



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN LA
RAMA DE LAS VÍAS TERRESTRES**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD
DE LOS MATERIALES DEL PUENTE EL CAYACO
EN MICHOACÁN, MÉXICO**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRE SENTA

ING. IRVING DASSAEV SOLÓRZANO DE LA MORA

ASESORA:

DRA. ELIA MERCEDES ALONSO GUZMÁN

COASESORA:

DRA. ANGÉLICA DEL VALLE MORENO



INDICE

RESUMEN.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. FUNDAMENTOS GENERALES DE CORROSIÓN.....	12
II.1 GENERALIDADES.....	12
II.2 CORROSIÓN DEL ACERO EN EL CONCRETO.	13
II.3 EL PROCESO ELECTROQUÍMICO DE LA CORROSIÓN.	14
II.4 BASES DE LA CORROSIÓN.....	17
II.5 PASIVACIÓN DEL ACERO EN EL CONCRETO	17
III. TIPOS DE CORROSIÓN.....	19
III.1 CORROSIÓN LOCALIZADA.....	20
<i>III.1.1 CORROSIÓN POR PICADURAS.</i>	<i>20</i>
<i>III.1.2 CORROSIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS.</i>	<i>21</i>
<i>III.1.3 CORROSIÓN BAJO TENSIÓN.....</i>	<i>22</i>
<i>III.1.4 CORROSIÓN POR CORRIENTE DE INTERFERENCIA.</i>	<i>23</i>
III.2 CORROSIÓN GENERALIZADA/ UNIFORME.	23
III.3 CORROSIÓN GALVÁNICA.....	24
IV. FACTORES QUE AFECTAN Y DESENCADENAN LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO.....	25
IV.1 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	25
IV.2 COMPACIDAD Y HOMOGENEIDAD.....	27

IV.3 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO.....	28
IV.4 HUMEDAD AMBIENTAL.	28
IV.5 EFECTO DEL OXÍGENO.	29
IV.6 EFECTO DE LA TEMPERATURA.	31
IV.7 TENSIONES MECÁNICAS DEL ACERO.....	31
IV.8 CORRIENTES ERRÁTICAS O DE INTERFERENCIA.....	31
IV.9 IONES DESPASIVANTES.....	32
IV.9.1 CLORUROS.	32
IV.9.2 SULFATOS.....	33
IV.9.3 CARBONATACIÓN.	35
IV.10 MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.....	37
V.- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.....	39
V.1.- INSPECCIÓN PRELIMINAR.	40
V.1.1 INSPECCIÓN VISUAL DEL PUENTE “EL CAYACO”.....	44
Figura V.1.- Cara Oeste a Este.....	46
Figura V.2.- Cara Oeste a Este ubicada por la Columna 1 (PCC1).....	46
Figura V.3 Cara Oeste a Este ubicada por la Columna 1 (PCC1).	46
V.2.- INSPECCIÓN DETALLADA.....	48
VI.-DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYO.....	50
VI.1.- TOMA DE TESTIGOS.....	51
VI.2.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.	52

VI.3.- PULSO ULTRASÓNICO.	55
VI.4.- ESCLEROMETRÍA.	57
VI.5.- PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN.	59
VI.6.- CONCENTRACIÓN DE CLORUROS.	61
VI.7.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	65
VI.8.- ABSORCIÓN CAPILAR.	69
VI.9.- DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y DEL DIÁMETRO DE LA ARMADURA.	73
VI.10.- MEDICIÓN DE POTENCIALES.	74
VII.- DIAGNÓSTICO GENERAL.	77
VII.1.- DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO Y LA CLASIFICACIÓN VEHICULAR.	78
VII.2.- DETERMINACIÓN DE LA CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA.	79
VII.3.- RESULTADOS.	83
VII.3.1.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.	84
VII.3.2.- ULTRASONIDO.	85
VII.3.3.- ESCLEROMETRÍA.	87
VII.3.4.- PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN.	92
VII.3.5.- CONCENTRACIÓN DE CLORUROS.	96
VII.3.6.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.	97
VII.3.7.- ABSORCIÓN CAPILAR.	99

VII.3.8.- MEDICIÓN DE POTENCIALES.	109
VIII.- COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	128
IX.- ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN.....	141
X.DISCUSIONES	155
XI. CONCLUSIONES	158
XII. BIBLIOGRAFÍA	159

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres **Rogelio Solórzano Verduzco** y **Ma. Luisa de la Mora Reyna** que siempre me apoyaron para seguir triunfando cada momento que los necesitaba.

