10
Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-21.

ZONA	PILOTE	Ø	LONG.	# DE CONECTORES	# DE BARRAS	CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	3B	1 3/8	26.42	2	24	48	159.36
	4B	1 3/8	26.61	2	32	64	212.48
	5B	1 3/8	26.69	2	28	56	185.92
	6B	1 3/8	26.98	2	28	56	185.92
	7B	1 3/8	27.15	2	28	56	185.92
	8B	1 3/8	27.35	2	32	64	212.48
	9B	1 3/8	27.52	2	24	48	159.36
	10B	1 3/8	27.69	2	28	56	185.92
	11B	1 3/8	27.84	2	28	56	185.92
	12B	1 3/8	28.00	2	32	64	212.48
	3D	1 3/8	26.42	2	24	48	159.36
	4D	1 3/8	26.61	2	32	64	212.48
	5D	1 3/8	26.69	2	36	72	239.04
	6D	1 3/8	26.98	2	24	48	159.36

7D	1 3/8	27.15	2	28	56	185.92
8D	1 3/8	27.35	2	32	64	212.48
9D	1 3/8	27.52	2	24	48	159.36
10D	1 3/8	27.69	2	24	48	159.36
11D	1 3/8	27.84	2	32	64	212.48
12D	1 3/8	28.00	2	32	64	212.48

Nota: Elaboración propia.

El resultado de este metrado se resume en la Tabla 11:

Tabla 11

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-21.

ZONA	Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1 3/8	1144	3798.08

Nota: Elaboración propia.

2.2.5 Estación – 20 Evitamiento

Actualmente culminada la etapa de obra civil, cuenta con una sección media en la que se ubican 20 pilas pilote, los planos de esta estación se han analizado a nivel de Estudio Definitivo de Ingeniería. Las longitudes de las pilas pilotes se calcularon en base al perfil estratigráfico de la zona que ocupaba dicha estación, obteniendo diferentes longitudes de pilas pilote.

En esta zona encontramos que las pilas 2B, 2D, 3B, 3D, 4B, 4D, 5B, 5D, 6B, 6D, 7B y 7D poseen treinta y dos barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8", las pilas 8B, 8D, 9B y 9D poseen veintiocho barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8" y las pilas 10B, 10D, 11B y 11D poseen veinticuatro barras de acero longitudinal de 1 3/8" y espirales de 5/8".

Por lo expuesto, para determinar la cantidad de conectores debemos tener en cuenta: la cantidad de pilas pilote, que se trabaja con barras de acero de 12 metros y que existen dos conectores por barra, ver Anexo 16, Anexo 17 y Anexo 18, con dichas consideraciones determinamos que se requiere de un total de 1184 unidades de conectores para barras de

1 3/8"; mientras que para determinar la cantidad de kilogramos de acero que emplearíamos en un posibles empalme tipo traslape para la totalidad de las pilas pilote, tendríamos que ceñirnos a la Figura 6, se tomará en cuenta aquel que señala como primer punto una $f_{ck}=40\text{MPa}$, ya que es la que corresponde a las pilas pilote según la Figura 7, luego nos ubicaremos en la columna que señala compresión y finalmente obtenemos en la columna de solape una longitud de 1.66 m para barras de 1 3/8". Por tanto, teniendo en cuenta que por cada barra existen dos solapes, que en cada solape se usan 3.32m de barra y que según la Figura 8, corresponde una masa de 7.907 (kg/m) a la barra de 1 3/8", resultaría 31081.468 kg en total.

En la Tabla 12, se muestra a detalle la cantidad de conectores y los posibles metros lineales de barras de acero de cada pilote que comprende la zona media.

Tabla 12

Metrado de conectores y longitud de traslape de la E-20.

ZONA	PILOTE	Ø	LONG.	# DE CONECTORES	# DE BARRAS	CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	2B	1 3/8	48.39	2	32	64	212.48
	3B	1 3/8	48.51	2	32	64	212.48
	4B	1 3/8	48.63	2	32	64	212.48
	5B	1 3/8	48.77	2	32	64	212.48
	6B	1 3/8	48.90	2	32	64	212.48
	7B	1 3/8	49.05	2	32	64	212.48
	8B	1 3/8	49.19	2	28	56	185.92
	9B	1 3/8	49.32	2	28	56	185.92
	10B	1 3/8	49.45	2	24	48	159.36
	11B	1 3/8	49.55	2	24	48	159.36
	2D	1 3/8	48.39	2	32	64	212.48
	3D	1 3/8	48.51	2	32	64	212.48
	4D	1 3/8	48.63	2	32	64	212.48
	5D	1 3/8	48.77	2	32	64	212.48
	6D	1 3/8	48.90	2	32	64	212.48
	7D	1 3/8	49.05	2	32	64	212.48
	8D	1 3/8	49.19	2	28	56	185.92
	9D	1 3/8	49.32	2	28	56	185.92
	10D	1 3/8	49.45	2	24	48	159.36
	11D	1 3/8	49.55	2	24	48	159.36

Nota: Elaboración propia.

El resultado de este metrado se resume en la Tabla 13:

Tabla 13

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de la E-20.

ZONA	Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
ZONA MEDIA	1 3/8	1184	3930.88

Nota: Elaboración propia.

III. Método

3.1 Tipo de investigación

La presente tesis es una investigación tipo EXPLICATIVO, que requirió de examinar las características de los empalmes mecánicos tales como: ensayos de laboratorio, planos de la especialidad de estructuras, especificaciones técnicas y presupuestos de los Estudios Definitivos de Ingeniería de las cinco estaciones que conforman la Etapa 1A, con la finalidad de llevar a cabo una comparación de los costos que involucran usar los empalmes mecánicos en reemplazo de un posible uso de los empalmes por traslape. Dicha conclusión sirve de base para la recomendación de su uso.

3.2 Ámbito temporal y espacial

- Ámbito temporal: La presente tesis es de actualidad, referido a la determinación de un comparativo de costos de los empalmes mecánicos respecto de los empalmes por traslape en las barras de acero.

- Ámbito espacial: La presente tesis se desarrollará en la región Lima – Perú, específicamente en la ciudad de Lima, en el proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao” Etapa 1A que comprende cinco estaciones ubicadas entre los distritos de Santa Anita y Ate Vitarte. Las cuales son:
 - Estación – 20 Evitamiento
 - Estación – 21 Óvalo Santa Anita
 - Estación – 22 Colectora Industrial
 - Estación – 23 Hermilio Valdizán
 - Estación – 24 Mercado Santa Anita

3.3 Variables

3.3.1 Variable independiente o de causa:

- Empalme mecánico y empalme por traslape

3.3.2 Variables dependientes o de efecto:

- Análisis comparativo de costos

A su vez, las dimensiones originadas de dichas variables serían la variación de costos y los conectores tipo rosca paralela recta y rosca paralela cónica, mientras que los indicadores serían: Cantidad de conector mecánicos de 3/4", cantidad de conector mecánicos de 1", cantidad de conector mecánicos de 1 3/8", precio de conectores mecánicos de 3/4", precio de conectores mecánicos de 1", precio de conectores mecánicos de 1 3/8", cantidad de acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, precio de acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, ventajas, desventajas y proceso de fabricación.

3.4 Población y muestra

- Población: la presente tesis es aplicable a los proyectos que implementen empalmes mecánicos tipo conectores mecánicos de rosca paralela recta en la armadura de sus elementos estructurales.
- Muestra: la presente tesis tiene como muestra a las pilas – pilote de las cinco estaciones que conforman la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”

3.5 Instrumentos

Los instrumentos que se emplearon para recoger, procesar y almacenar la información referida a la presente tesis fueron:

- Tesis relacionadas al tema de investigación
- Revistas y boletines
- Brochure de tipos de empalmes mecánicos
- Estudios Definitivos de Ingeniería de la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”
- Norma Técnica de Edificación
- Normas y reglamentos extranjeros
- Hojas de cálculo (Ms Excel)
- Resultados de ensayos de pruebas a tracción

3.6 Procedimientos

Los procedimientos que se siguieron para determinar los datos obtenidos respecto del cuadro comparativo de los empalmes mecánicos y traslapados fueron:

- Recolección y selección de material bibliográfico
- Observación y evaluación de contenido
- Comparación con estudios similares
- Evaluación de los planos de los EDI's del proyecto en cuestión
- Determinación de metrados
- Evaluación del presupuesto de los EDI's del proyecto en cuestión
- Elaboración del cuadro comparativo

3.7 Análisis de datos

En la presente tesis se optó por someter a los datos a un análisis cuantitativo, que consistió en describir los datos obtenidos de los metrados de forma resumida, relacionar dichos datos con costos fijados en el presupuesto del caso específico estudiado, revelar las diferencias existentes entre ambos tipos de empalmes posibles (mecánicos y por traslape) y construir una teoría.

De los metrados realizados a partir de los planos de Estudios Definitivos de Ingeniería respecto a las cinco estaciones analizadas de la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”, se obtuvieron tablas que siendo agrupadas de acuerdo con el diámetro de las barras de acero dieron lugar a la Tabla 14.

Tabla 14

Resumen del metrado de conectores y longitud de traslape de todas las estaciones.

Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE
3/4	832	1431.04
1	96	218.88
1 3/8	5136	17051.52

Nota: Elaboración propia.

La posible cantidad de metros lineales que forman parte del empalme por traslape obtenidos al analizar las pilas pilote de las estaciones, señala la existencia de barras de acero de 3/4", 1" y 1 3/8" de diámetro; para realizar la comparación en cuanto a costos, es necesario convertirlos a unidades de kilogramos, para ello usaremos la Figura 8.

En la Tabla 15 se muestra el resultado de realizar la multiplicación de la cantidad de metros lineales por el factor de conversión, de acuerdo con el diámetro de las barras de acero.

Tabla 15

Conversión de la longitud de traslape de metros lineales a kilogramos.

Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	ML TRASLAPE	KG
3/4	832	1431.04	3198.37
1	96	218.88	869.61
1 3/8	5136	17051.52	134826.37
		SUMA:	138894.35

Nota: Elaboración propia.

Es decir que de haberse empleado empalmes por traslape en las pilas pilote de las estaciones de la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao” se hubiesen usado 138894.35 kg de acero.

IV. Resultados

Los resultados fueron obtenidos empleando los precios fijados en los análisis de precios unitarios del presupuesto presentado en el Estudio Definitivo de Ingeniería, indicados en la Figura 9; siendo los mismos para las cinco estaciones analizadas.

ESTACIÓN E-24 MERCADO SANTA ANITA. PROYECTO DE OBRA CIVIL					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Partida:	10A-5.5.7.8 Acero fy = 4200 kg/cm2. En armaduras	kg	Coste Unitario directo:		1.59
Código	Descripción recurso	Unidad	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
	MANO DE OBRA				
OCA-STD-P	Capataz (std)	hh	0.0050	9.26	0.05
OOP-STD-P	Operario (std)	hh	0.0500	8.80	0.44
OOPA-STD-GRU-P	Operador (A) Grúa (std)	hh	0.0011	11.45	0.01
OOPC-STD-CHC-P	Operador (C) Chofer de Camión (std)	hh	0.0011	9.83	0.01
	MATERIALES				
P030304-P	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2	kg	1.1500	0.86	0.99
P030000-P	Alambre de atar 1,3 mm.	kg	0.0080	0.87	0.01
MPET01-P	Petroleo diesel	gln	0.0040	4.29	0.02
	EQUIPOS Y MAQUINARIA				
MQ14003-P	Grúa telescópica 15 t (solo mac)	hm	0.0006	74.50	0.04
MQCP20T-P	Camión plataforma 20 t	hm	0.0006	40.00	0.02
Partida:	10A-5.5.6.11 Conector de armadura de 1 3/8"	und	Coste Unitario directo:		20.91
Código	Descripción recurso	Unidad	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
	MANO DE OBRA				
OOP-STD-P	Operario (std)	hh	1.0000	8.80	8.80
	MATERIALES				
P030305-P	Conectores de armadura Ø1 3/8"	und	1.0000	12.11	12.11
Partida:	10A-5.4.6.11 Conector de armadura de 1"	und	Coste Unitario directo:		18.30
Código	Descripción recurso	Unidad	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
	MANO DE OBRA				
OOP-STD-P	Operario (std)	hh	1.0000	8.80	8.80
	MATERIALES				
P030305-A-P	Conectores de armadura Ø 1"	und	1.0000	9.50	9.50
Partida:	10A-5.4.6.12 Conector de armadura de Ø 3/4"	und	Coste Unitario directo:		17.30
Código	Descripción recurso	Unidad	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
	MANO DE OBRA				
OOP-STD-P	Operario (std)	hh	1.0000	8.80	8.80
	MATERIALES				
P030305-34-P	Conector de armadura de Ø 3/4"	und	1.0000	8.50	8.50
Partida:	10A-5.4.6.9 Conector de armadura de 1 3/8"	und	Coste Unitario directo:		20.91
Código	Descripción recurso	Unidad	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
	MANO DE OBRA				
OOP-STD-P	Operario (std)	hh	1.0000	8.80	8.80
	MATERIALES				
P030305-P	Conectores de armadura Ø1 3/8"	und	1.0000	12.11	12.11

Figura 9. APU de las partidas analizadas de la E – 24 Mercado Santa Anita. (2016). Proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao”

Al aplicar los precios señalados en los análisis de precios unitarios de la Figura 9 a los valores de la Tabla 15, obtenemos la Tabla 16.

Tabla 16

Precios de conectores y del acero usado en el empalme por traslape

Ø	CANTIDAD DE CONECTORES	P.U. CONECTOR	PRECIO TOTAL CONECTOR	KG TRASLAPE	P.U. ACERO	PRECIO TOTAL TRASLAPE
3/4	832	\$ 17.30	\$ 14,393.60	3198.37	\$ 1.59	\$ 5,085.42
1	96	\$ 18.30	\$ 1,756.80	869.61	\$ 1.59	\$ 1,382.68
1 3/8	5136	\$ 20.91	\$ 107,393.76	134826.37	\$ 1.59	\$214,373.93

Nota: Elaboración propia.

V. Discusión de resultados

El resultado de la comparación de costos en cuanto a la aplicación de empalmes mecánicos tipo rosca paralela recta y el posible uso de empalmes por traslape, en las pilas pilote de las cinco estaciones que conforman la Etapa 1A del proyecto “Línea 2 y ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del Metro de Lima y Callao”, queda representado en la Tabla 17.

En la cuarta columna de la Tabla 17 se determina la diferencia del precio que generarían los empalmes por traslape en comparación a los empalmes mecánicos tipo conector rosca paralela recta.

Tabla 17

Comparación de precios de conectores y del acero usado en el empalme por traslape

Ø	PRECIO TOTAL CONECTOR (1)	PRECIO TOTAL TRASLAPE (2)	(2) - (1)
3/4	\$ 14,393.60	\$ 5,085.42	\$ -9,308.18
1	\$ 1,756.80	\$ 1,382.68	\$ -374.12
1 3/8	\$ 107,393.76	\$ 214,373.93	\$ 106,980.17
		SUMA:	\$ 97,297.86

Nota: Elaboración propia.

De las diferencias establecidas en dicha tabla podemos afirmar que:

- Para las barras de acero de 3/4" de diámetro a empalmar, se obtuvo que el costo del conector rosca paralela recta es mucho mayor que el posible traslape, llegando a casi triplicar el costo.
- Para las barras de 1" de diámetro a empalmar, se obtuvo que la variación de los precios entre ambos empalmes es mínima.
- Para las barras de 1 3/8" de diámetro a empalmar, se obtuvo que la diferencia de costos es la que compromete a la mayor cantidad de dinero del presupuesto destinado

a estas partidas. Siendo el costo del conector rosca paralela recta cerca a la mitad del posible costo de los empalmes por traslape.

El factor principal de las diferencias evidenciadas en el primer y segundo punto radica en que el costo de la longitud del empalme por traslape representa un costo menor comparado al del precio unitario del conector mecánico. El menor precio unitario del conector mecánico tipo rosca paralela recta correspondiente al menor diámetro a empalmar (\$ 17.30), tiene un valor de más del doble del precio del empalme por traslape (\$ 6.11) de la barra del mismo diámetro; dicho costo queda sustentado en el material del conector y en los varios recursos que se requieren en los procesos de su fabricación y puesta en obra.

Por otro lado, para el tercer punto, el precio unitario del conector mecánico tipo rosca paralela recta correspondiente a las barras de 1 3/8" a empalmar (\$ 20.91), tiene un valor menor a la mitad del precio del empalme por traslape (\$ 41.74) de la barra del mismo diámetro. Además, al tener un metrado con una cantidad significativa correspondiente al conector de este diámetro (5136 unidades), se obtiene una diferencia considerable.

Por lo expuesto, el caso conveniente para la aplicación de los conectores mecánicos tipo rosca paralela recta sería en el mayor diámetro de las barras analizadas, ya que le corresponde la mayor longitud de empalme (3.32 m por empalme).

Por ello, la decisión de usar algún tipo de empalme mecánico en barras de diámetro menor o igual a 1", dependerá no solo de factores económicos, sino que se deberán valorar otros aspectos que benefician al proyecto, mientras que el uso para barras mayores a 1" de diámetro es totalmente recomendable.

Cabe mencionar que, de optar por emplear los conectores mecánicos, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones que nos aseguren un comportamiento satisfactorio en el horizonte del proyecto.

VI. Conclusiones

En cuanto al análisis de costos, se concluye que la conveniencia del empleo de empalmes mecánicos tipo conectores rosca paralela recta, en el presupuesto de un proyecto, es proporcional a los diámetros de las barras a empalmar.

Además, existen beneficios o ventajas que se deben valorar si se decide optar por los conectores mecánicos tipo rosca paralela recta Tipo 2 en barras de diámetros menores o iguales a 1", son los siguientes:

- Reducción del congestionamiento en las armaduras
- Eliminación del cálculo para la ubicación de los empalmes traslapados
- Independencia respecto al concreto para la transmisión de esfuerzos
- Mejoría de la integridad estructural
- Reducción de horas hombres para la misma labor
- Reducción de desperdicios
- Disminución de la aparición de cangrejas
- Evita accidentes a causa de las mechas expuestas
- Evita la corrosión causada por la exposición de mechas
- Facilita la continuidad de las armaduras

VII. Recomendaciones

Si luego de la evaluación, en el anteproyecto de una edificación, se optara por el uso de empalmes mecánicos tipo rosca paralela recta sea cualquiera el diámetro de las barras a empalmar, se deben de tener presente ciertas recomendaciones que no están establecidas explícitamente en nuestro reglamento, pero que deben ser de cumplimiento obligatorio para que su uso sea adecuado y no representen riesgos.

El proveedor deberá proporcionar:

- Certificaciones de calidad dependiendo de la cantidad de lotes.
- Resultados de ensayos de tracción del conector a emplear dependiendo de la cantidad de lotes.
- Especificaciones de las dimensiones de los conectores dependiendo del diámetro de las barras que unirán.
- Clasificación del conector (Tipo 1 o Tipo 2).
- Adecuado embalaje y transporte, para conservar en buen estado a los conectores.

Consideraciones de la habilitación:

- Maquinaria calibrada
- Personal capacitado
- Espacio adecuado
- Elementos libres de oxidación
- Corte en escuadra del extremo de las barras
- Control de la longitud de las hendiduras
- Control de la simetría en las hendiduras

Consideraciones del proceso constructivo:

- Personal capacitado
- Inspección visual para comprobar el buen estado de los conectores
- Inspección visual del empalme
- Considerar el recubrimiento en la ubicación del conector

VIII. Referencias

Reglamentos y Normas:

American Concrete Institute. (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary (ACI 318R-14).

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (MVCS). (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica de Edificaciones E.060 Concreto Armado.

Tesis de grado:

Alvis, D. y Guerra, J. (2017). Análisis técnico, económico y constructivo del uso de empalmes mecánicos roscados en edificaciones. (Tesis de grado de ingeniero civil). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá – Colombia.

Antialón, N, (2014). Influencia de los costos y tiempos en la producción de vigas cabezales utilizando el sistema constructivo tradicional y el de prefabricados. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú.

Arriagada, R. (2007). Estudio experimental en empalmes de armaduras en elementos de hormigón armado sometidos a tracción. (Tesis para optar al título de Constructor Civil). Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Valdivia – Chile.

López, A. y Valle, N. (2012). Estudio del empalme mecánico de varillas corrugadas mediante conectores cilíndricos huecos y diseño-construcción del sistema hidráulico móvil para el prensado. (Trabajo de grado de ingeniero mecánico). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador.

Libro:

Harmsen, T. (2009). Diseño de Estructuras de Concreto Armado 4° Edición.
Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú – Fondo Editorial.

Revistas, boletines:

COSAPI. (2015). Banco de la Nación aplicando nuevas tecnologías para el edificio más alto del país. En Cuadrilla, 167, 6-7

Harmsen, T. (2011). Empalmes de armaduras para concreto. En Boletín Construcción Integral, 11, 6-8.

Singh R., Himanshu S., K. Bhalla N. (2013). Reinforcement Couplers As An Alternative To Lap Splices: A Case Study. En International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2,1-6.

Zoeger, C. (2015). Nueva sede Institucional del Banco de la Nación “Un hito en la ingeniería de Altura”. En Perú Construye, 35,40-53.

Fuente electrónica:

Bartec Company. (2018). Brochure LINXION PI. Recuperado de:
<http://www.bartec.eu/fr/a-propos.html>

BarSplice. (2015). BarGrip. Recuperado de: <http://www.barsplice.com>

Corpa Macchinari. (2016). Roscadores y conectores. Recuperado de:
<http://www.corpamacchinari.com>

CDV Ingeniería Antisísmica. (2017). Conectores mecánicos. Recuperado de:
<https://cdvperu.com/conectores-mecanicos/>

Dextra Group. (2017). Chaglla. Dam. Recuperado de:
<https://www.dextragroup.com/activities/technical-solutions-for-construction/project-references/36-dams/125-chaglla-dam>

Dextra Group. (2017). Headed Bars. Recuperado de:
<https://www.dextragroup.com>

Dextra Group. (2017). Rolltec Solución ligera y productiva de acoplador de barras de refuerzo. Recuperado de: <http://www.dextragroup.com>

Dextra Group. (2017). Unitec Acoplador atornillado sin preparación de barras de refuerzo Recuperado de: www.dextragroup.com

Erico Internacional Corporation LENTON. (2017) Terminator for rebar anchorage. Recuperado de: <https://www.erico.com/lenton.asp>

Pentair Lenton. (2015). Sistemas de empalmes mecánicos para barras de armaduras. Recuperado de: <http://www.erico.pentair.com>

Powers Peruana. (2011). Conectores Mecánicos. Recuperado de:
<http://www.powersperuana.com/dayton/>

Ponencia:

Castillo, F. (2018, Julio). Normativas y lineamientos para el uso de conectores mecánicos para barras corrugadas y anclajes post instalados adheridos en estructuras de concreto armado.

Ponencia presentada por CDV Ingeniería Antisísmica.

Colegio de Ingenieros del Perú, CD Lima.

IX. Anexos

Anexo 1 Ensayo ASTM A1034 – 10 para barras de 3/4", 1" y 1 3/8" de diámetro empalmadas con conector tipo rosca paralela recta. Realizado por Dextra Manufacturing (19/06/2014)



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 1 / 14

TEST REPORT

Slip Tensile Testing of ROLLTEC Mechanical Splices on Peruvian Reinforcing Bars



Prepared by : 
Chatree Hunsri
Laboratory Engineer

Approved by : 
Sutham Apiwatcharoenkul
Product Certification Manager



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 2 / 14

Contents

1. INTRODUCTION	3
1.1 PURPOSE	3
1.2 SPLICE SYSTEM DESCRIPTION.....	3
2. SCOPE OF TESTING	4
3. TESTING PROCEDURE	4
3.1 PREPARATION OF TEST PIECES	4
3.2 TENSILE TEST.....	5
3.3 ELONGATION UNDER THE MAXIMUM LOAD (DUCTILITY, A_{gt})	5
4. LABORATORY ACCREDITATION	5
5. TEST RESULTS	6
6. SUMMARY	7
APPENDIX A: Laboratory Accreditation Certificate	8
APPENDIX B: Stress Strain Graphs.....	10
APPENDIX C: Pictures of Specimens.....	13

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 3 / 14

1. INTRODUCTION

Dextra Material Testing has performed a series of tensile tests on reinforcing bars mechanically spliced with Rolltec couplers. The tests were performed on bar sizes 3/4" (19 mm), 1" (25 mm), and 1 3/8" (36mm), using reinforcing bars grade 60 as per ASTM A615. Testing was done in conformity to standard test method ASTM A1034-10.

An unspliced control bar of each size, taken from the same heat as those used to assemble the splice specimens, was also tested.

1.1 PURPOSE:

To evaluate the performance of Rolltec mechanical splices on reinforcing bar 3/4" (19 mm), 1" (25 mm), and 1 3/8" (36mm) grade 60 as per ASTM A615.

1.2 SPLICE SYSTEM DESCRIPTION:

DEXTRA's Rolltec mechanical splicing system consists in joining two ends of reinforcing bars with a parallel-threaded coupler. Each reinforcing bar is placed into a machine that peels off its deformations and threads it by a process of cold rolling as shown in Figure 1 (a). Final assembly of the splice takes place in the field or in a fabricator shop by engaging the threaded ends of the reinforcing bars into a threaded coupler. An illustration of a standard splice assembly is shown in Figure 1 (b).

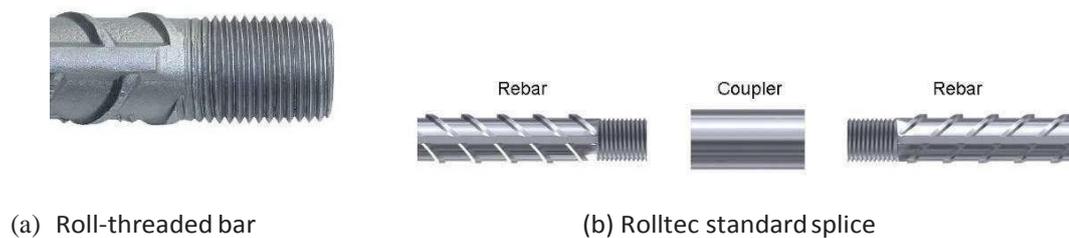


Figure 1. Illustration of a Rolltec splice

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 4 / 14

2. SCOPE OF TESTING

Three sizes of standard splice specimens were tested: 3/4" (19 mm), 1" (25 mm), and 1 3/8" (36mm). For each bar size, one unspliced control bar and four standard splices were tested. Table 1 summarizes the distribution of specimens according to the test plan.

Table 1 – Distribution of specimens

Bar size	Number of spliced specimen	Number of unspliced specimen	Reinforcing bar	
			Origin	Grade
3/4" (19 mm)	3	1	Peru	ASTM615 - 60
1" (25 mm)	3	1	Peru	ASTM615 - 60
1 3/8" (36mm)	3	1	Peru	ASTM615 - 60

3. TESTING PROCEDURE

3.1 PREPARATION OF TEST PIECES:

- Prepare the test piece with a free length (l) at minimum 400 mm each side

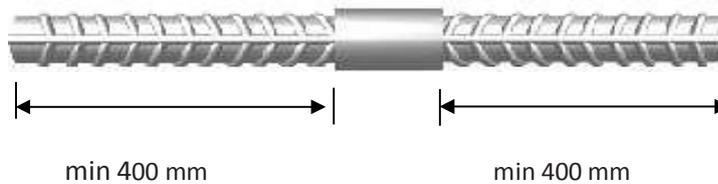


Figure 2. Length of test specimens

- The coupler is positioned in the middle of the test piece.
- The splice is tightened with a pipe wrench as per the manufacturer's assembly instruction.

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 5 / 14

3.2 TENSILE TEST:

- Position the specimen in the center of the grips.
- Apply the tensile load at a constant speed (30 mm/min) until the test piece fails.

3.3 ELONGATION UNDER THE MAXIMUM LOAD (DUCTILITY, A_{gt})

- A_{gt} is determined by the manual method after fracture which be calculated from the following formula:

$$A_{gt} = A_g + R_m/2000$$

where A_g is the percentage non-proportional elongation at maximum force. where R_m is tensile strength (N/mm²)

- The measurement of A_g is made on a gauge length of 100 at a distance, of at least 50 mm or 2d (whichever is the greater) away from the fracture.

4. LABORATORY ACCREDITATION

Dextra Material Testing's Quality Assurance system has been accredited as per the ISO/IEC 17025:2005 standard by the Thai Industrial Standards Institute (TISI). TISI is a member of the ILAC and APLAC with whom it has signed Mutual Recognition Agreements. Laboratory accreditation certificate is provided in Appendix A.

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand
Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 6 / 14

5. TEST RESULTS

Dextra Material Testing has performed a series of tests on dates June 14th. The results of the tests are gathered in Table 2, including the stress strain which

Bar size	Specimen n ^o	Tensile load (kN)	Tensile strength (MPa)	Agt (%)	Failure location	Report n ^o
3/4" (19 mm)	1	207	729	8	Break at thread of bar	145-14/01
	2	206	724	7	Break at thread of bar	145-14/01
	3	208	731	8	Break at thread of bar	145-14/01
	4	207	729	8	Break at thread of bar	145-14/01
1" (25 mm)	1	382	749	8	Break at thread of bar	145-14/02
	2	381	748	9	Break at thread of bar	145-14/02
	3	382	749	9	Break at thread of bar	145-14/02
	4	383	751	9	Break at thread of bar	145-14/02
1 3/8" (36 mm)	1	723	726	9	Break at thread of bar	145-14/03
	2	728	724	10	Break at thread of bar	145-14/03
	3	727	723	9	Thread slipped out	145-14/03
	4	730	725	9	Break at thread of bar	145-14/03

Table 2 – Test results of splice specimens

The tensile test results of an unspliced control bar which was done by Dextra Material Testing on the same heat are shown in Table 3.

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 7 / 14

Bar size	Cross-sectional area (mm ²)	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Agt (%)	Report n°
3/4" (19 mm)	284	458	738	11	145-14/01
1" (25 mm)	510	469	748	10	145-14/02
1 3/8" (36 mm)	1,006	735	730	10	145-14/03

Table 3 – Test Results of Unspliced Control Bars

Note: Cross-sectional area of each size is calculated from nominal value.
Stress strain graphs can be founded in Appendix B.
The pictures of samples after testing can be found in Appendix C.

6. SUMMARY

Dextra Material Testing has conducted a series of tensile tests on grade 60 reinforcing bars spliced with Rolltec standard mechanical couplers. The tests were conducted on specimens in sizes 3/4" (19 mm), 1" (25 mm), and 1 3/8" (36mm). The unspliced control bars were taken from the same heat as the spliced

The minimum tensile strength of the bar size 3/4" (19 mm) was 724 MPa and the minimum specimens. elongation at maximum

The minimum tensile strength of the bar size 1" (25 mm) was 748 MPa and the minimum force was 7% elongation at maximum

The minimum tensile strength of the bar size 1 3/8" (36 mm) was 723 MPa and the minimum force was 8% elongation at maximum

force was 9%

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 8 / 14

APPENDIX A: Laboratory Accreditation Certificate

(Garuda)

Certificate No. 13008/T 257 Form NSC/TISI 2

**Certificate of Accreditation
Laboratory**

By virtue of National Standardization Act B.E. 2551 (2008)
Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry

Issue this Certificate for
Dextra Manufacturing Co., Ltd.

Laboratory address: 191 Soi 48, Chalermparakiet 9 Road, Dokmai, Prawet, Bangkok

This laboratory is accredited for testing in accordance with the Thai Industrial Standard TIS 17025-2548 (2005) (ISO/IEC 17025:2005)
General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.

The scope of accreditation is as annexed hereto.
Valid from: 21 January B.E. 2556 (2013)
Valid until: 20 January B.E. 2559 (2016)

Given on: 19 February B.E. 2556 (2013)

(Signature)
(Suraphong Chientong)
Secretary-General, Thai Industrial Standards Institute

Thai Industrial Standards Institute
Ministry of Industry
Issue No. 2
Date of initial issue: 10 September B.E. 2552 (2009)

Translation approved
(Signature)
(Yinnapat Jhongsap)
Director,
Office of the National Accreditation Council
Date : 28 February 2013

Translation Note: In the event of doubt or misunderstanding, the original in Thai shall be the authoritative.



Scope of Accreditation
Certificate No. 13008/T 257

Laboratory status : Permanent Site Temporary Mobile

Field of Testing	Parameter	Test Method	Note
Civil field			
1. Steel bars for reinforced concrete : deformed bars	- Tensile strength - Yield strength - Elongation Load 1 kN to 2 000 kN	- TIS 24-2548 (2005)	
2. Reinforcing bars	- Tensile strength - 0.2 % Proof strength - Elongation - Percentage total elongation at maximum force (Agt) Load 1 kN to 2 000 kN	- ISO 15630-1 : 2010	
	- Tensile strength - Yield strength - Elongation Load 1 kN to 2 000 kN	- ASTM A370-10	
3. Mechanical splice	- Tensile strength Load 1 kN to 2 000 kN	- ASTM A1034/A1034M-10 refer to ASTM A370-10 - California test 670, September 2004 refer to ASTM A370-10	

Page 1 of 4
Translation Note: In the event of doubt or misunderstanding, the original in Thai shall be the authoritative.

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermprakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Prawet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 9 / 14

Scope of Accreditation
Certificate No. 13008/T 257

Laboratory status : Permanent Site Temporary Mobile

Field of Testing	Parameter	Test Method	Note
Civil field			
3. Mechanical splice (cont.)	<ul style="list-style-type: none"> - Tensile strength - Percentage total elongation at maximum force (Agt) Load 1 kN to 2 000 kN - Strain value Load 1 kN to 2 000 kN - Tensile test at low temperature of (-7°C) or less Load 1 kN to 2 000 kN - Slip test Load 1 kN to 2 000 kN 	<ul style="list-style-type: none"> - ISO 15835-2 : 2009 refer to ISO 15630-1 :2010 - NF A 35-020-2-1, June 2011 - ACI 349-06 clause 12.14.3.7 - Sellafield Technical Std. A.0391_1, issue 4 November 2011 - Sellafield Technical Std. A.0391_1, issue 4 November 2011 - ASME Sec III Div 2, 2007 clause CC-4333.2.3 - ASTM A 1034-10 - ISO 15835-2:2009 - California test 670, September 2004 	

Page 2 of 4
Translation Note: In the event of doubt or misunderstanding, the original in Thai shall be the authoritative.

Scope of Accreditation
Certificate No. 13008/T 257

Laboratory status : Permanent Site Temporary Mobile

Field of Testing	Parameter	Test Method	Note
Civil field			
3. Mechanical splice (cont.)	<ul style="list-style-type: none"> - Permanent deformation after loading Load 1 kN to 2 000 kN - Cyclic tensile test Load 1 kN to 2 000 kN 	<ul style="list-style-type: none"> - NF A 35-020-2-1, June 2011 - Sellafield Technical Std. A.0391_1, issue 4 November 2011 - ASME Sec III Div 2, 2007 clause CC-4333.2.3 	
4. Round bars	<ul style="list-style-type: none"> - Tensile strength - Yield strength - Elongation - Reduction of area Load 1 kN to 2 000 kN 	<ul style="list-style-type: none"> - ASTM A370 - 10 - ASTM E 8M - 09 - BS EN 10002-1:2001 - ISO 6892-1 : 2009 - JIS Z 2241 : 2011 	
5. Tubular bars	<ul style="list-style-type: none"> - Tensile strength - Yield strength - Elongation Load 1 kN to 2 000 kN 	<ul style="list-style-type: none"> - ASTM A370 - 10 - ASTM E 8M - 09 - S EN 10002-1 : 2001 - ISO 6892-1 : 2009 - JIS Z 2241 : 2011 	

Page 3 of 4
Translation Note: In the event of doubt or misunderstanding, the original in Thai shall be the authoritative.

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravat, Bangkok 10250, Thailand

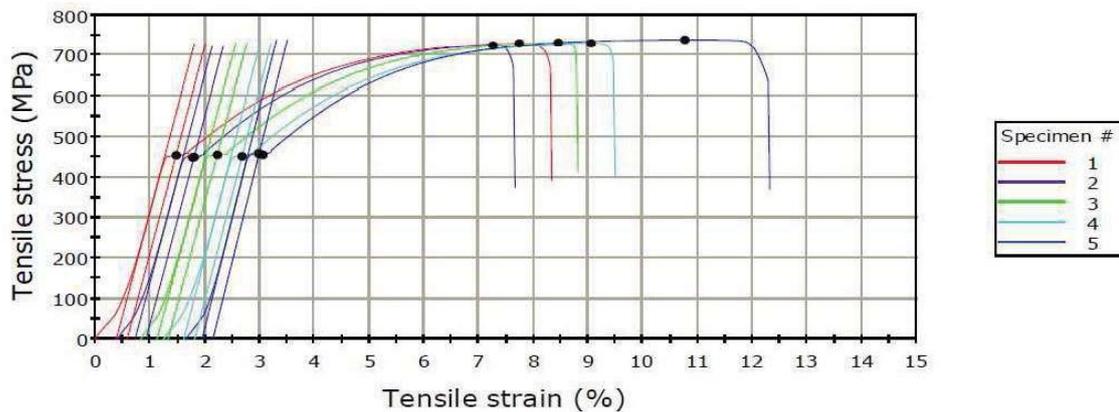
Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



APPENDIX B: Stress Strain Graphs

B.1 Rolltec standard splice and control bar size 3/4" (19 mm)

(145-14/01) Rolltec #6 (RS19 M20x2.0) assembly



	Dia.(mm.)	Area (mm ²)	Load at Yield (Offset 0.2 %) (kN)	Tensile stress at Yield (Offset 0.2 %) (MPa)	Tensile Load (kN)	Tensile Strength (MPa)	Ag _r (%) GL 100	Failure mode	Remark
1	19	284.00	129.06	454.44	207.18	729.49	7.99	Break at thread of bar	-
2	19	284.00	127.77	449.90	205.64	724.10	7.31	Break at thread of bar	-
3	19	284.00	129.42	455.71	207.58	730.92	7.88	Break at thread of bar	-
4	19	284.00	128.37	452.01	207.18	729.50	8.18	Break at thread of bar	-
5	19	284.00	130.04	457.89	209.63	738.13	10.91	-	Control bar