A la **Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán** que valoro, estimo, respeto y admiro, por confiar en mí nuevamente, para trabajar en la investigación de esta tesis como asesora, por sus sabios consejos que siempre me llevaron por buen camino, y a su valioso tiempo que siempre estuvo disponible para llevar a cabo la terminación de esta tesis.

A la **Dra. Angélica de Lourdes del Valle Moreno**, Investigadora de la Coordinación de Equipamiento para el Transporte del Instituto Mexicano del Transporte por brindarme la oportunidad como Co-Asesora, por su invaluable apoyo y comprensión para realizar este gran paso en mi vida profesional.

Al **M. A. Wilfrido Martínez Molina** Jefe del Laboratorio de Materiales “Ing. Luis Silva Rúelas” de la Facultad de Ingeniería Civil U.M.S.N.H. Por sus consejos y apoyo de esta tesis.

Al **Laboratorio de Materiales “Ing. Luís Silva Rúelas” de la U.M.S.N.H.** por proporcionarme equipo necesario para llevar a cabo todas las pruebas necesarias para concluir este trabajo.

Al **M. en I. Leonel Moreno Amezcua** Residente de conservación de puentes zona Lázaro Cárdenas, por todo el apoyo y consejos para llevar a cabo este trabajo de tesis y el permiso ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en las visitas a la ciudad de Lázaro Cárdenas para la realización de las pruebas.

A todos los empleados y compañeros del **Laboratorio de Materiales “Ing. Luís Silva Rúelas” de la U.M.S.N.H.** que me apoyaron y estuvieron en convivencia todo este tiempo.

A mi amigo **MI Benito Adalberto Méndez Miranda**, por brindarme apoyo, tiempo y sabios consejos para llevar a cabo este trabajo de investigación.

A mi primo **César de la Mora Rivas**, por brindarme su apoyo para la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres Rogelio Solórzano Verduzco y Ma. Luisa de la Mora Reyna que siempre me apoyaron incondicionalmente cada minuto de mi vida, del cual no tengo palabras para agradecerles todo lo que me ofrecieron, sabiendo que enfrentaron situaciones difíciles y aun así, nunca se dieron por vencidos, y continuaron dando su mayor esfuerzo para darnos educación y formar una gran familia, los amo y los admiro, y gracias por darme esta oportunidad para lograr un gran paso de mi vida profesional.

A mis hermanas Irlanda Denisse Solórzano de la Mora y Wendy Melina Solórzano de la Mora, que admiro y respeto por apoyarme y darme los mejores consejos como hermanos. Y por darme el ejemplo que todo en esta vida se puede, ya que sabemos las situaciones que enfrentamos y aun así estamos de pie, las amo y saben que son lo mejor para mí.

A mi Esposa Paola Cervantes Mendoza, que admiro y respeto, por darme sus mejores consejos, por estar en cualquier circunstancia conmigo y por formar parte de mi vida, y que siempre sabrá que eres mi orgullo en esta vida, te amo.

A mis Suegros Francisco Cervantes Vega y Amalia Mendoza Jaramillo, por mostrarme siempre su apoyo y por aceptarme como un nuevo miembro en la familia, los quiero.

OBJETIVO

Realizar un diagnóstico del estado por corrosión del “Puente El Cayaco”, ya que tiene una edad de 36 años, y está ubicado en zona costera en el tramo Playa Azul-Manzanillo en el km 13+055 en el estado de Michoacán.

Evaluar la durabilidad de los materiales y realizar una propuesta de reparación, y presupuesto, si éste lo requiere; empleando una serie de pruebas en campo y en laboratorio, con pruebas destructivas y no destructivas. Dicha revisión será basada en los criterios que propone el Manual de inspección, diagnóstico de corrosión de estructuras de hormigón armado de la RED TEMÁTICA XV. B DURAR. CYTED, 2000.

RESUMEN

Este proyecto evaluó la durabilidad de los materiales en el puente “El Cayaco” ubicado en el km 13+055, en la carretera federal con número de identificación 200, Tramo Playa Azul – Manzanillo a Cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con unidad administrativa 636 con sede en el Centro SCT Michoacán y subsede Edificio SCT Campamento La Orilla, en Lázaro Cárdenas, Michoacán.

Como material para la construcción se pensó que el concreto armado tenía una vida útil ilimitada, pero hoy en día se reportan estructuras deterioradas por la corrosión del acero que son protegidos por recubrimiento de concreto con un espesor mayor a 5cm lo recomendado para zonas costera. Lo cual se hizo una Inspección visual detalla en la estructura del puente **El Cayaco**, ya que se ubica en una zona costera en el Estado de Michoacán, México, donde se realizaron pruebas **destructivas y no destructivas** a la estructura del puente.

El puente fue seleccionado porque fue construido en el año de 1975, de concreto reforzado, por lo cual tiene una antigüedad de 36 años y en ese tiempo fue diseñado en función de su resistencia únicamente, que a su vez era una función directa de la relación Agua/Cemento y que en la fecha de construcción era común que las relaciones a/c fueran mayores de 0.5 a pesar de que se encuentra en una atmosfera costera, no de su durabilidad. A esta estructura se le realizaron varias pruebas destructivas y no destructivas, mediante visitas de campo, realizando una inspección visual y detallada de las condiciones en las que se encuentra el puente y de igual forma se obtuvieron muestras representativas que indiquen indicaran las características de durabilidad de los materiales con los que fue diseñado y que permitieron obtener un diagnóstico.

Los problemas de deterioro van desde corrosión, carbonatación, ya que está expuesto al intemperie y agentes agresivos.

Las técnicas usadas fueron: Electroquímicas (resistividad eléctrica, ultrasonido, potenciales de media celda), químicas (absorción capilar y concentración de cloruros) y mecánicas (resistencia a la compresión y Esclerometría).

Los resultados que presentó la estructura del “Puente el Cayaco” fueron los siguientes:

La estructura se encuentra en un ambiente agresivo severo marino y se clasifica este ambiente con un muy elevado nivel de corrosividad y una velocidad de corrosión actual de 0.113 mm/año., el cual expone al puente a un ataque mayor que en otro tipo de ambiente, que no sea marino.

La medición de Resistividad eléctrica, **DADO 1(PCD1)**, **TRABE (PCT1)**, **COLUMNA 1 (PCC1) Y COLUMNA 2 (PCC2)** estuvo por debajo de 10kohm-cm lo cual indica que se encuentra en alto riesgo de corrosión.

De acuerdo a la prueba a la compresión simple la estructura **TRABE (PCT1)** se encuentra moderada-alta probabilidad de corrosión ya que $f_c < a$ 20 MPa y cuenta con presencia Cl ó CO₂ ya que se encuentra en un medio ambiente marino.

Por la prueba de cloruros; la estructura **DADO 1(PCD1)**, **COLUMNA 1 (PCC1) Y COLUMNA 2 (PCC2)** presenta alta probabilidad de corrosión ya que cuenta con un contenido de cloruros $\%Cl \geq 0.4$ y resistividad eléctrica $< 10Kohm.cm$.

Finalmente de acuerdo con los criterios de la RED TEMÁTICA XV. B DURAR. CYTED, el puente se encuentra ya activo por corrosión, sin embargo ésta no se ha generalizado, por lo que se recomendó la rehabilitación e inspección periódica para alargar su vida remanente. Se dieron las especificaciones para una correcta reparación de las zonas dañadas del puente.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de corrosión del acero de refuerzo está gobernado por factores externos como son la presencia de oxígeno, agua, tipo y cantidad de agentes agresivos que definen el ambiente y factores internos, como el tipo de acero y la estructura del concreto de recubrimiento. En la mayoría de las causas de deterioro, las sustancias agresivas (iones y moléculas) o el agua deben ser trasladadas hasta donde se encuentra el producto reactivo para poder combinarse, es decir que si no hay transporte no hay ataque. La presencia de agua en estado líquido o gaseoso es condición previa para que las reacciones tengan lugar a una velocidad con cierta repercusión práctica sobre la durabilidad. El agua es indispensable para varios ataques físicos, y un vehículo para el transporte de iones agresivos en los procesos químicos de degradación del concreto y el acero.

Los mecanismos principales de transporte de masa en el concreto son la permeabilidad y capilaridad. La permeabilidad y la absorción son mecanismos de transportes muy rápidos.