DEXTRA MATERIAL TESTING

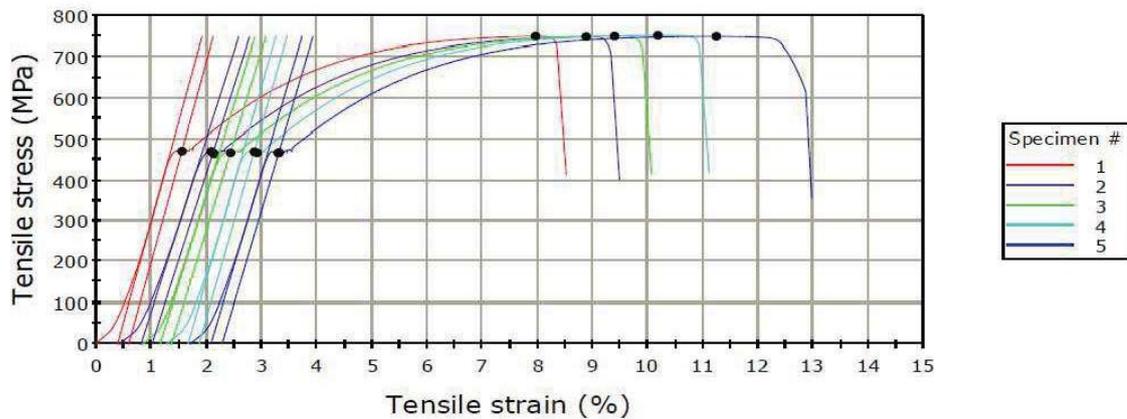
Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 11 / 14

B.2 Rolltec standard splice and control bar size 1" (25 mm)

(145-14/02)Rolltec #8 (RS25 M26x2.5) assembly



	Dia.(mm.)	Area (mm ²)	Load at Yield (Offset 0.2 %)(kN)	Tensile stress: at Yield (Offset 0.2 %)(MPa)	Tensile Load (kN)	Tensile Strength (MPa)	Agt (%) GL 100	Failure mode	Remark
1	25	510.00	240.34	471.26	381.83	748.69	8.35	Break at thread of bar	-
2	25	510.00	238.25	467.15	381.27	747.60	8.62	Break at thread of bar	-
3	25	510.00	238.51	467.67	381.93	748.88	8.88	Break at thread of bar	-
4	25	510.00	239.88	470.35	382.77	750.52	8.99	Break at thread of bar	-
5	25	510.00	238.96	468.54	381.47	747.98	9.95	-	Control bar

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



DEXTRA MATERIAL TESTING

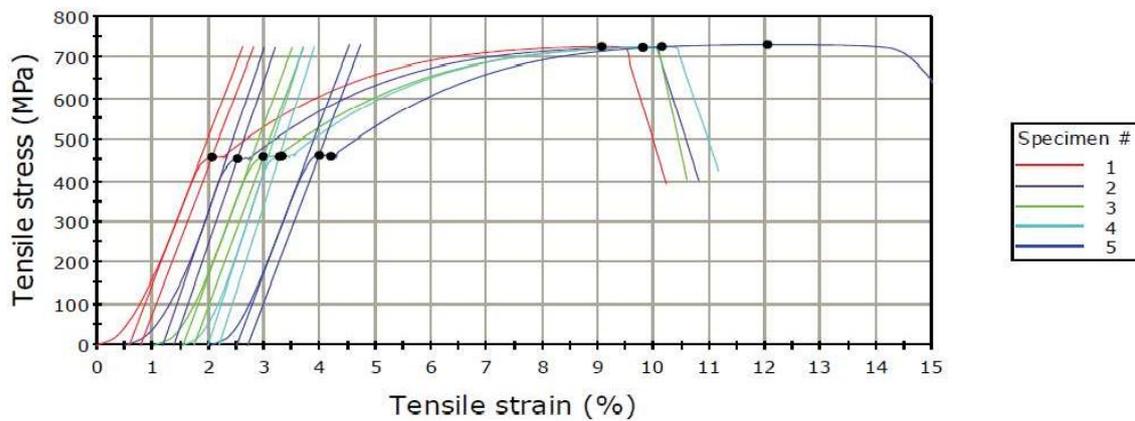
Report no: 1406-02

Report Date: 19 Jun 14

Page: 12 / 14

B.3 Rolltec standard splice and control bar size 1 3/8" (36 mm)

(145-14/03) Rolltec #11 (RS35 M36x3.0) assembly



	Dia.(mm.)	Area (mm ²)	Load at Yield (Offset 0.2 %) (kN)	Tensile stress at Yield (Offset 0.2 %) (MPa)	Tensile Load (kN)	Tensile Strength (MPa)	Ag _t (%) GL 100	Failure mode	Remark
1	36	1,006.00	460.02	457.27	729.90	725.54	9.38	Break at thread of bar	
2	36	1,006.00	456.60	453.88	728.42	724.08	9.57	Break at thread of bar	
3	36	1,006.00	461.51	458.75	727.31	722.97	9.21	Thread slip out	
4	36	1,006.00	461.49	458.74	729.83	725.47	9.05	Break at thread of bar	
5	36	1,006.00	464.38	461.61	734.62	730.24	10.42	-	Control bar

Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravat, Bangkok 10250, Thailand

Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981



APPENDIX C: Pictures of Specimens

C.1 Rolltec standard splice and control bar size 3/4" (19 mm)



C.2 Rolltec standard splice and control bar size 1" (25 mm)





DEXTRA MATERIAL TESTING

Report no: 1406-02

Report Date: 19
Jun 14

Page: 14 / 14

C.3 Rolltec standard splice and control bar size 1 3/8" (36 mm)



Dextra Manufacturing Co.,Ltd.

191 Chalermphrakiet Rama 9 road, Soi 48, Dokmai, Pravet, Bangkok 10250, Thailand
Tel: +66 2328 0211 to 7 Fax: +66 2726 2981

Anexo 2 Ensayo ASTM A370 – 15 para barras de 3/4", 1" y 1 3/8" de diámetro empalmadas con conector tipo rosca paralela recta. Realizado por el Consorcio Constructor M2 en la Pontifica Universidad Católica del Perú (12/04/2017)

CA/LMSIM/234/2017

Lima, 17 de Abril del 2017

Señores:
CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA
Presente-

En relación a los ensayos realizados en nuestro laboratorio, correspondientes al servicio **MAT-MAR-0305/2017**, y de acuerdo con la información proporcionada:

- **PROYECTO:** "Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la red básica del metro de Lima y Callao.

Atentamente,

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica



MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027**



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0305-1/2017
Número de Páginas : 3
Solicitado por : CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA
Dirección : Av. Guillermo Dansey Nro. 1660.
Fecha de Emisión : 2017.04.17.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo** : Tracción
- **Norma de Ensayo** : ASTM A370-15.
- **Fecha de Ejecución** : 2017.04.12.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (25,0°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



MAT-MAR-0305-1/2017

ENSAYO DE TRACCIÓN

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 3

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 04.
MUESTRA : Barras corrugadas unidas con acople roscado.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.04.12.

RESULTADOS:

MUESTRA		3/4" - A	3/4" - B
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (pulg)	0,75	0,75
	ÁREA (mm ²)	284,0	284,0
CARGAS (kN)	FLUENCIA	140,3	140,5
	MÁXIMA	181,5	181,6
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	494	495
	MÁXIMA	639	639
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		----	----
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		----	----
ALARGAMIENTO (%)		----	----

Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)

• Esfuerzo máximo (MPa)	± 5,3	± 5,3
• Esfuerzo de fluencia (MPa)	± 5,3	± 5,3
• Alargamiento (%)	----	----

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: **Ajuste del acople antes de realizar el ensayo.**
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- **Las 2 muestras rompieron en zona roscada exterior al acople.**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS CALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



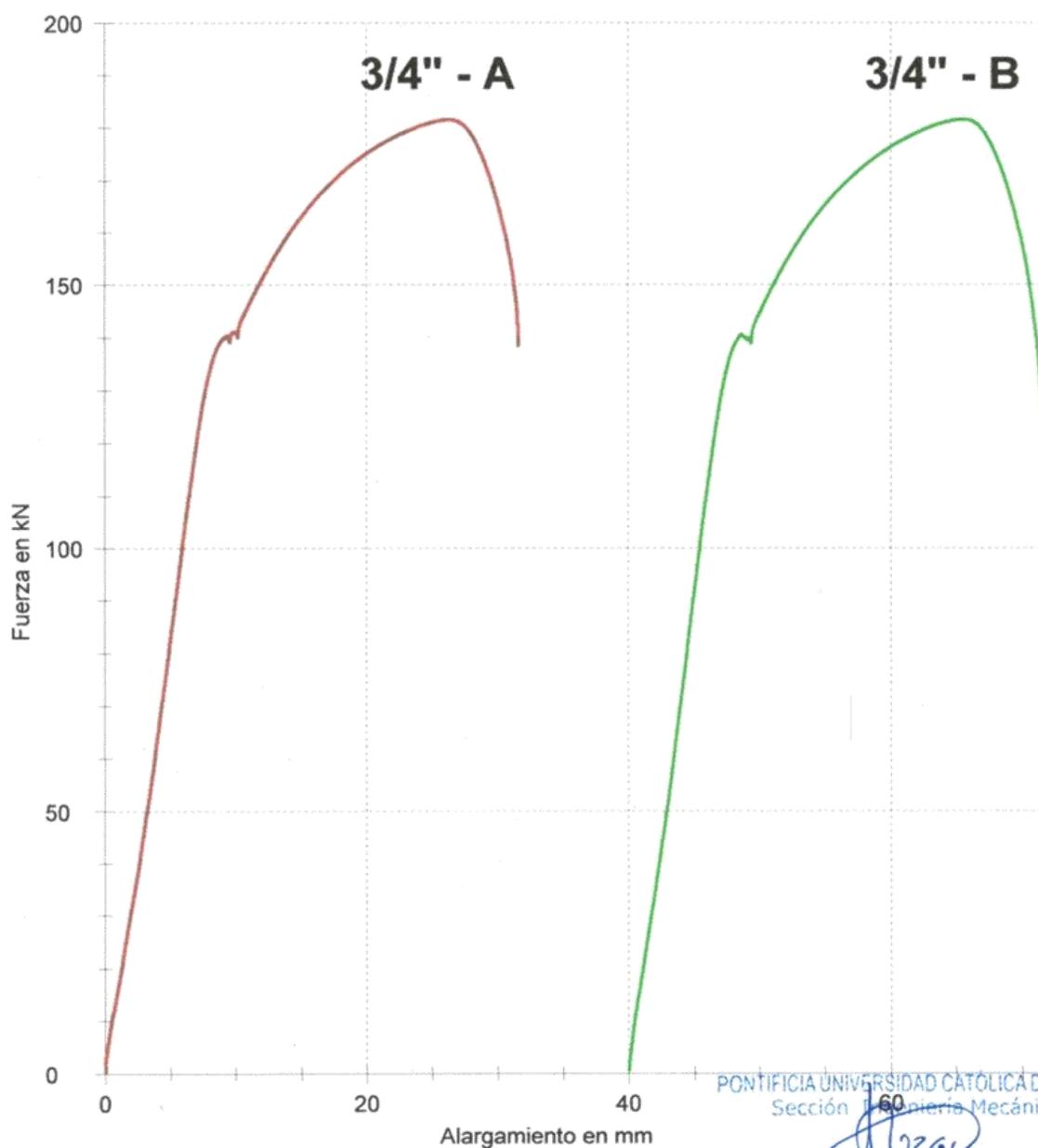


12.04.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0305/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-19573

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027**



Registro N°LE- 027

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0305-2/2017
Número de Páginas : 3
Solicitado por : CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA
Dirección : Av. Guillermo Dansey Nro. 1660.
Fecha de Emisión : 2017.04.17.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo** : Tracción
- **Norma de Ensayo** : ASTM A370-15.
- **Fecha de Ejecución** : 2017.04.12.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (25,0°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS CALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-16136

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



MAT-MAR-0305-2/2017

ENSAYO DE TRACCIÓN

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 3

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 04.
MUESTRA : Barras corrugadas unidas con acople roscado.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.04.12.

RESULTADOS:

MUESTRA		1"- A	1"- B
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (pulg)	1,00	1,00
	ÁREA (mm ²)	510,0	510,0
CARGAS (kN)	FLUENCIA	273,2	271,5
	MÁXIMA	296,2	297,5
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	536	532
	MÁXIMA	581	583
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		-----	-----
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		-----	-----
ALARGAMIENTO (%)		-----	-----

Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)

- Esfuerzo máximo (MPa)
- Esfuerzo de fluencia (MPa)
- Alargamiento (%)

± 1,0	± 1,1
± 5,7	± 5,7
-----	-----

OBSERVACIONES:

- . Condición de las muestras: **Ajuste del acople antes de realizar el ensayo.**
- . Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- . **Las 2 muestras rompieron en zona roscada exterior al acople.**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

Msc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



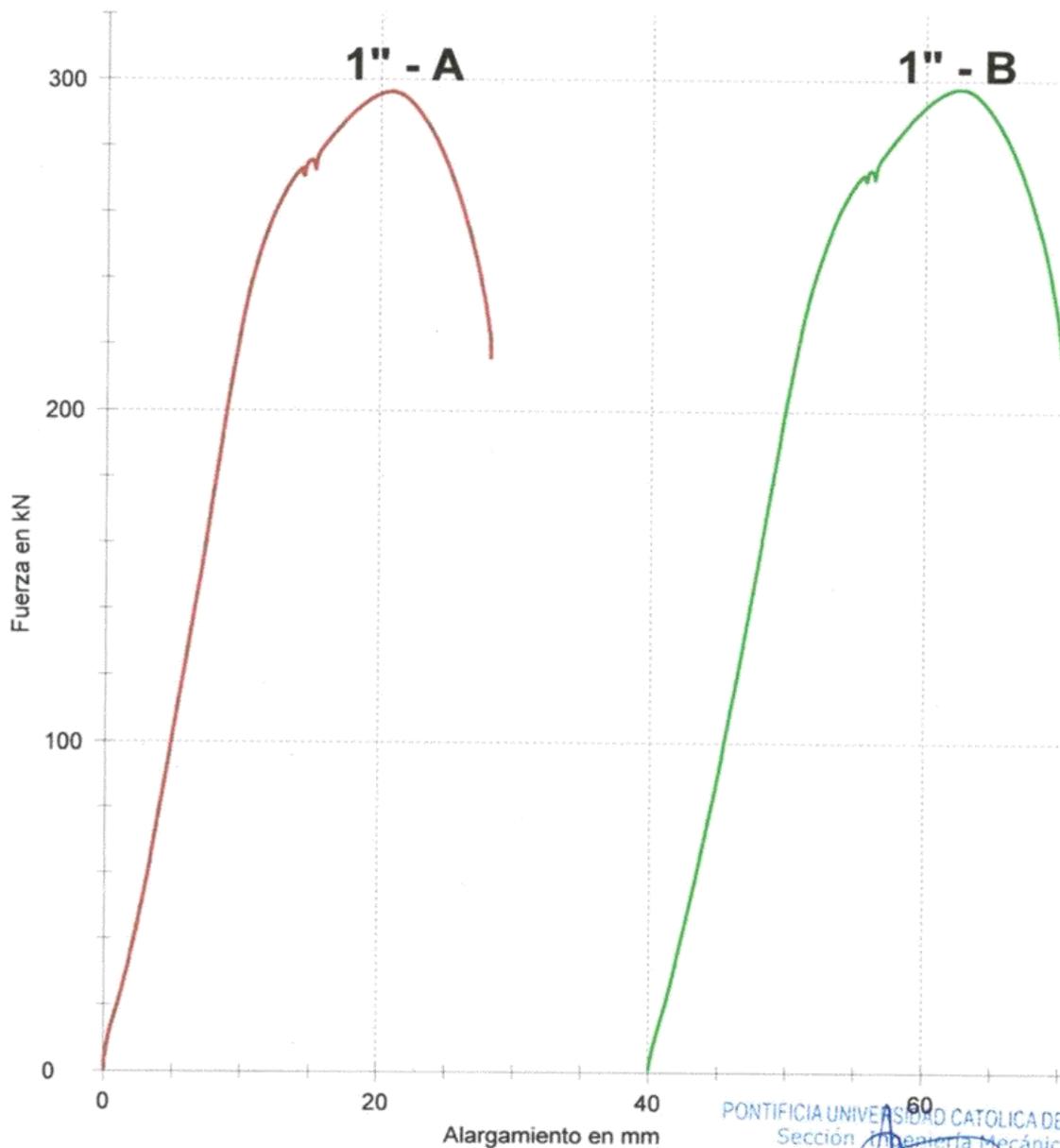


12.04.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0305/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Infe de Laboratorio de Materiales



AB-19574

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES
CITE materiales
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027**



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-MAR-0305-3/2017
Número de Páginas : 3
Solicitado por : CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA
Dirección : Av. Guillermo Dansey Nro. 1660.
Fecha de Emisión : 2017.04.17.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de Ensayo** : Tracción
- **Norma de Ensayo** : ASTM A370-15.
- **Fecha de Ejecución** : 2017.04.12.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- **Lugar de Ensayo** : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- **Temperatura** : Temperatura Ambiente (25,0°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-16138

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



MAT-MAR-0305-3/2017

ENSAYO DE TRACCIÓN

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 3

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 04.
MUESTRA : Barras corrugadas unidas con acople roscado.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2017.04.12.

RESULTADOS:

MUESTRA		1 3/8" - A	1 3/8" - B
SECCIÓN TRANSVERSAL	DIÁMETRO (pulg)	1,38	1,38
	ÁREA (mm ²)	1006,0	1006,0
CARGAS (kN)	FLUENCIA	534,0	532,7
	MÁXIMA	582,1	593,2
ESFUERZOS (MPa)	FLUENCIA	531	530
	MÁXIMA	579	590
LONGITUD ENTRE MARCAS (mm)		-----	-----
LONGITUD FINAL ENTRE MARCAS (mm)		-----	-----
ALARGAMIENTO (%)		-----	-----

Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)

• Esfuerzo máximo (MPa)	± 4,8	± 4,9
• Esfuerzo de fluencia (MPa)	± 5,7	± 5,6
• Alargamiento (%)	-----	-----

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: **Ajuste del acople antes de realizar el ensayo.**
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- **La muestra 1 3/8" - A, rompió al interior del acople roscado**
- **La muestra 1 3/8" - B, no llegó a romper (superó capacidad del equipo)**

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

[Firma]

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



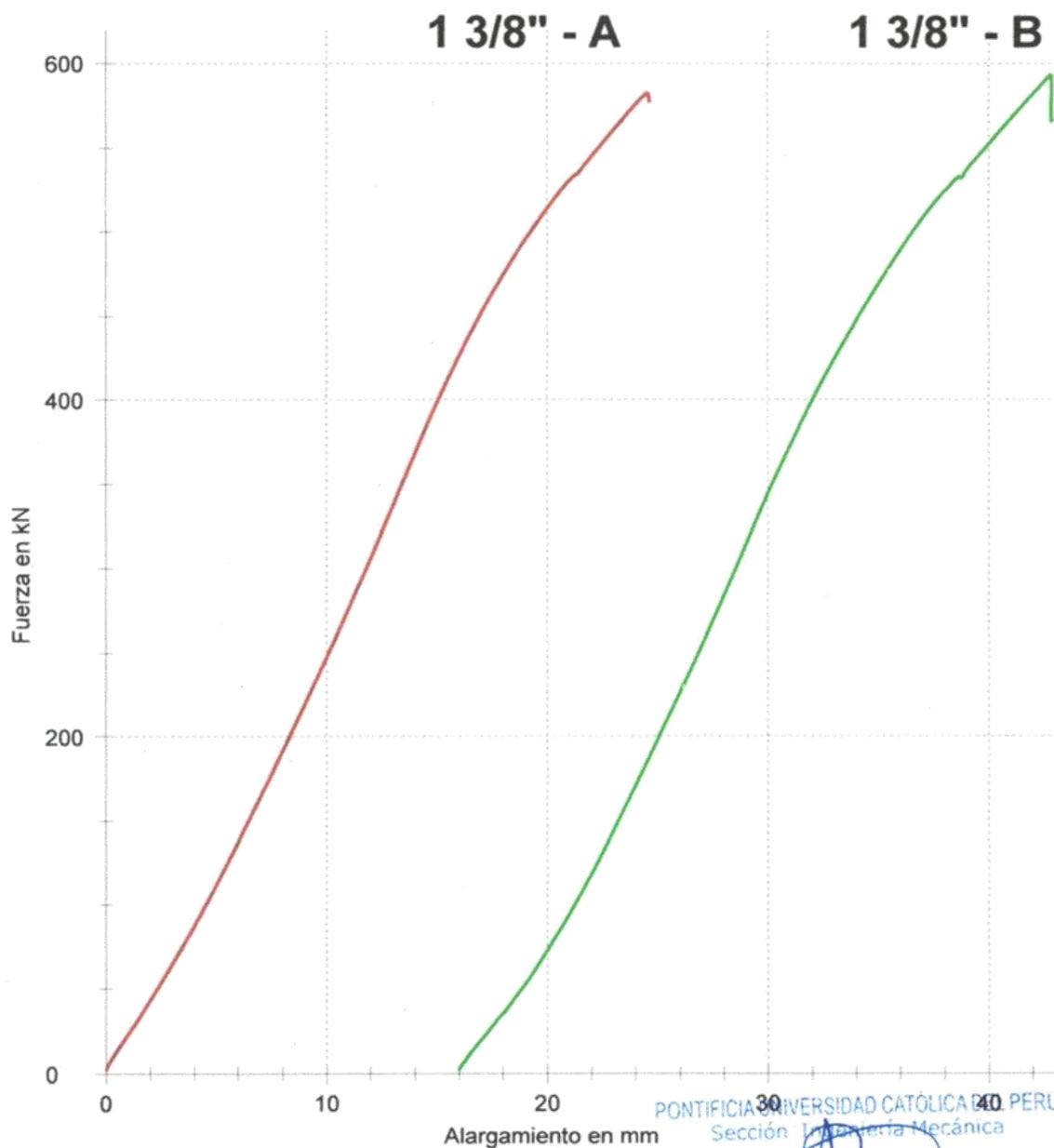


12.04.17

Zwick / Roell

MAT-MAR-0305/2017

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

3 de 3

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



AB-19575

Anexo 3 Plano: Estructuras permanentes E24– Mercado Santa Anita. Pilas-pilotes.