La experiencia muestra que el acero puede estar embebido en el concreto y durar muchos años sin mostrar algún signo visible de deterioro. Esto es debido a que el concreto, cuando se ha preparado y colado correctamente, en muchas ocasiones proporciona una adecuada protección al acero. Sin embargo, la protección a la corrosión que proporciona el concreto al acero no se puede garantizar a perpetuidad. El ingreso de humedad contaminada de la atmósfera o del medio circundante al concreto reforzado, puede causar que el pH del concreto cambie radicalmente en un proceso de inicio de degradación del acero y del concreto. [1]

De manera breve, los factores relacionados con el proceso de corrosión se pueden clasificar como sigue:

- Factores dependientes del concreto como son: permeabilidad, porosidad, tipos de cemento, agregados, aditivos y puesta en obra.

- Factores dependientes del medio de servicio como son: humedad relativa, temperatura, degradación biológica y acción de iones agresivos como los cloruros.

El análisis se efectuó al puente “El Cayaco” ubicado en la carretera federal con número de identificación 200, Tramo Playa Azul – Manzanillo en el Km 13+055, el cual fue ubicado por la SCT como uno de los puentes próximos a someterse a mantenimiento, y que permitía, por sus condiciones geográficas y por su fecha de construcción, analizarse como una muestra representativa de los materiales con lo que fue diseñado la gran parte de los puentes del tramo carretero Playa Azul – Manzanillo; ya que todas estas estructuras se construyeron en el año de 1975 [2].

A partir de la década de los 80´ se empezó a analizar con seriedad el hecho de que muchas construcciones no estuvieran manteniendo la seguridad y utilidad requeridas durante un tiempo suficientemente largo.

La inspección se llevó a cabo mediante visitas al sitio del puente, prácticamente elaborando una ficha de antecedentes de la estructura y una inspección visual, posteriormente se ejecutó el plan de muestreo con mediciones, obtención de muestras o testigos y análisis previo y por último en el laboratorio se hizo el análisis físico-químico del concreto y el estado de la armadura en términos de corrosión.

II. FUNDAMENTOS GENERALES DE CORROSIÓN

II.1 GENERALIDADES.

El concreto confiere al acero una protección de doble naturaleza: por un lado, es una barrera física que lo separa del medio ambiente y por otro, el líquido encerrado en los poros del concreto, es un electrólito que puede formar un óxido protector (pasivación) de forma duradera. Esta solución acuosa es constituida principalmente por iones de OH^- , a los que se debe la alta alcalinidad, se pensó que el hidróxido de calcio ($\text{pH}=12.5$) producido durante las reacciones de curado era el componente principal que presentaba esta alta alcalinidad.

A esta alta alcalinidad y con el contenido de O_2 normal del ambiente en las estructuras aéreas, el acero se recubre de una capa pasiva de óxido muy adherente, compacto e invisible, que lo preserva indefinidamente de cualquier signo de corrosión mientras el concreto sea de buena calidad. En ausencia de oxígeno, el refuerzo de acero se oxidará muy lentamente sin causar problemas de corrosión, como es el caso de las estructuras sumergidas, donde el concreto no se encuentra agrietado. [3]

II.2 CORROSIÓN DEL ACERO EN EL CONCRETO.

La corrosión del acero en el concreto consiste en la oxidación destructiva del acero, por el medio que lo rodea. Así la corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica, la cual consiste de cuatro elementos principales, ver Figura II.1

1. Un ánodo, donde ocurre la oxidación
2. Un cátodo, donde ocurre la reducción.
3. Un conductor metálico, donde la corriente eléctrica es el flujo de electrones.
4. Un electrolito, en este caso el concreto, donde la corriente eléctrica es generada por el flujo de iones en medio acuoso. [3]



Figura II.1. Celda de corrosión para el concreto reforzado.

Las grietas y/o desprendimientos del recubrimiento de concreto de la **Figura II.1** además de ser antiestéticas, pueden disminuir el anclaje del acero, y potencialmente, la resistencia del elemento estructural.

II.3 EL PROCESO ELECTROQUÍMICO DE LA CORROSIÓN.

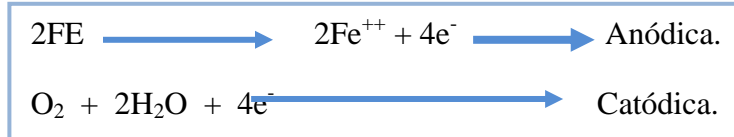
La corrosión electroquímica del acero en el concreto resulta de la falta de uniformidad en el acero (diferentes aceros, soldaduras, sitios activos sobre la superficie del acero), contacto con metales menos activos, así como también, de las heterogeneidades en el medio químico o físico (concreto) que rodea al acero. Aunque la potencialidad para la corrosión electroquímica puede existir debido a la falta de uniformidad del acero en concreto, la corrosión normalmente se previene por la formación de esa película de óxido de hierro (pasivamente). Cuando las condiciones de servicio cambian y el concreto se altera o a través de él penetran sustancias agresivas, se produce el rompimiento de esta película y la corrosión de las armaduras se desencadenan con una triple consecuencia:

1. El acero disminuye su sección o incluso se convierte completamente en óxido.
2. El concreto puede fisurarse o delaminarse debido a las presiones que ejerce el óxido expansivo al generarse.
3. La adherencia armadura-concreto disminuye o desaparece.

Para que la corrosión del acero pueda iniciarse y mantenerse existen dos mecanismos que en general son los más aceptados.

- a) Reducción de la alcalinidad por lixiviación de las sustancias alcalinas con agua o neutralización parcial con dióxido de carbono.
- b) Por la acción electroquímica que involucra al Ión cloruro en presencia de oxígeno.

Si el acero se corroe por la reacción anódica que permite que él se disuelva como Ión ferrosos, debe haber una reacción catódica simultánea, como la reducción de oxígeno, todo esto en presencia del agua. [3]



Es importante decir que sin la presencia simultánea en el concreto de oxígeno y humedad no es termodinámicamente posible la corrosión y sin una cantidad mínima crítica, no es posible que se desarrolle con velocidad apreciable. Ambos tienen un carácter ambivalente, pues cuando las armaduras están pasivadas, una cierta cantidad de oxígeno y humedad pueden servir para engrosar la capa pasivamente, pero, las armaduras actúan acelerando notablemente el ataque.

La **Figura II.2.** Muestra un cuadro descriptivo de algunas condiciones para que exista o no corrosión en el concreto.