Situación Zona 1.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2300-01

Anexo 4 Plano: Estructuras permanentes E24– Mercado Santa Anita. Pilotes. Armado

Zona 1.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2301-01

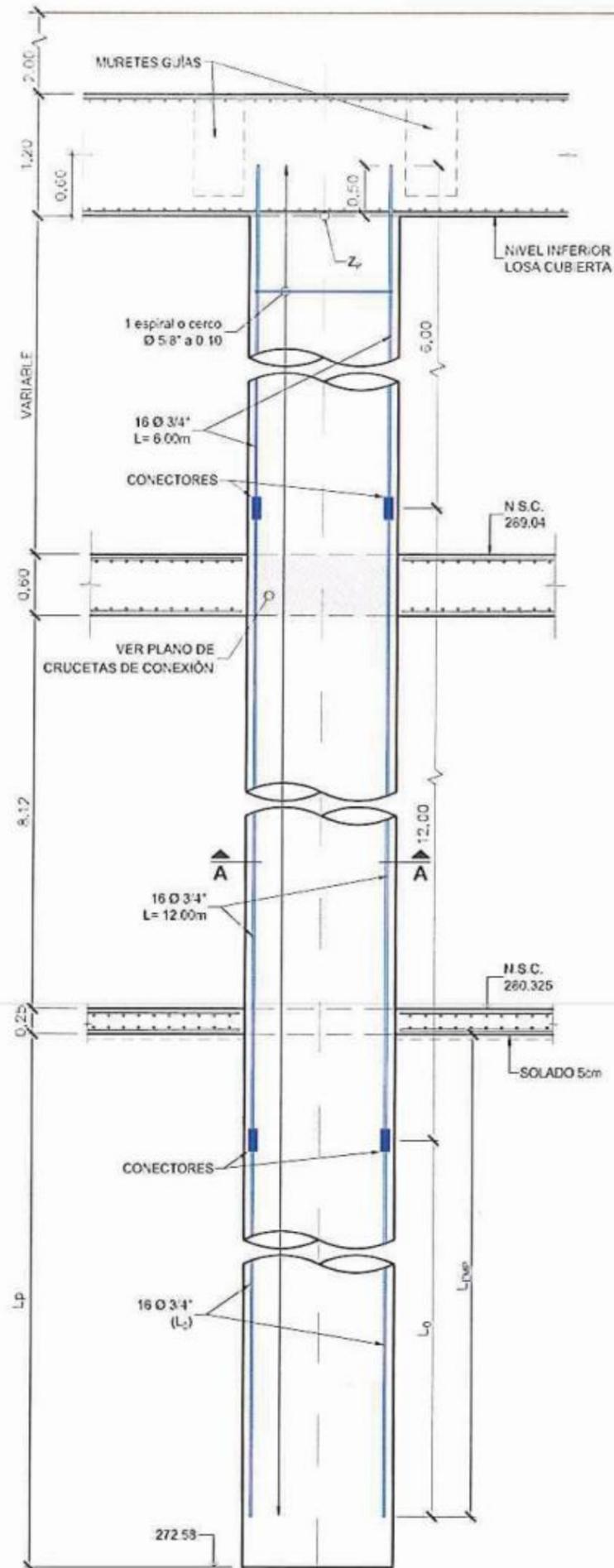
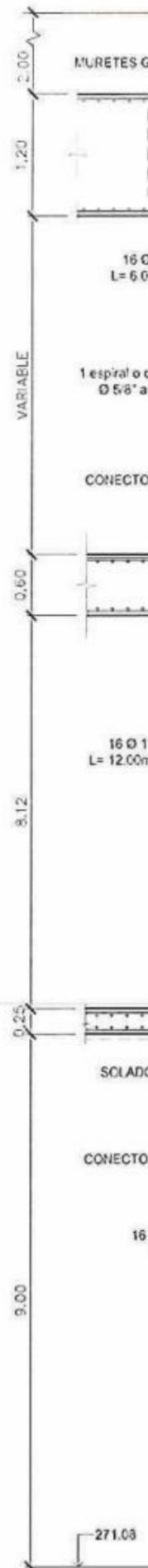


TABLA DE REPLANTEO DE PILOTES

PILA PILOTE	X _p	Y _p	Z _p	NIVEL A	NIVEL PIE	L ₃	L _{EMP}	L _p (m)
I.1	288781.839	8667755.660	295.66	296.86	272.58	5.08	7.00	7.50
II.1	288785.586	8667757.195	295.71	296.91	272.58	5.14	7.00	7.50
III.1	288789.334	8667758.730	295.77	296.97	272.58	5.20	7.00	7.50
IV.1	288793.406	8667760.398	295.84	297.04	272.58	5.26	7.00	7.50
IV.2	288791.811	8667764.292	295.84	297.04	272.58	5.26	7.00	7.50
IV.3	288789.291	8667770.443	295.84	297.04	272.58	5.26	7.00	7.50
V.1	288798.958	8667762.673	295.93	297.13	272.58	5.35	7.00	7.50
V.2	288796.482	8667768.717	295.93	297.13	272.58	5.35	7.00	7.50
V.3	288793.916	8667774.982	295.93	297.13	272.58	5.35	7.00	7.50
VI.1	288804.232	8667764.833	296.01	297.21	272.58	5.43	7.00	7.50
VI.2	288800.673	8667773.522	296.01	297.21	272.58	5.43	7.00	7.50
VI.3	288798.047	8667779.934	296.01	297.21	272.58	5.43	7.00	7.50
VII.1	288809.877	8667767.146	296.10	297.30	272.58	5.52	7.00	7.50
I.B	288813.790	8667771.077	296.17	297.37	271.08	7.10	8.50	9.00

LEYENDA

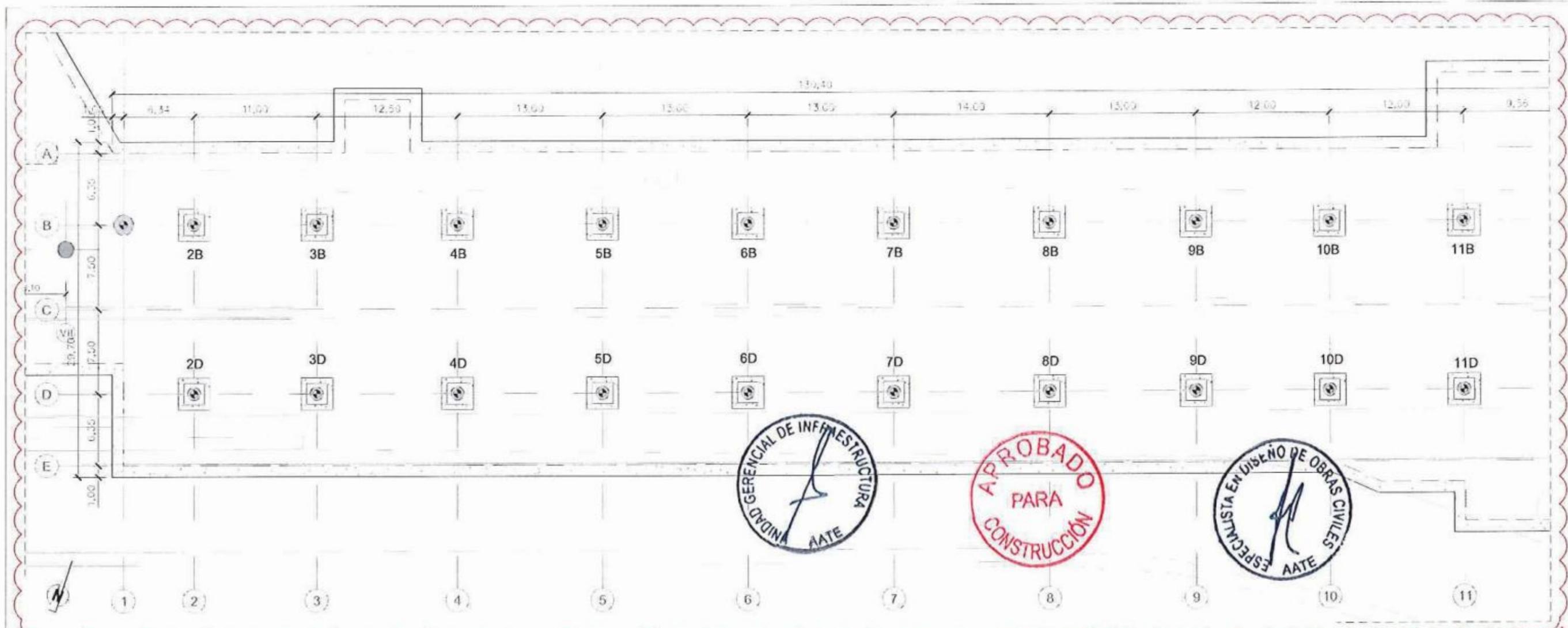
- L_p: LONGITUD DE PILOTE
- L_{EMP}: LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO
- L₃: LONGITUD DE BARRA DE ARMADO



Anexo 5 Plano: Estructuras permanentes E24 – Mercado Santa Anita. Pilas-pilotes.

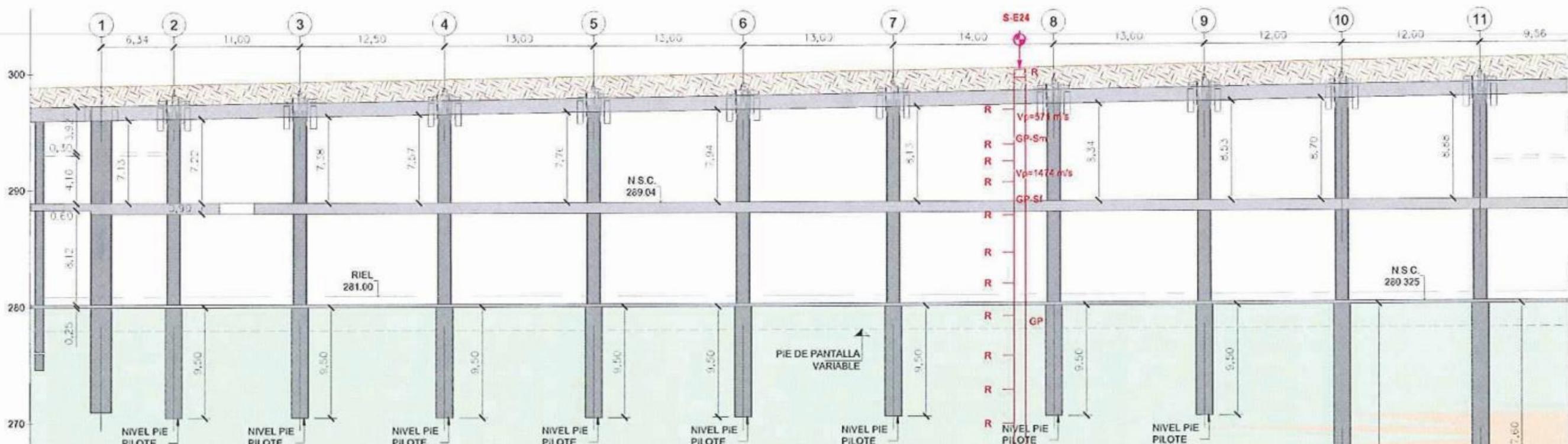
Situación Zona 2.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2305-01



PLANTA SITUACIÓN PILAS-PILOTES (ZONA 2)

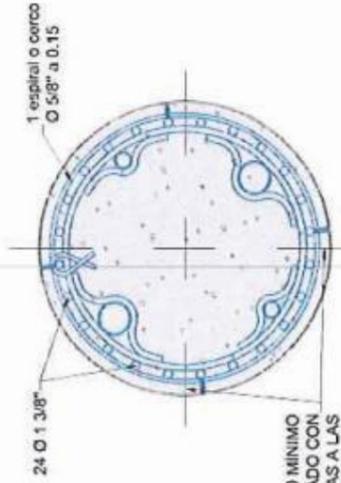
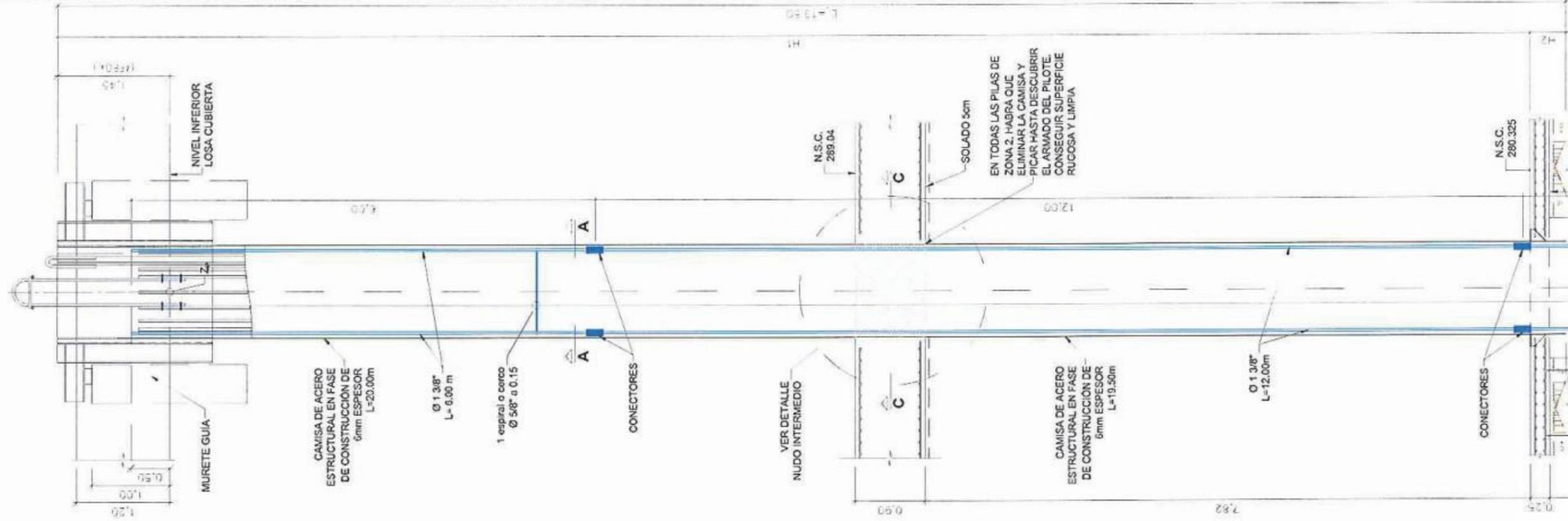
1:250



Anexo 6 Plano: Estructuras permanentes E24 – Mercado Santa Anita. Pilas-Pilotes.