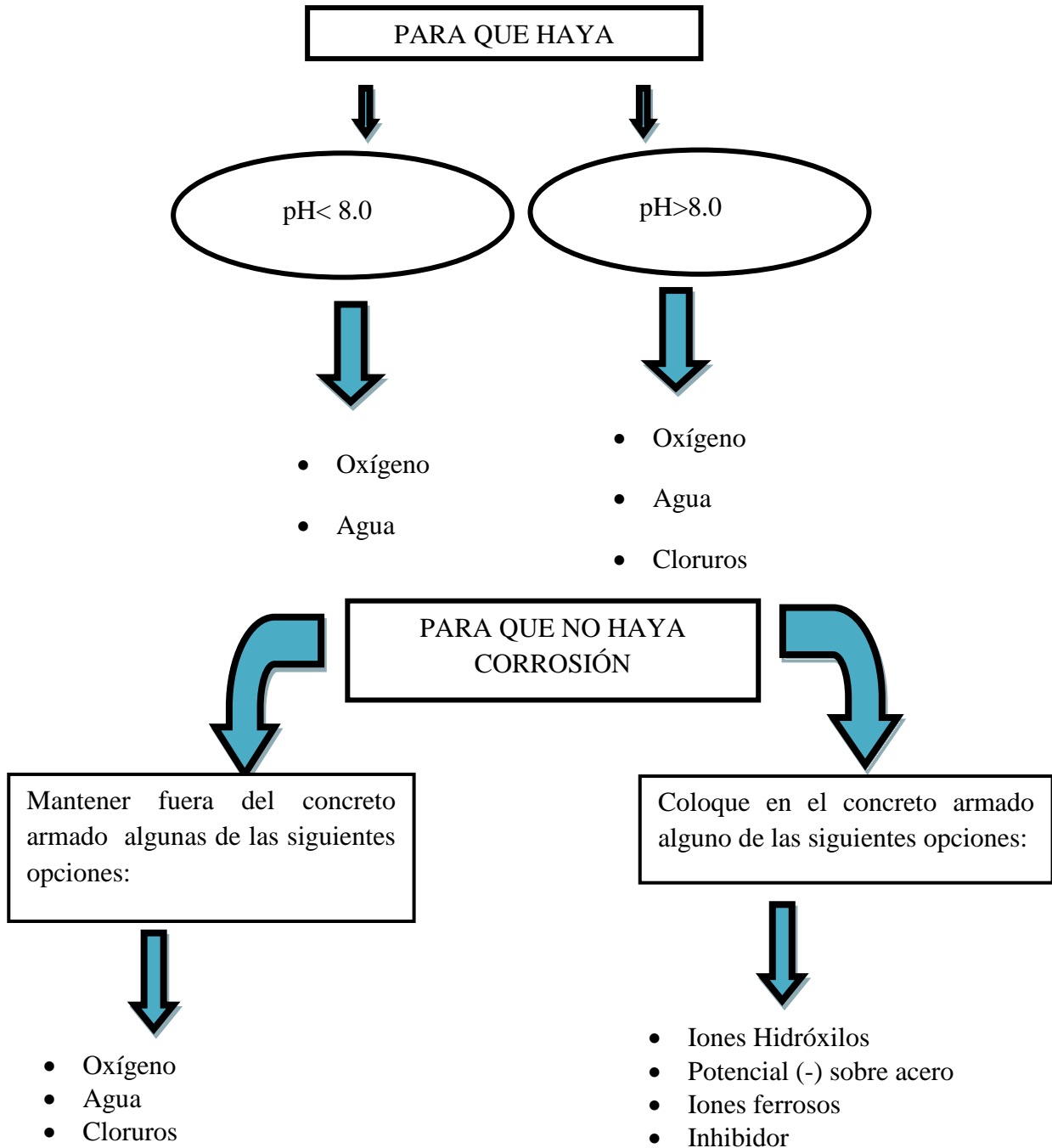


Figura II.2. Condiciones para que exista o no corrosión en el concreto [3].

II.4 BASES DE LA CORROSIÓN.

No obstante que otros materiales (madera, plásticos, etc.), además de los metales pueden corroerse, el término se emplea especialmente al deterioro de metales. Algunas propiedades de los materiales pueden alterarse debido a la corrosión, lo cual suele ocasionar fallas inesperadas. Estos cambios pueden pasar inadvertidos en exámenes visuales y/o cambios de peso. La causa de que un metal se corroe depende de la cantidad de energía que se le aplica a su mineral base para transformarlo en un metal comercial [5]. La energía en forma de calor que se requiere para extraer los metales de sus compuestos químicos naturales se almacena en el propio metal; por lo que el procedimiento de corrosión es cuando se revierte el proceso artificial de metal hasta regresarlo a su estado natural. La velocidad de regreso del metal a su estado natural como mineral es directamente proporcional a la cantidad de energía almacenada por él mismo. La cantidad de energía que se requiere y almacena varía de un metal a otro; es relativamente alta en metales como el magnesio, aluminio y hierro; y baja en metales como la plata y el oro; de ahí que la vulnerabilidad a la corrosión es más alta para el magnesio, aluminio y hierro, que para la plata y el oro [4]. El hierro es un buen ejemplo de este ciclo. La fuente más común de hierro es la hematita (óxido de hierro Fe_2O_3). El producto que resulta de la corrosión del hierro es un óxido; cuya composición química es la de la hematita. La energía que se requiere para convertir el óxido de hierro natural al hierro metálico, se revierte cuando el hierro se corroe para formar el la hematita. Lo único que cambia es la velocidad de la liberación de la energía. [4]

II.5 PASIVACIÓN DEL ACERO EN EL CONCRETO

Diagrama de Pourbaix. Se les llama así por su creador Marcel Pourbaix quien los desarrolló para mostrar las condiciones del pH del electrolito y el potencial electroquímico que es favorable para la corrosión de un metal. El estado de energía de un metal en una disolución electrolítica está influenciado por el pH. [1]

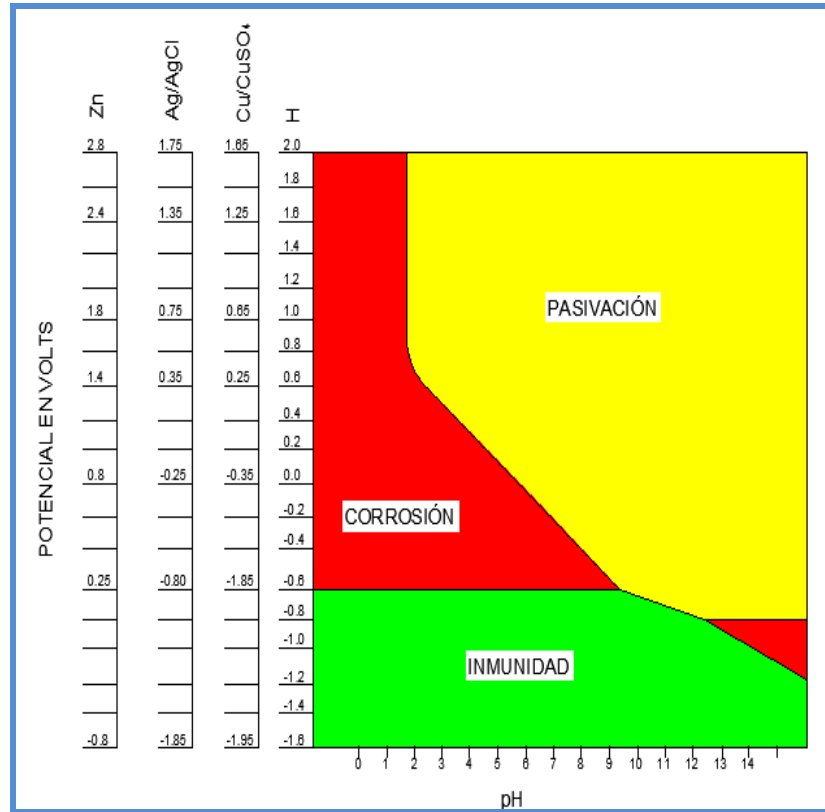
El diagrama de Pourbaix (**Figura II.3**) es un diagrama de equilibrio Potencial/pH, en el que el eje de la abscisas representan los valores de pH de la solución; y el eje de las

ordenadas valores del potencial del electrodo. Los dominios de estabilidad de las diferentes sustancias consideradas están limitados por las líneas que representan condiciones de equilibrio para los siguientes tipos de reacción. [5]

Los principales usos de estos diagramas son:

- Predecir si puede o no ocurrir la corrosión
- Estimar la composición de los productos de corrosión formados
- Predecir cambios ambientales que prevengan la corrosión.

Por lo tanto, los diagramas de Pourbaix establecen para cada metal las condiciones de pH y de potencial en las que el metal se corroe, se pasiva o permanece inmune. El estado definido como pasividad supone que el metal se cubre de una capa de óxidos, transparente, imperceptible y que actúa como barrera impidiendo la posterior oxidación. El metal posee la apariencia de mantenerse inalterado. En cambio el estado de inmunidad supone que el metal no se corroe al no darse las condiciones termodinámicas para ello. En este estado se sitúan los metales sometidos a protección catódica.

Figura **Figura II.3.** Diagrama de Pourbaix [5]

III. TIPOS DE CORROSIÓN.

En el concreto armado, las formas que puede adoptar la corrosión de la armadura son diversas. Fontana ha clasificado los diferentes tipos, formas de corrosión, de acuerdo a la apariencia física del ataque [6]. Según él, en el caso del acero embebido en concreto, los diferentes tipos de corrosión que puedan presentarse se muestran en la **Figura III.1.**

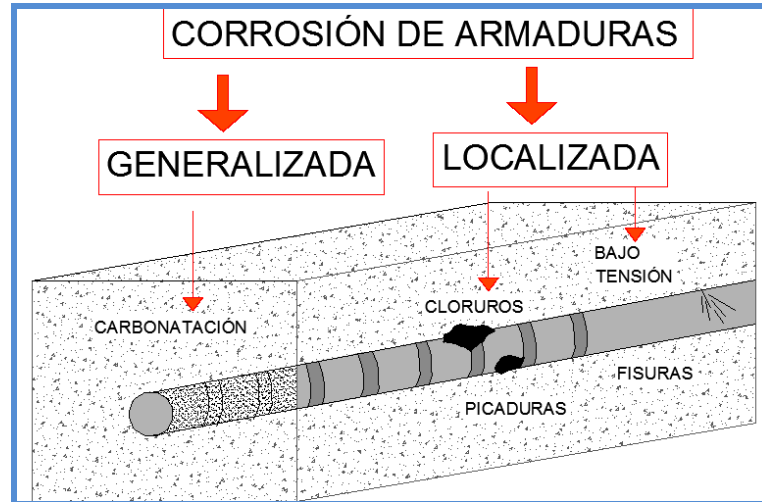


Figura III.1 Representación esquemática de la corrosión en armaduras [6]

III.1 CORROSIÓN LOCALIZADA.