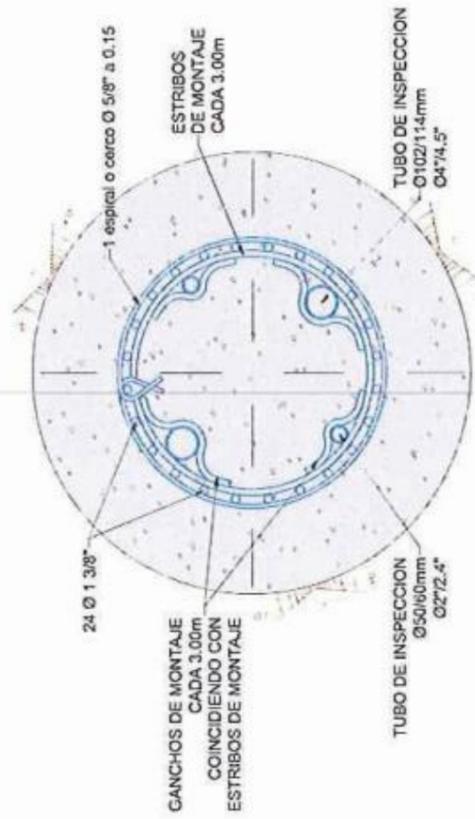
Armado Zona 2.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2306-01



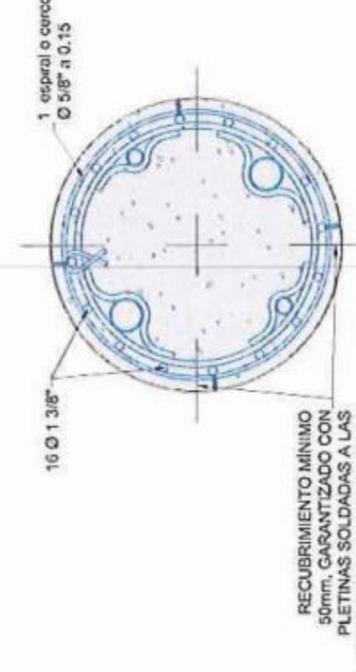
PARA LAS PILAS
4B 5B 7B 8B 10B 11B 3D 4D 5D 7D 8D 10D
SECCIÓN A-A. ARMADURAS
ESCALA 1:20

RECUBRIMIENTO MÍNIMO 50mm, GARANTIZADO CON PLETINAS SOLDADAS A LAS ARMADURAS Y A LAS CAMISAS



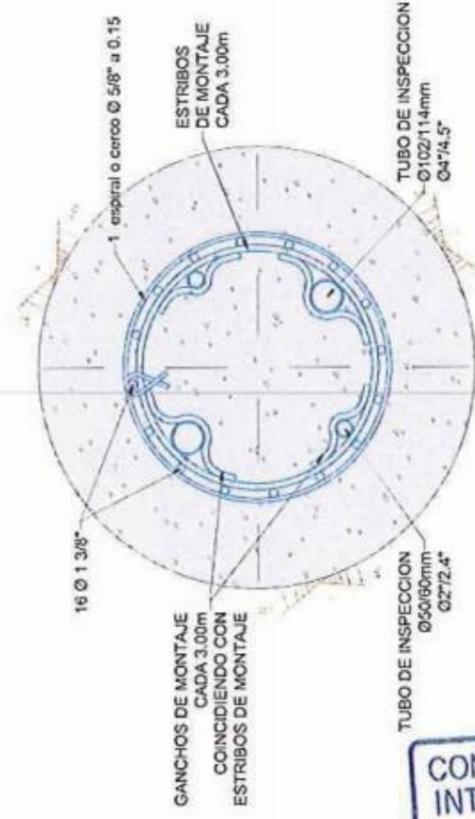
PARA LOS PILOTES
4B 5B 7B 8B 10B 11B 3D 4D 5D 7D 8D 10D
SECCIÓN B-B. ARMADURAS
ESCALA 1:20

GANCHOS DE MONTAJE CADA 3.00m COINCIDIENDO CON ESTRIBOS DE MONTAJE



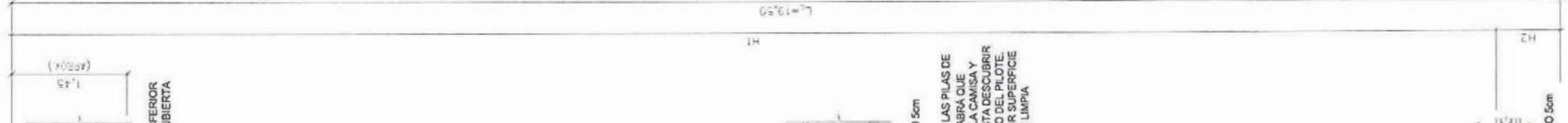
PARA LAS PILAS
2B 3B 6B 9B 2D 6D 9D 11D
SECCIÓN A-A. ARMADURAS
ESCALA 1:20

RECUBRIMIENTO MÍNIMO 50mm, GARANTIZADO CON PLETINAS SOLDADAS A LAS ARMADURAS Y A LAS CAMISAS



PARA LOS PILOTES
2B 3B 6B 9B 2D 6D 9D 11D
SECCIÓN B-B. ARMADURAS
ESCALA 1:20

GANCHOS DE MONTAJE CADA 3.00m COINCIDIENDO CON ESTRIBOS DE MONTAJE

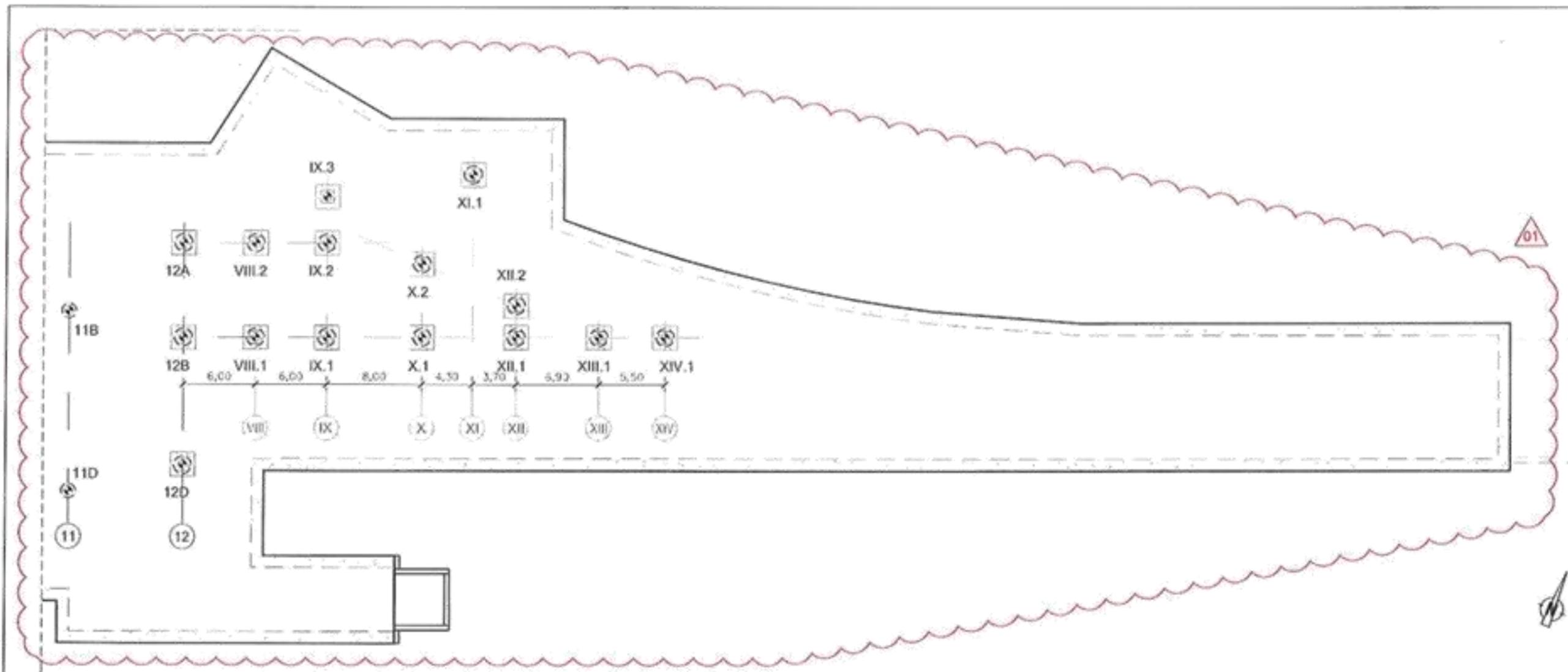


CONSORCIO INTERNACIONAL REC...
CONTROL N.R.
04

Anexo 7 Plano: Estructuras permanentes E24 – Mercado Santa Anita. Pilas-pilotes.

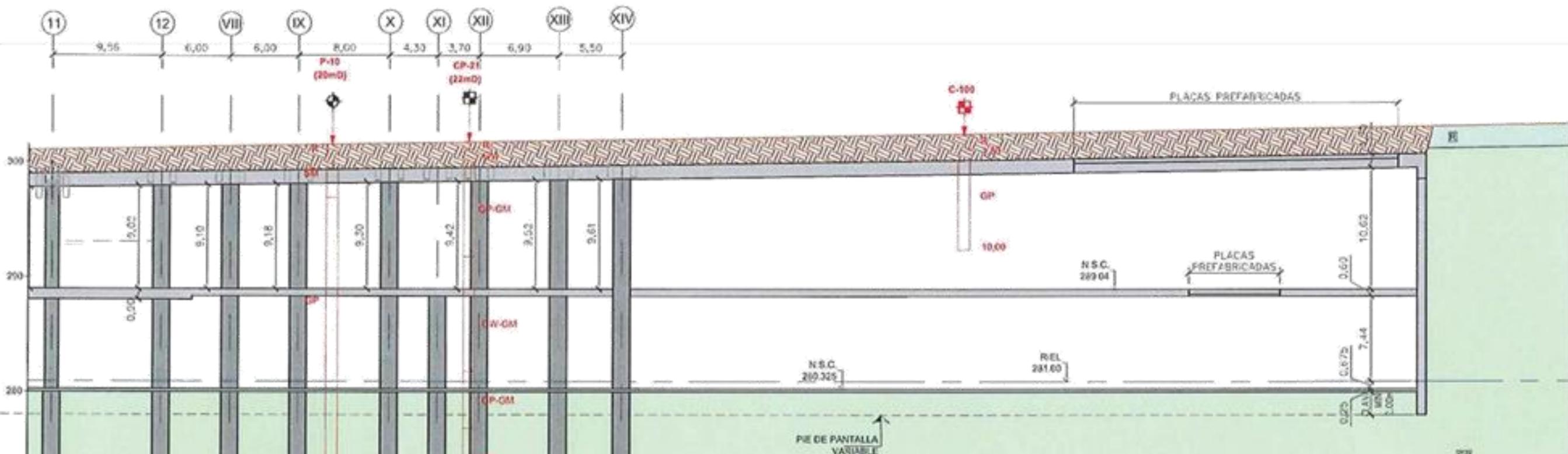
Situación Zona 3.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2310-01



PLANTA SITUACIÓN PILOTES (ZONA 3)

1:200



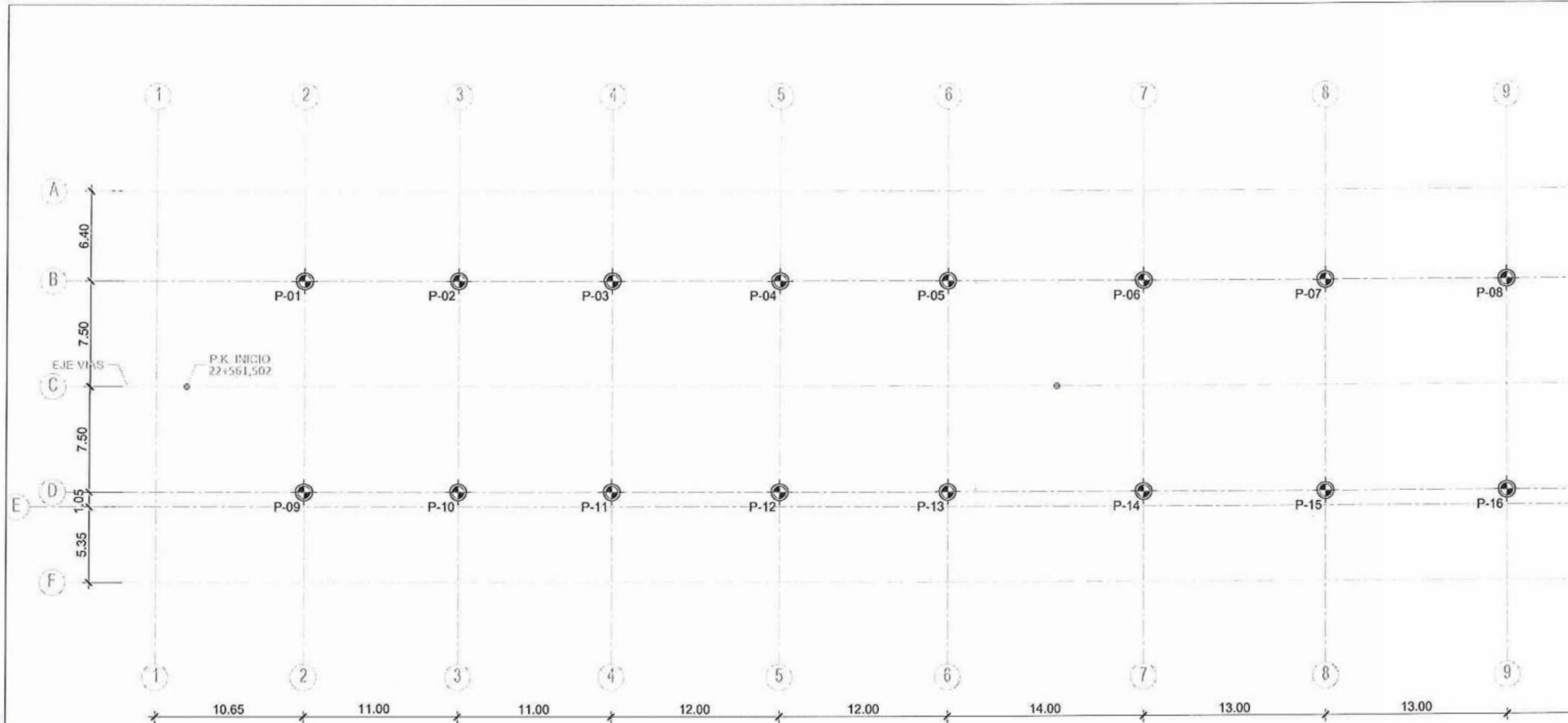
16-01-27_estructuras_pomunonexión2_cml-01-a-010-arms-ocotr-00-01-2010-01_almass.dwg - 27/01/2016 - 10:00

Anexo 8 Plano: Estructuras permanentes E24 – Mercado Santa Anita. Pilotes. Armado
Zona 3.

ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2311-01

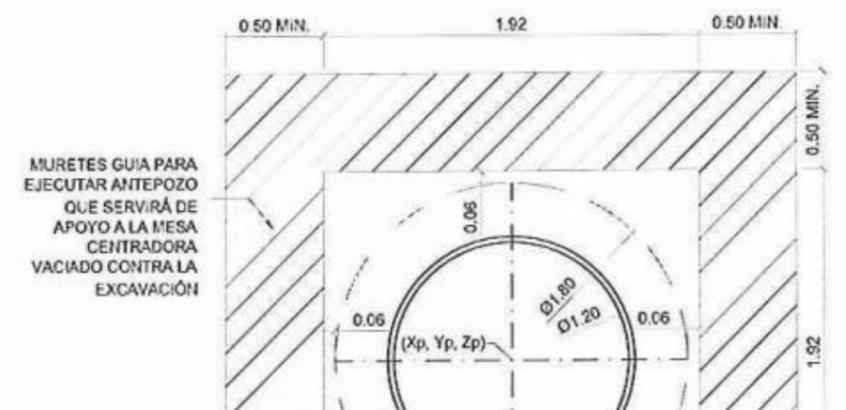
Anexo 9 Plano: Estructuras permanentes 23 – Estación Hermilio Valdizán. Pilas-pilotes. Replanteo.

ML2-CML-01A-C-009- SHVA-OCSTR-DIS-PL-2300-01



REPLANTEO DE PILAS-PILOTE
ESCALA 1:200

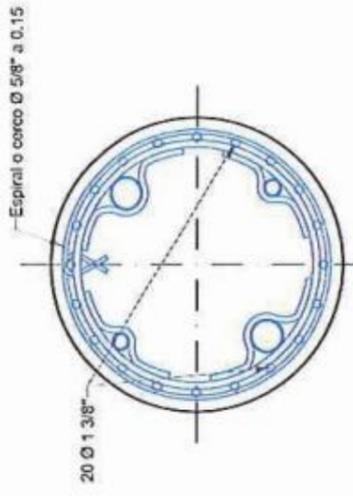
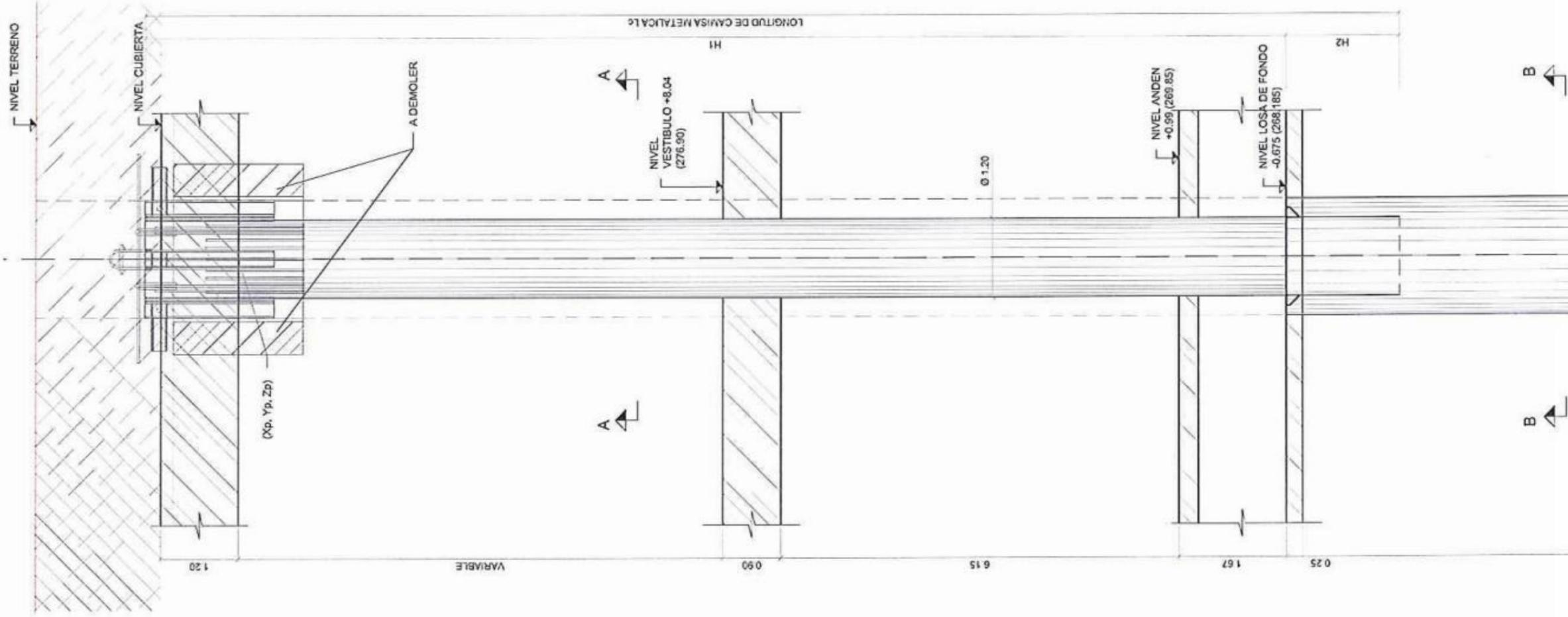
COORDENADAS DE REPLANTEO Y LONGITUD DE PILOTES					CAMISAS							
PUNTO	Xp	Yp	Zp	Lp (m)	Zc	Lc (m)	H1 (m)	H2 (m)	Nivel A	Armadura vertical	Lo (m)	
P-01	288087.22	8667473.44	284.23	18.40	249.535	19.0	17.5	1.5	285.230	20 Ø 1 3/8"	9.0	
P-02	288097.39	8667477.61	284.35	18.40	249.535	19.0	17.6	1.4	285.345	20 Ø 1 3/8"	9.0	
P-03	288107.57	8667481.78	284.46	18.40	249.535	19.0	17.7	1.3	285.461	20 Ø 1 3/8"	9.0	
P-04	288118.68	8667486.33	284.59	18.40	249.535	19.0	17.9	1.1	285.587	20 Ø 1 3/8"	9.0	
P-05	288129.78	8667490.88	284.71	21.00	246.935	19.0	18.0	1.0	285.712	28 Ø 1 3/8"	9.0	
P-06	288142.74	8667496.19	284.86	22.00	245.935	19.0	18.1	0.9	285.859	28 Ø 1 3/8"	9.0	
P-07	288154.77	8667501.11	285.00	21.00	246.935	19.0	18.3	0.7	285.996	28 Ø 1 3/8"	9.0	



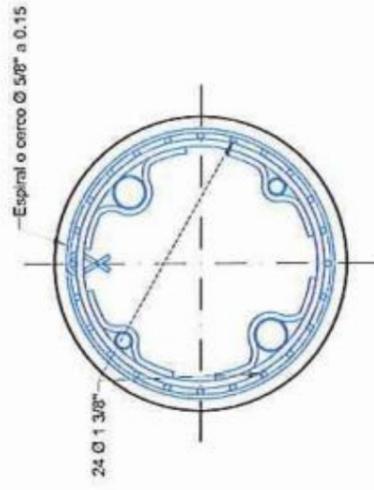
s_pilote_def_armadu.ved/hm2-cmi-01-a-c-008-ehva-ocatr-dle-pi-2300-01.dwg - 05/02/2016 - 18:10

Anexo 10 Plano: Estructuras permanentes 23 – Estación Hermilio Valdizán. Pilas-pilotes. Definición geométrica y armadura.

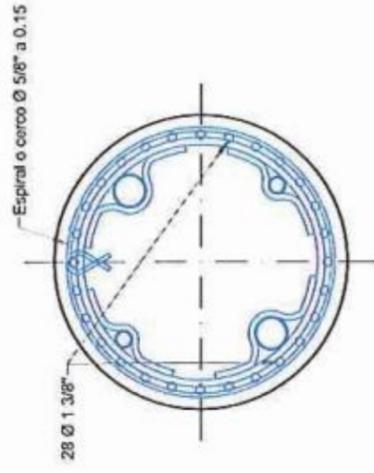
ML2-CML-01A-C-009- SHVA-OCSTR-DIS-PL-2302-01



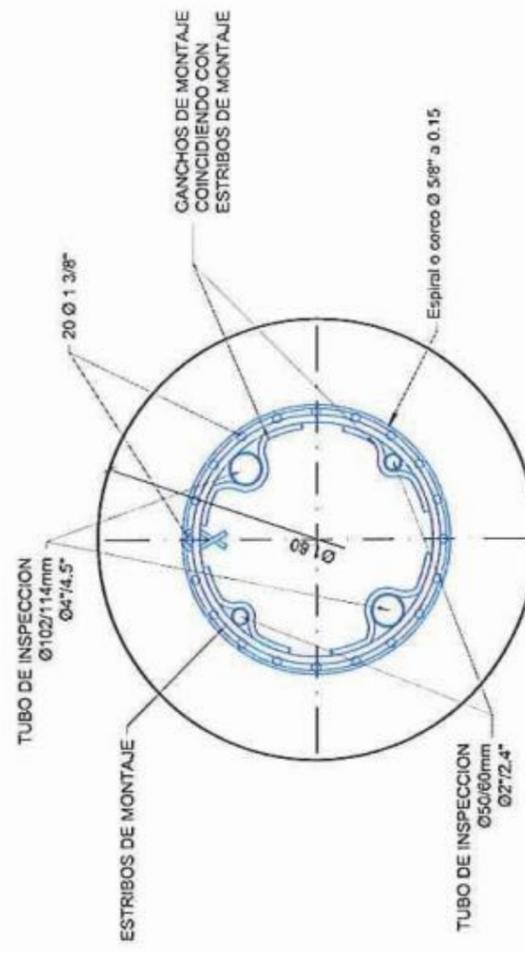
SECCIÓN A-A . ARMADURAS
PILAS 1,2,3,4,9,10,11,12 Y 18
 ESCALA 1:20
 (NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



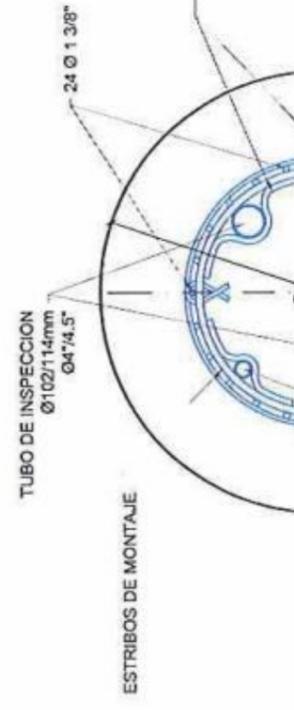
SECCIÓN A-A . ARMADURAS
PILA 17
 ESCALA 1:20
 (NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



SECCIÓN A-A . ARMADURAS
PILAS 5,6,7,8,13,14,15 Y 16
 ESCALA 1:20
 (NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)

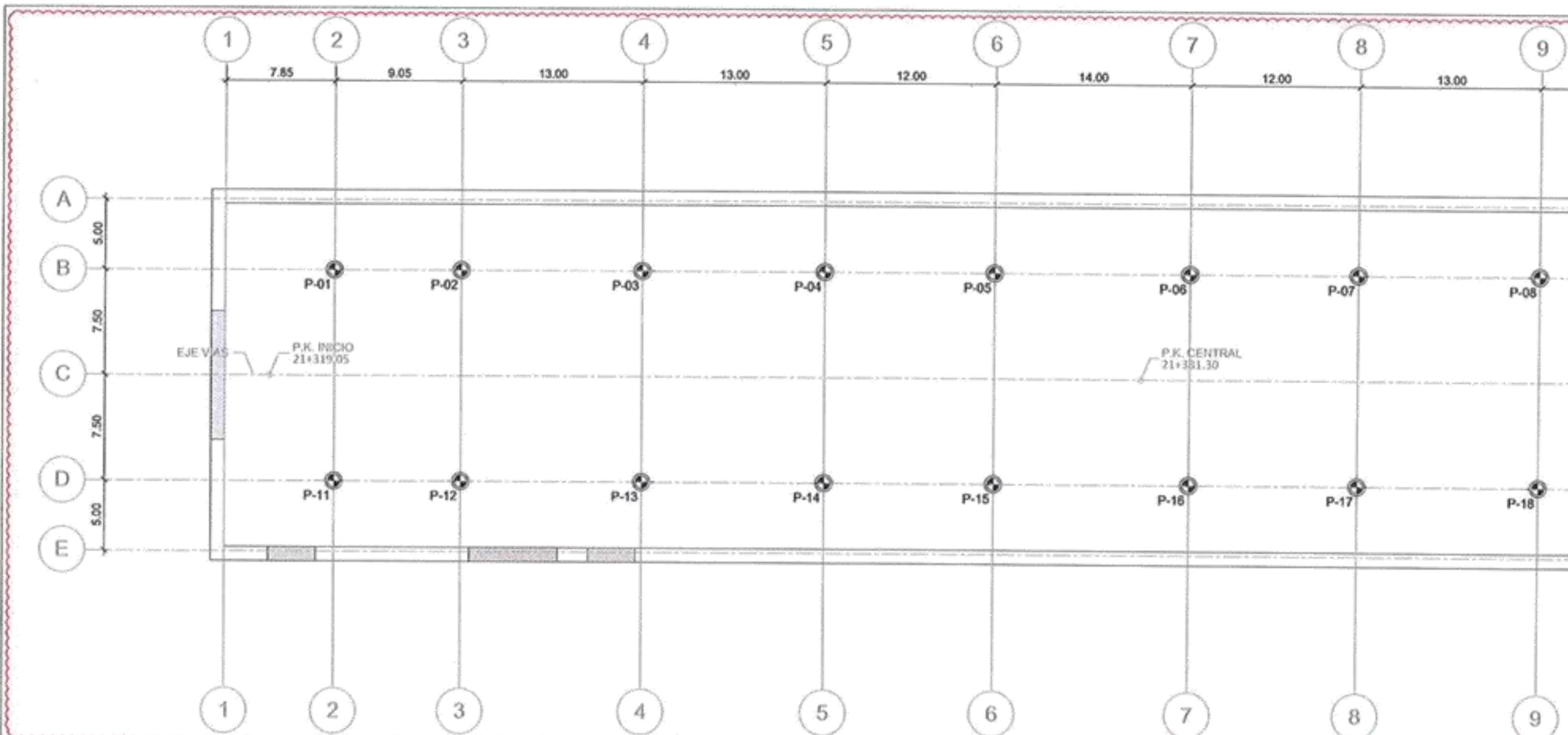


SECCIÓN B-B . ARMADURAS.
PILAS 1,2,3,4,9,10,11,12 Y 18
 ESCALA 1:20
 (NOTA: TODAS LAS COTAS ESTAN EN METROS)



Anexo 11 Plano: Estructuras permanentes 22 – Estación Colectora Industrial. Pilas-pilotes. Replanteo.

ML2-CML-01A-C-008-SCOL-OCSTR-DIS-PL-2300-02



REPLANTEO DE PILAS-PILOTE
ESCALA 1:200

sema18_12_pilas_pilote_defini_armaduacofim2-pm-01-a-c-008-ecol-ocstr-dia-pl-2000-02.dwg - 12/05/2017 - 19:25

COORDENADAS DE REPLANTEO Y LONGITUD DE PILOTES					CAMISAS			ARMADURAS VERTICALES			
PUNTO	Xp	Yp	Zp	Lp (m)	Zc	Lc (m)	H1 (m)	H2 (m)	Nivel A	Armadura vertical	LARM (m)
P-01	286936.87	8666997.52	262.99	9.00	239.125	19.500	15.8	3.7	263.985	16 Ø 1 3/8"	5.9
P-02	286945.15	8667001.18	263.16	9.00	239.125	19.500	15.9	3.6	264.162	16 Ø 1 3/8"	6.0
P-03	286957.05	8667006.42	263.42	9.00	239.125	19.500	16.2	3.3	264.417	24 Ø 1 3/8"	6.3
P-04	286968.94	8667011.67	263.67	9.00	239.125	19.500	16.4	3.1	264.672	20 Ø 1 3/8"	6.5
P-05	286979.92	8667016.51	263.91	9.00	239.125	19.500	16.7	2.8	264.907	24 Ø 1 3/8"	6.8
P-06	286992.73	8667022.16	264.18	9.00	239.125	19.500	17.0	2.5	265.182	24 Ø 1 3/8"	7.1
P-07	287003.71	8667027.01	264.42	9.00	239.125	19.500	17.2	2.3	265.417	20 Ø 1 3/8"	7.3
P-08	287015.60	8667032.25	264.67	9.00	239.125	19.500	17.4	2.1	265.672	20 Ø 1 3/8"	7.5

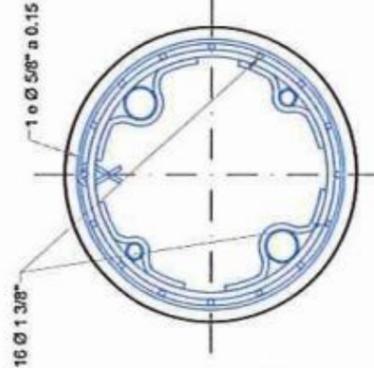
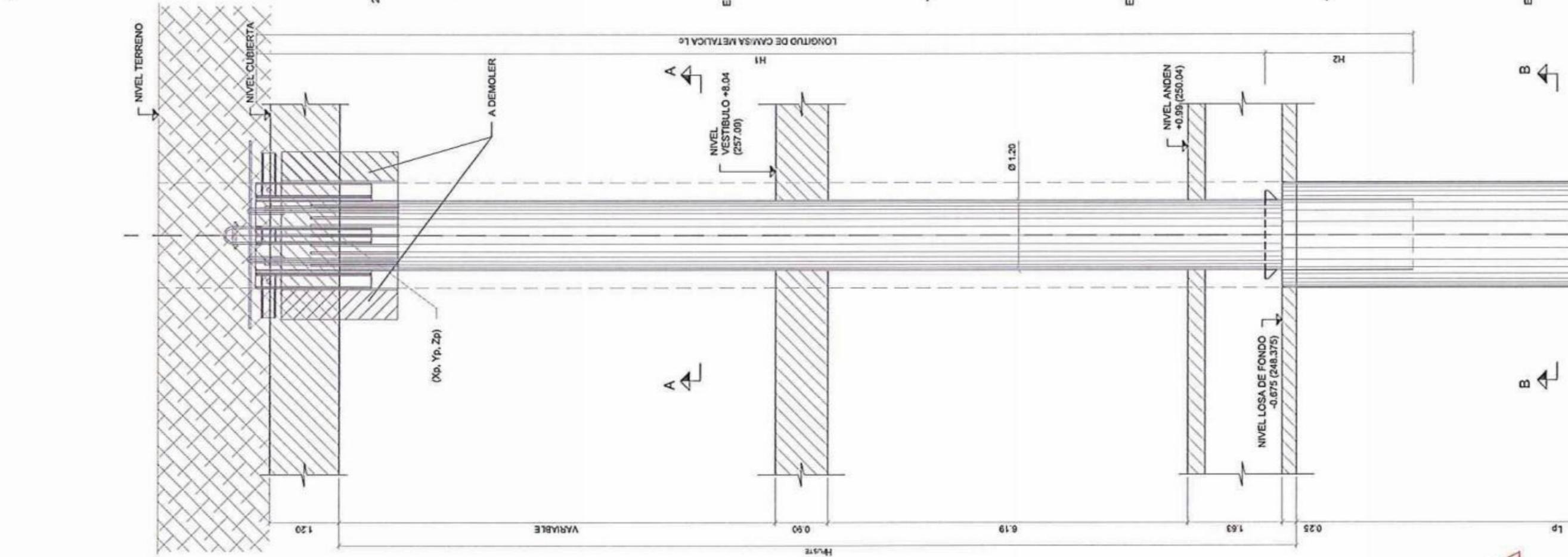
V°B°
Jorge Janjaga Ochoa
Ingeniero Civil
CIP 111689

MURETES GUIA PARA
EXECUTAR ANTEPOZO
QUE SERVIRA DE
APOYO A LA MESA
CENTRADORA
VACIADO CONTRA LA
EXCAVACION

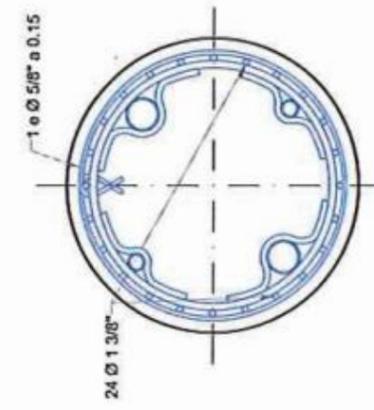


Anexo 12 Plano: Estructuras permanentes 22 – Estación Colectora Industrial. Pilas-pilotes. Definición geométrica y armadura.

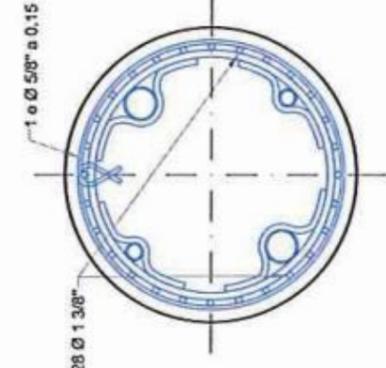
ML2-CML-01A-C-008-SCOL-OCSTR-DIS-PL-2302-01



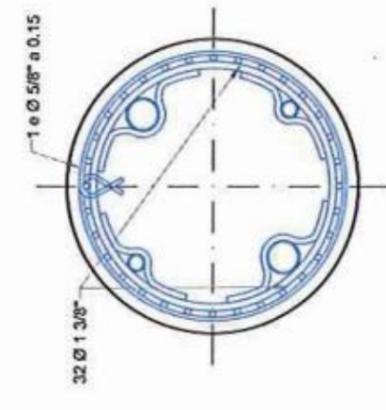
SECCIÓN A-A. ARMADURAS
PILAS 1 Y 11
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)



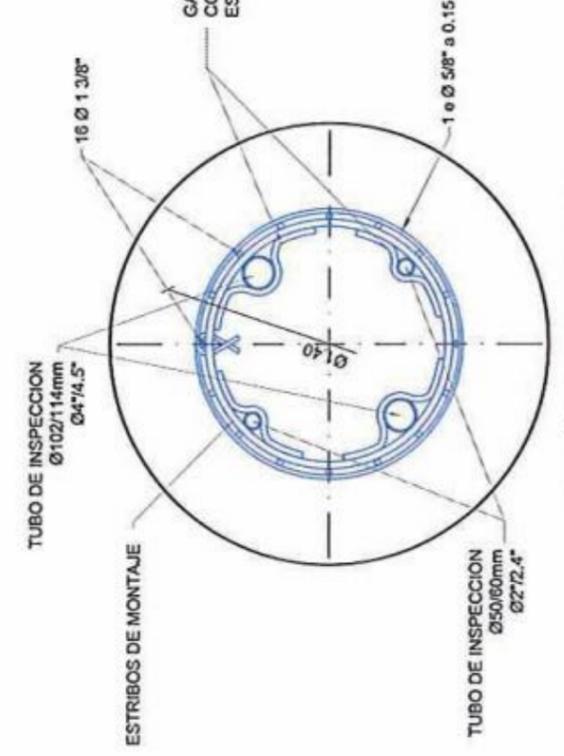
SECCIÓN A-A. ARMADURAS
ARMADURAS PILAS 2, 10, 12 Y 20



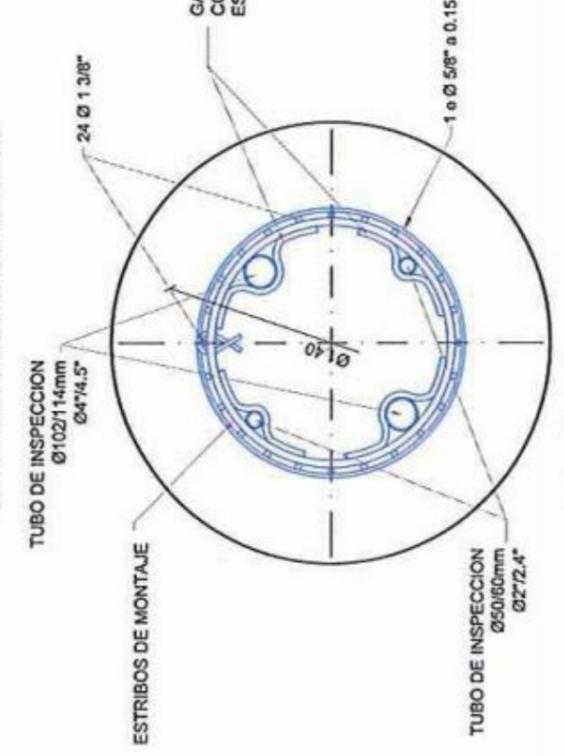
SECCIÓN A-A. ARMADURAS
PILAS 4, 7, 14 Y 17
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)



SECCIÓN A-A. ARMADURAS
PILAS 3, 5, 6, 8, 9, 13, 15, 16, 18 Y 19
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)



SECCIÓN B-B. ARMADURAS.
PILAS 1 Y 11
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)



SECCIÓN B-B. ARMADURAS PILAS 2, 10, 12 Y 20
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)

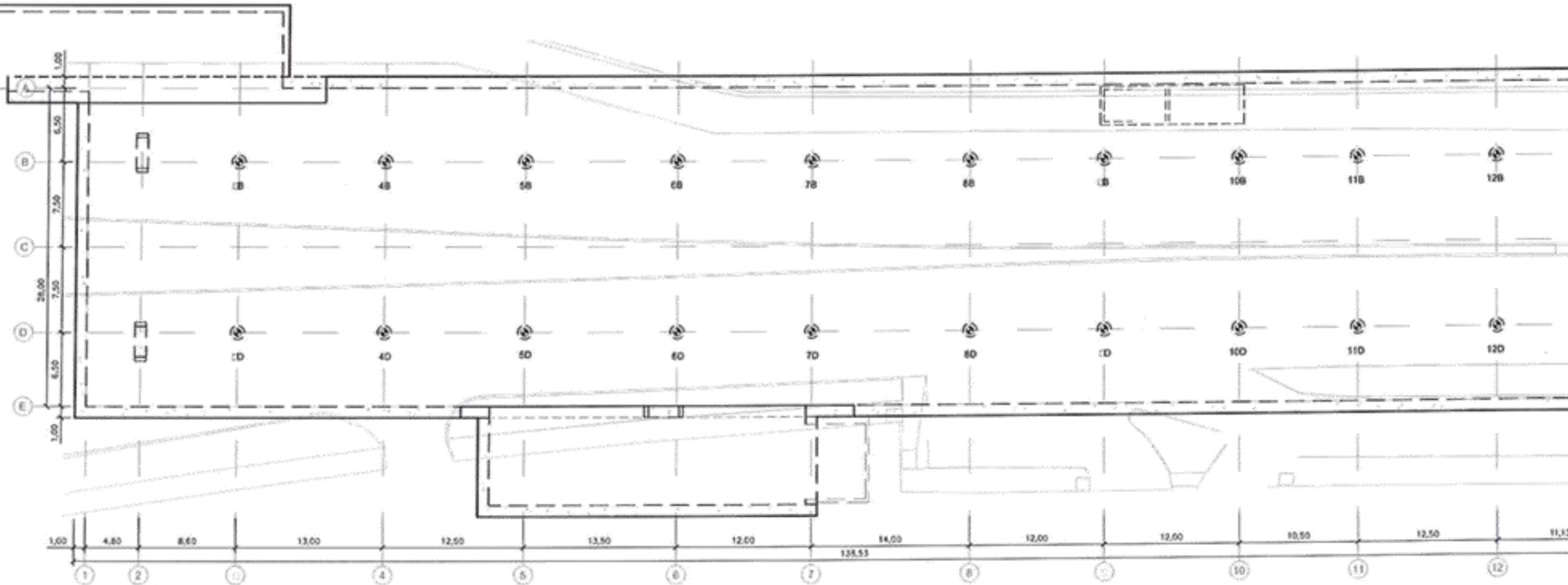


SECCIÓN B-B. ARMADURAS PILAS 2, 10, 12 Y 20
ESCALA 1:20
(NOTA: TODAS LAS COTAS ESTÁN EN METROS)

Anexo 13 Plano: E21 – Óvalo Santa Anita. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes.

Situación

ML2-CML-01A-C-007-SOVA-OCSTR-DIS-PL-2301-00



PLANTA SITUACIÓN PILAS-PILOTES
1:250



16-12-2012_estructuras_permanentes\m2-01\c-007-ava-ocast-ds-pl-2008-00.dwg - 29/12/2016 - 13:21

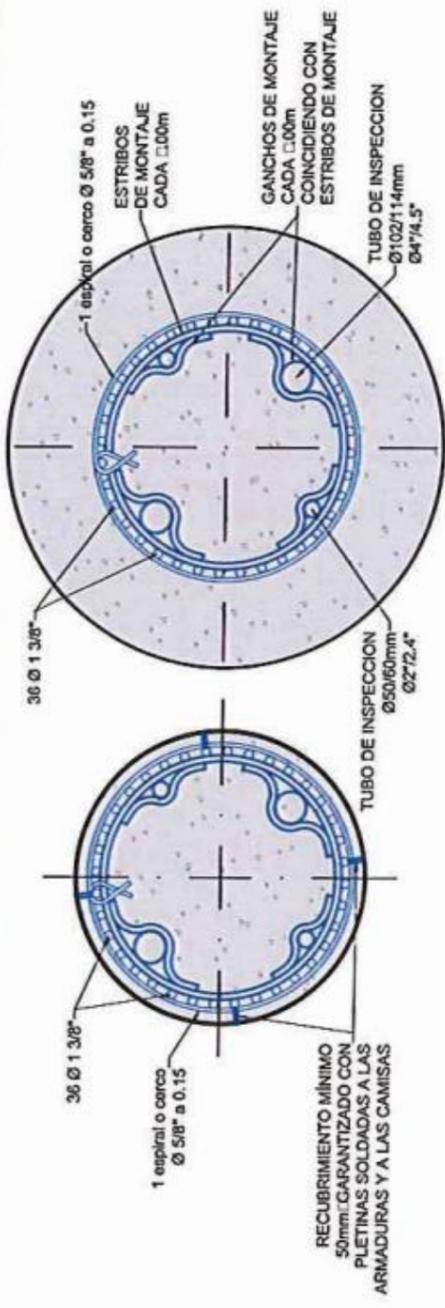
Anexo 14 Plano: E21 – Óvalo Santa Anita. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes.

Refuerzo

ML2-CML-01A-C-007-SOVA-OCSTR-DIS-PL-2302-00

ARMADO TIPO 1

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
5D



SECCIÓN A-A

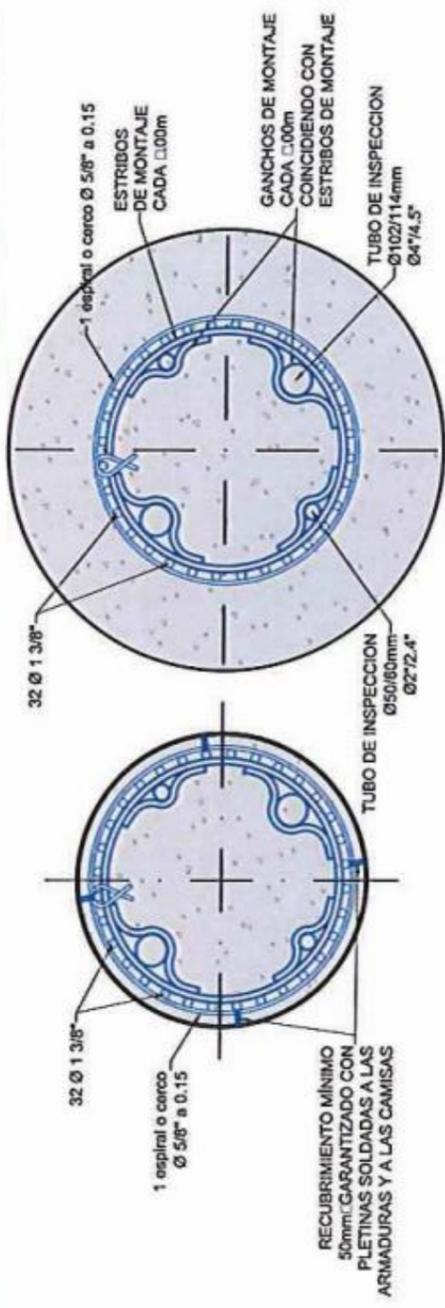
SECCIÓN B-B

ESCALA 1:20

ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 2

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
4B, 7D, 8B, 8D, 11D, 12B Y 12D



SECCIÓN A-A

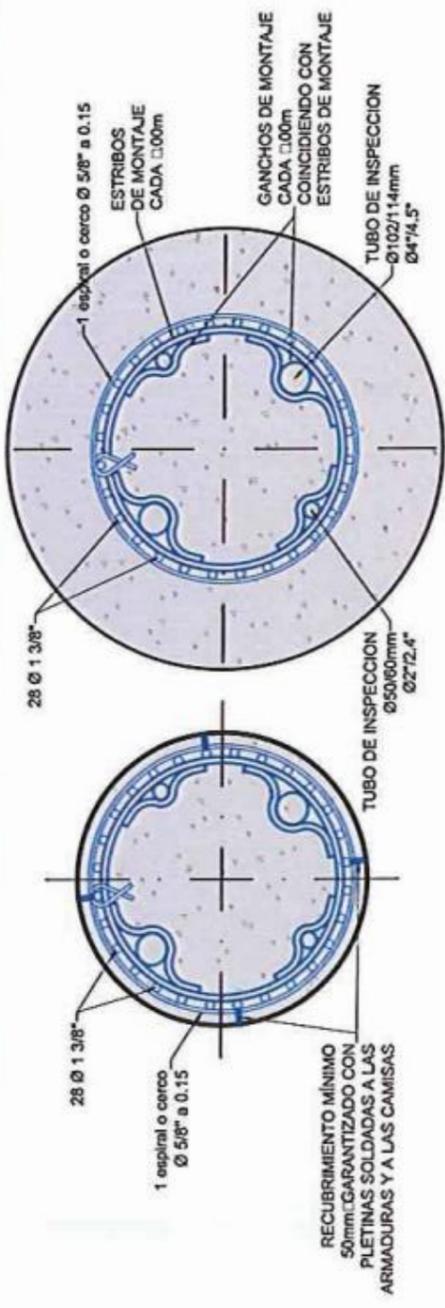
SECCIÓN B-B

ESCALA 1:20

ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 3

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
5B, 6B, 7B, 7D, 10B Y 11B



SECCIÓN A-A

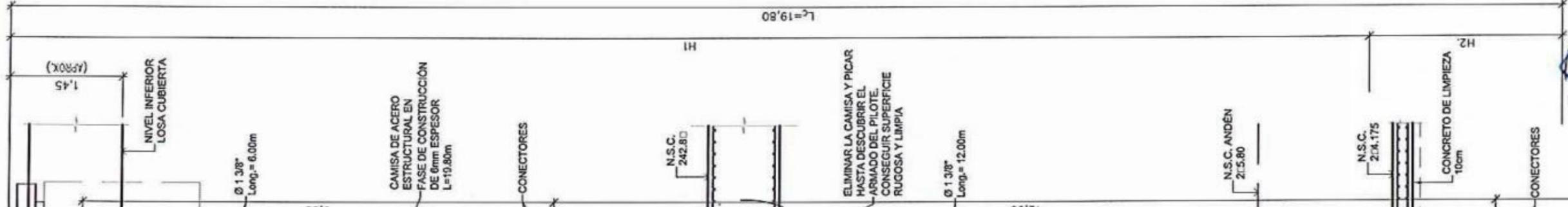
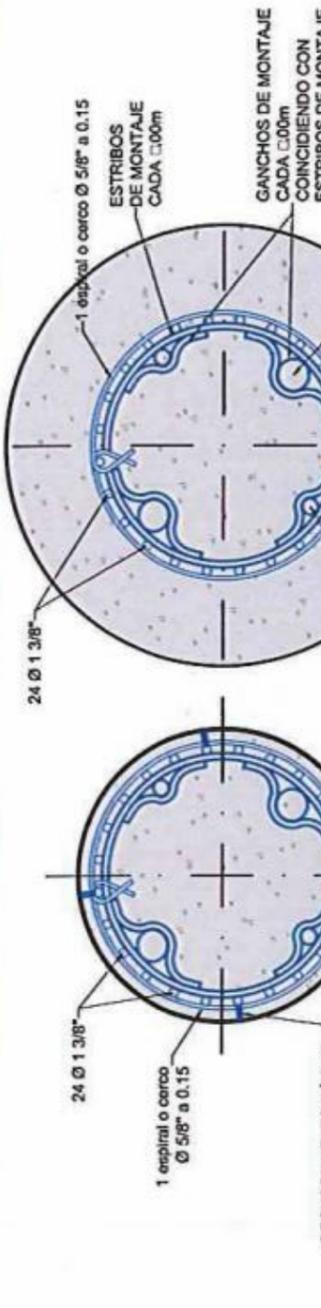
SECCIÓN B-B

ESCALA 1:20

ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 4

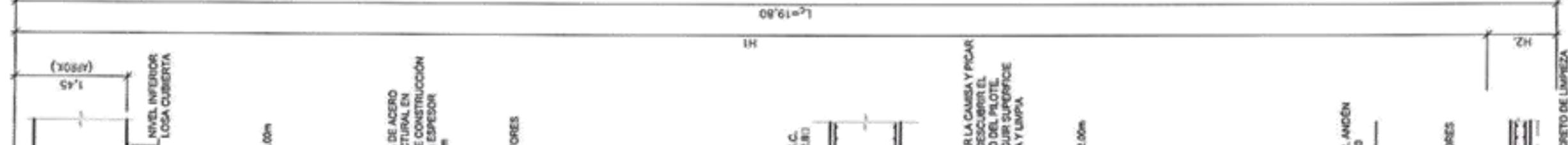
VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
8, 11D, 8B, 11D, 10B Y 10D



Anexo 15 Plano: E21 – Óvalo Santa Anita. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes.

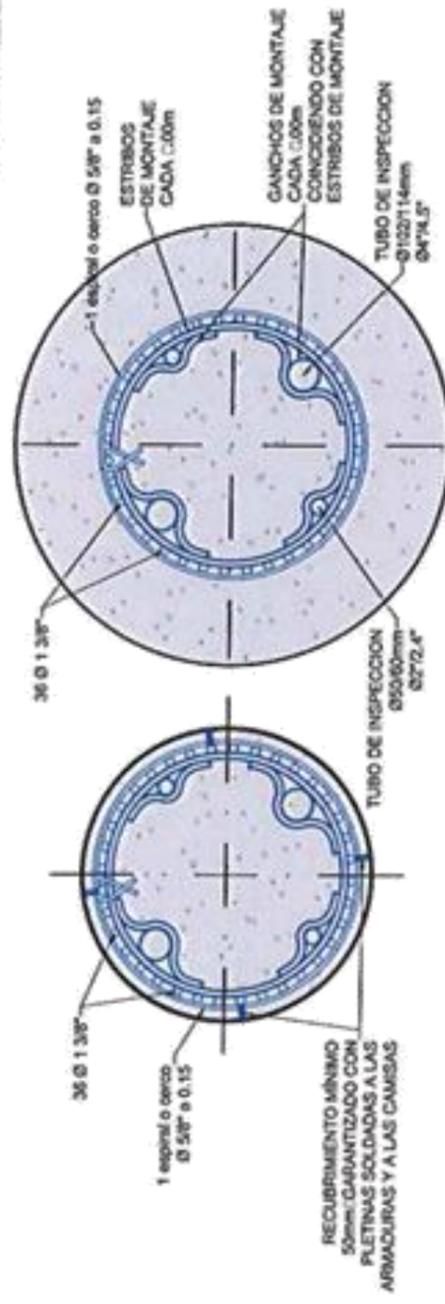
Refuerzo

ML2-CML-01A-C-007-SOVA-OCSTR-DIS-PL-2303-00



ARMADO TIPO 1

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
50

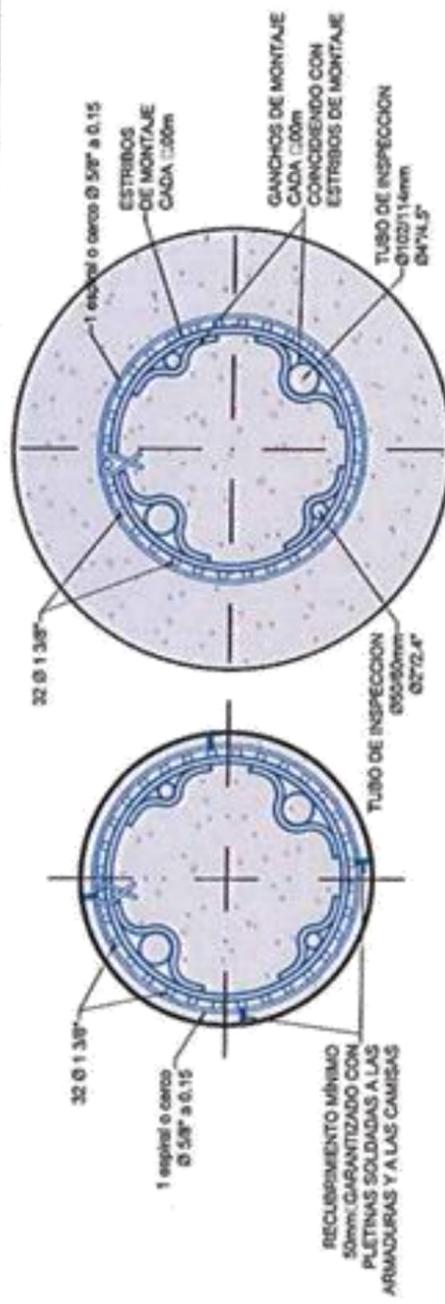


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 2

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
48; 40; 68; 80; 110; 120 Y 120

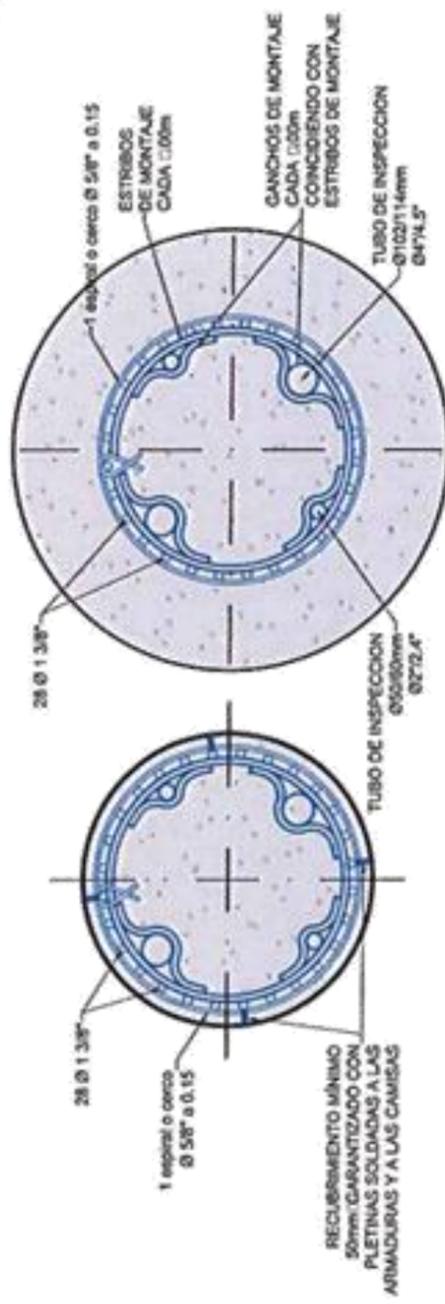


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 3

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
50; 68; 78; 70; 100 Y 110

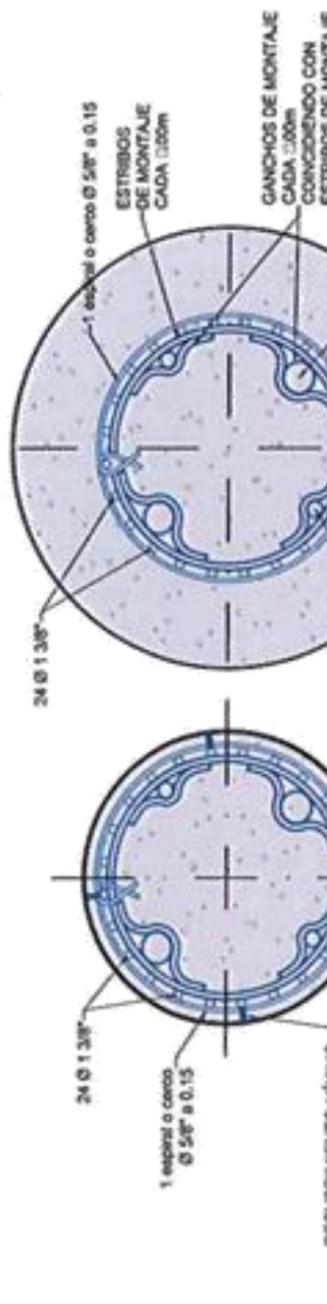


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 4

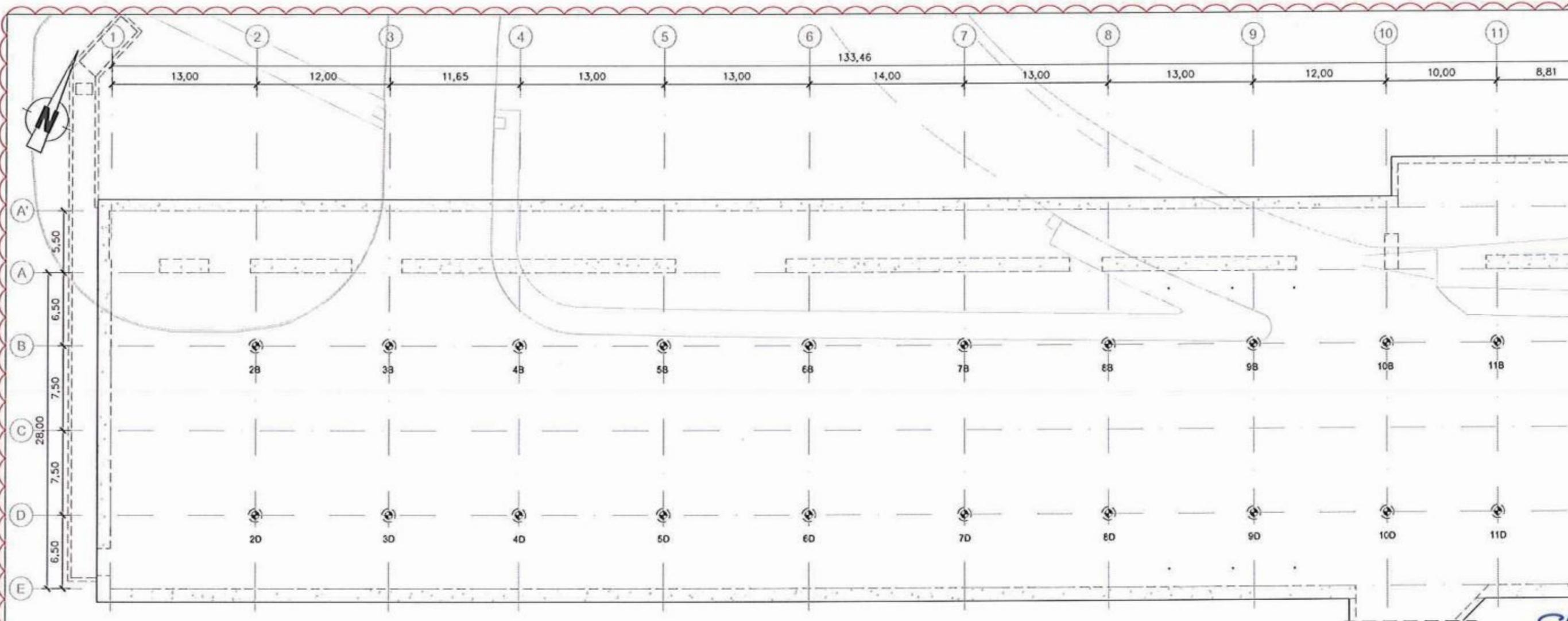
VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
18; 10; 60; 110; 110 Y 100



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

Anexo 16 Plano: 20 – Evitamiento. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes. Situación
ML2-CML-01A-C-006-SEVT-OCSTR-DIS-PL-2301-03

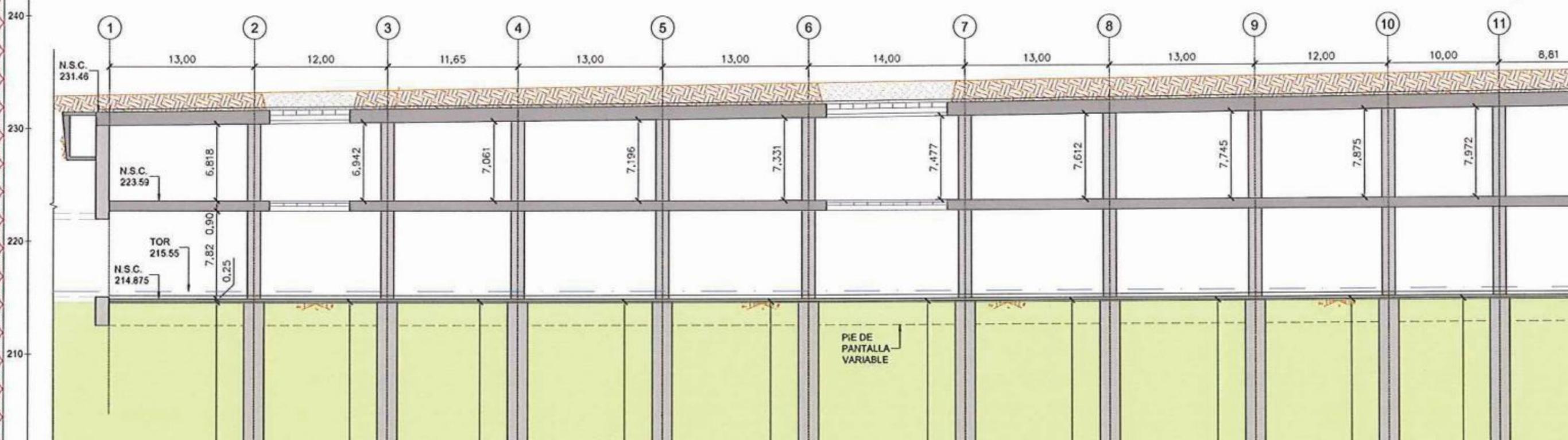


PLANTA SITUACIÓN PILAS-PILOTES

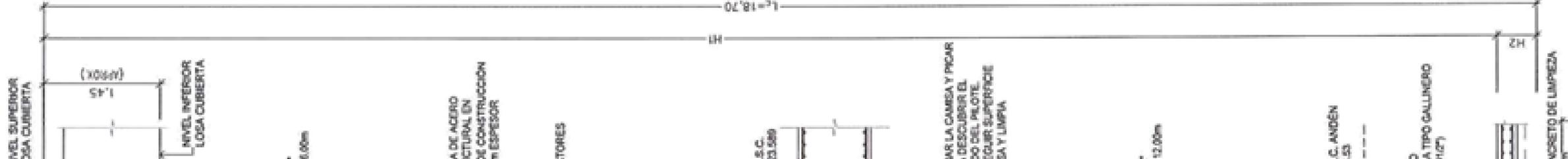
1:250

SEBASTIÁN RIBOT FLORES
INGENIERO
Reg. CIP N°

pantalla_12_3_pilas_piloto_del_armarioedificio2-cmt-01.rvt-006-arv4-ocstr-dis-pl-2501-03.dwg - 12/10/2017 - 10:23

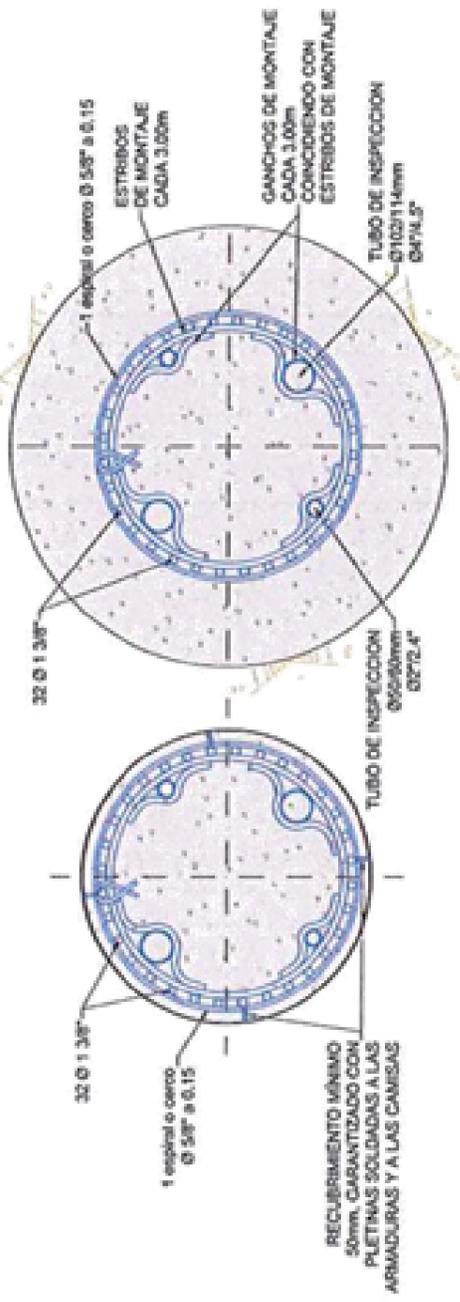


Anexo 17 Plano: 20 – Evitamiento. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes. Refuerzo
ML2-CML-01A-C-006-SEVT-OCSTR-DIS-PL-2302-03



ARMADO TIPO 1

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
20, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 y 75

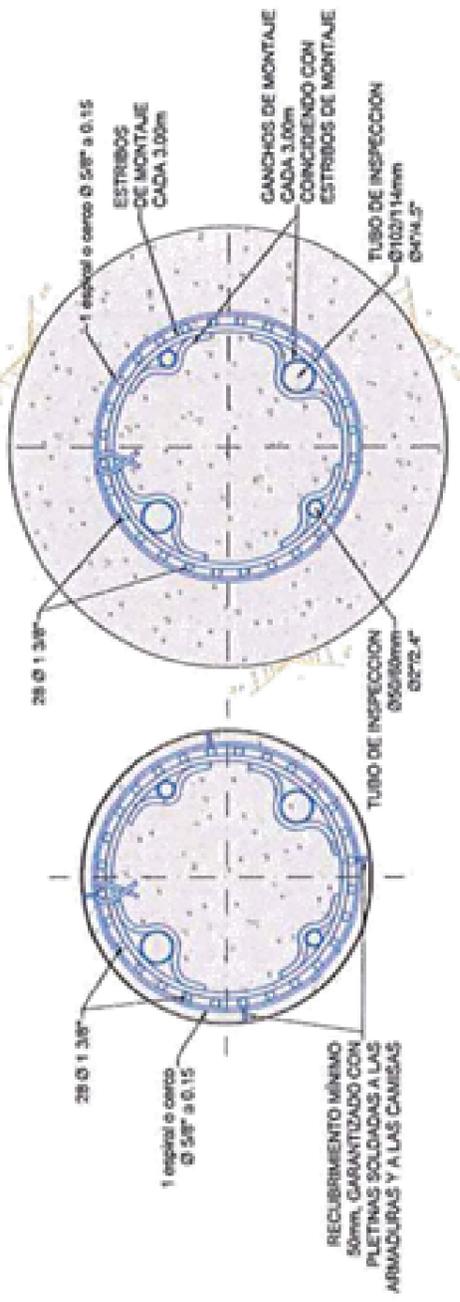


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 2

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
80, 85, 90 y 95

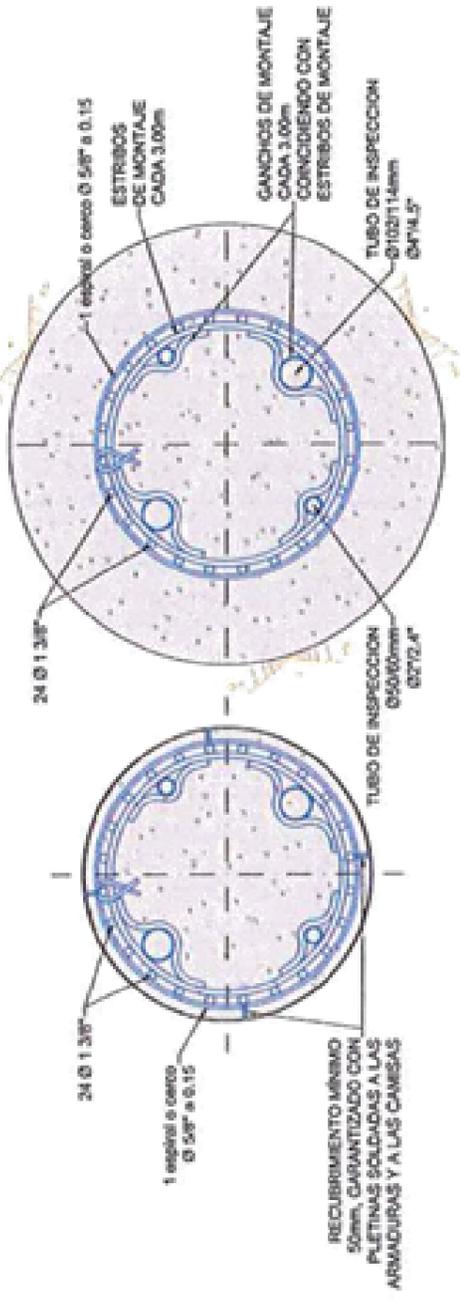


SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

ARMADO TIPO 3

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
100, 105, 110 y 115



SECCIÓN A-A
ESCALA 1:20

SECCIÓN B-B
ESCALA 1:20

TABLA DE REPLANTEO DE PILAS-PILOTE

PILA PILOTE	X ₀	Y ₀	Z ₀	NIVEL A NIVEL PIE	L _p	L _{cap}	L ₀	H ₁ (m)	H ₀ (m)
20	265.027.287	8666150.932	230.408	737.405		29.303		16.983	1.717

Anexo 18 Plano: 20 – Evitamiento. Estructuras permanentes. Pilas-pilotes. Refuerzo
ML2-CML-01A-C-006-SEVT-OCSTR-DIS-PL-2303-03

NIVEL SUPERIOR
DE LA CUBIERTA

1.45
(APROX)

NIVEL INFERIOR
DE LA CUBIERTA

100mm

DE ACERO
TURAL EN
CONSTRUCCIÓN
ESPESOR

DRES

C.
589

R LA CAMISA Y PICAR
DESCUBRIR EL
O DEL PILOTE.
SUJ SUPERFICIE
Y LIMPIA

2.00m

2. ANDÉN
3

TIPO GALLINERO
(7)

CRETO DE LIMPIEZA

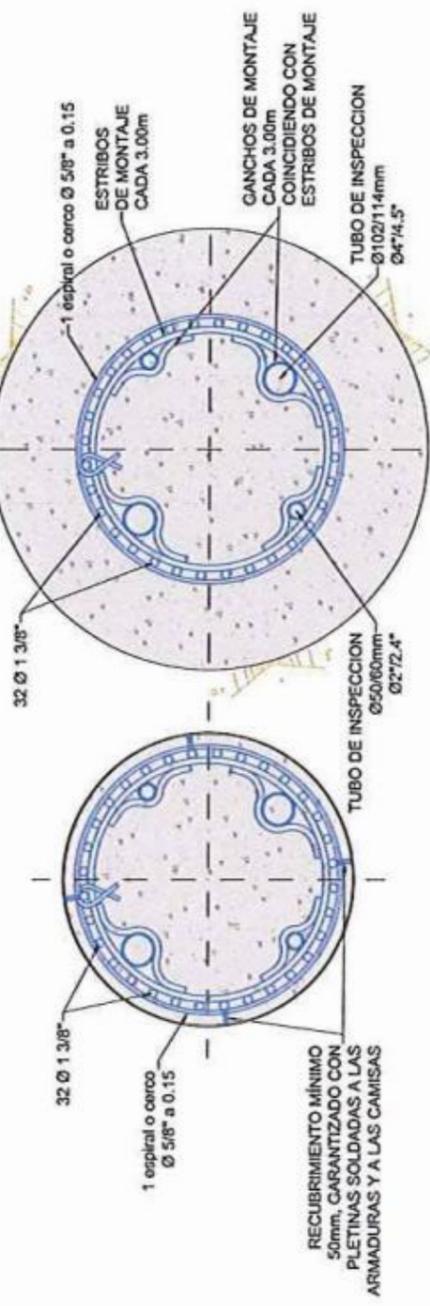
DRES

H
L=18.70

H2

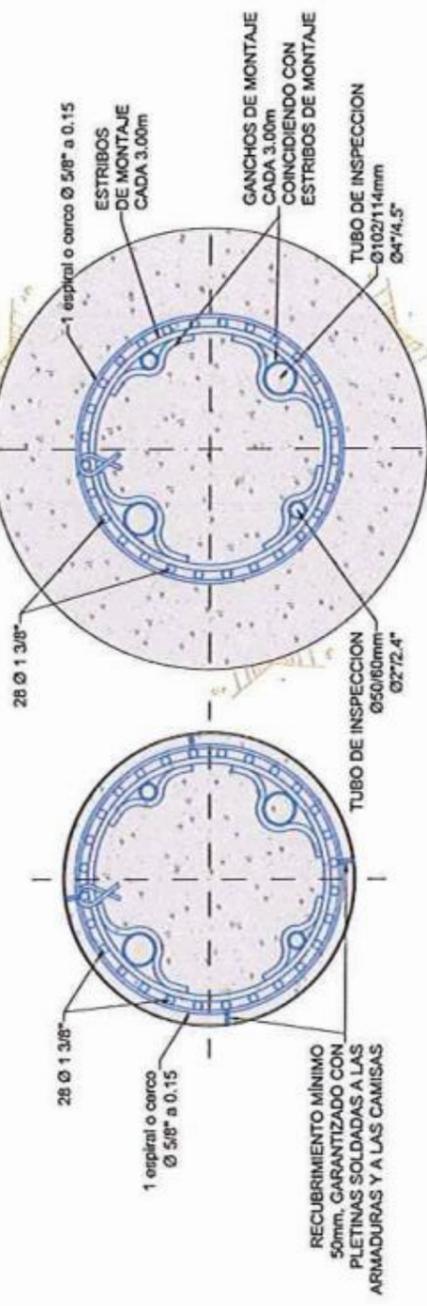
ARMADO TIPO 1

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
2B, 2D, 3B, 3D, 4B, 4D, 5B, 5D, 6B, 6D, 7B y 7D



ARMADO TIPO 2

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
8B, 8D, 9B y 9D



ARMADO TIPO 3

VÁLIDO PARA LOS PILOTES:
10B, 10D, 11B y 11D

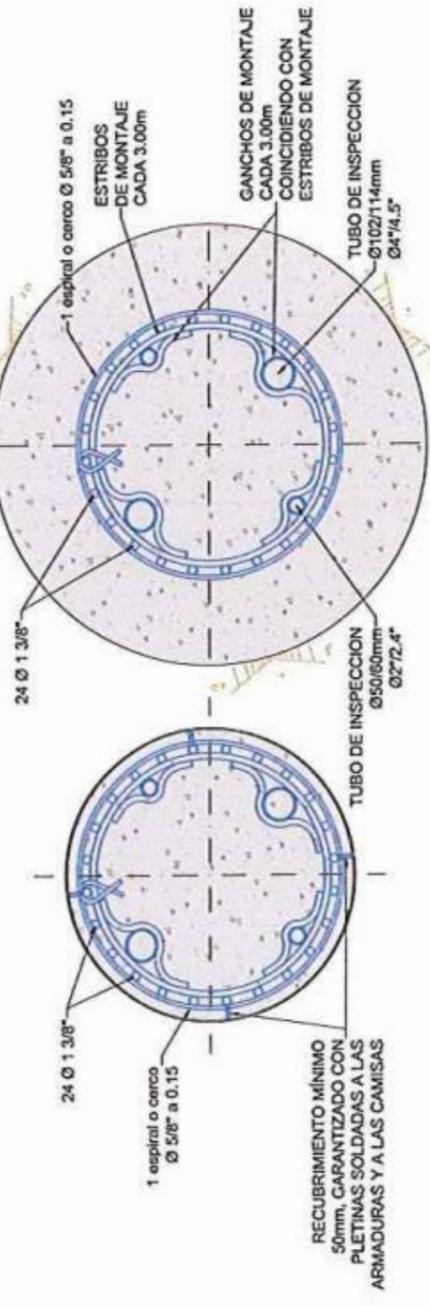


TABLA DE REPLANTEO DE PILAS-PILOTE

PILA PILOTE	X _p	Y _p	Z _p	NIVEL A	NIVEL PIE	L _p	L _{cup}	L _o	L _{c(m)}	H _{1(m)}	H _{2(m)}
2B	285027.087	8666150.932	230.408	231.408			29.383			16.983	1.717