III.1.1 CORROSIÓN POR PICADURAS.

La corrosión por picaduras se forma por la disolución localizada de la película pasiva. Típicamente resulta del ingreso de iones de cloruro al medio, bien sea por que provienen del medio exterior o por que fueron incorporados en la mezcla de concreto [3]. Esto ayuda a que se forme una celda de corrosión en la cual se encuentran una zona pasiva intacta, que actúa como cátodo, en esta área se reduce el oxígeno y otra zona en la que se ha perdido la película, que actúa como ánodo [5]. Los cloruros reaccionan con el óxido ferroso para formar una solución circundante que provee protección. Por lo tanto, si los iones de cloruro están presentes en la solución de poro del concreto, estos producirán la corrosión si entran en contacto con la barra refuerzo que contiene óxido ferroso. La **Figura III.2** muestra las diversas geometrías que pueden tener las picaduras. El efecto es conocido como corrosión por picadura. Este proceso de corrosión local se lleva a cabo en la última etapa, en el proceso de pasivación, la conversión de la película de óxido ferroso a óxido férrico, y seguirá cuando el contenido de cloruro sea más alto comparado con el contenido de iones hidróxido.

Las picaduras son auto catalíticas, ya que generan las condiciones necesarias y suficientes para su continuo crecimiento. [3]

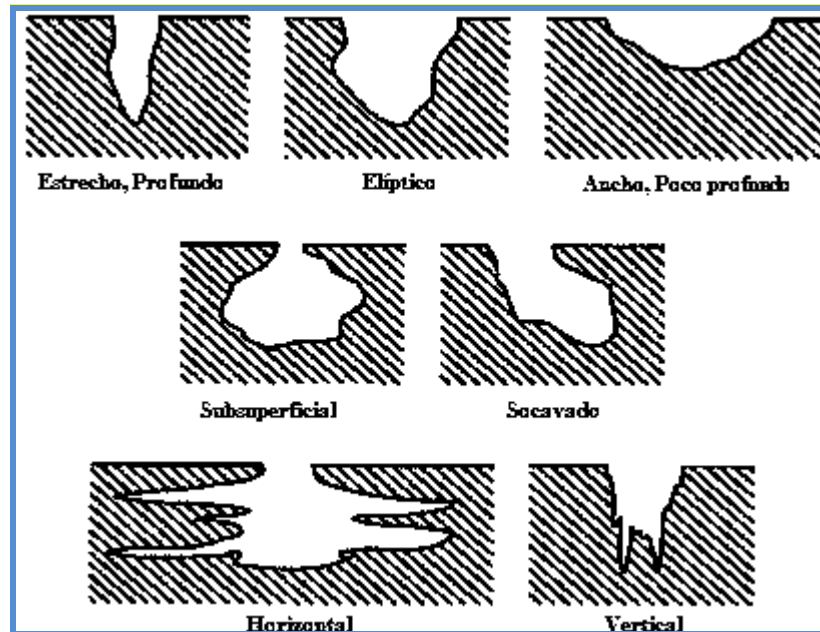


Figura III.2. Algunas Geometrías que pueden tomar las picaduras.

III.1.2 CORROSIÓN EN ESPACIOS CONFINADOS.

Ocurre cuando sobre la superficie del metal existe un espacio lo suficientemente resguardado que evita el acceso continuo de oxígeno a esa zona. Otro caso puede ser la corrosión del acero de refuerzo con revestimientos, como por el ejemplo en el caso de uso de epóxicos, cuando la adhesión entre éste y el acero se ha disminuido. Adicionalmente, si hay iones cloruro en el concreto, estos se pueden acumular en el espacio que se forma entre el recubrimiento y el acero. El pH dentro de ese espacio confinado disminuye y el proceso de corrosión se sigue agravando por un proceso auto catalítico, similar al de corrosión por picadura, todo lo cual origina una mayor pérdida de adherencia. El deterioro de la adherencia entre el acero y el recubrimiento se puede producir por daño mecánico, (durante el doblado de varillas) o por procesos electroquímicos que pudieran darse en el concreto aún antes que los iones cloruro los penetren. [7]

En la Figura III.3 se muestra una serie de eventos presupuestos para el progreso de la corrosión en armaduras cubiertas con epóxicos, sujetas a condiciones muy corrosivas.

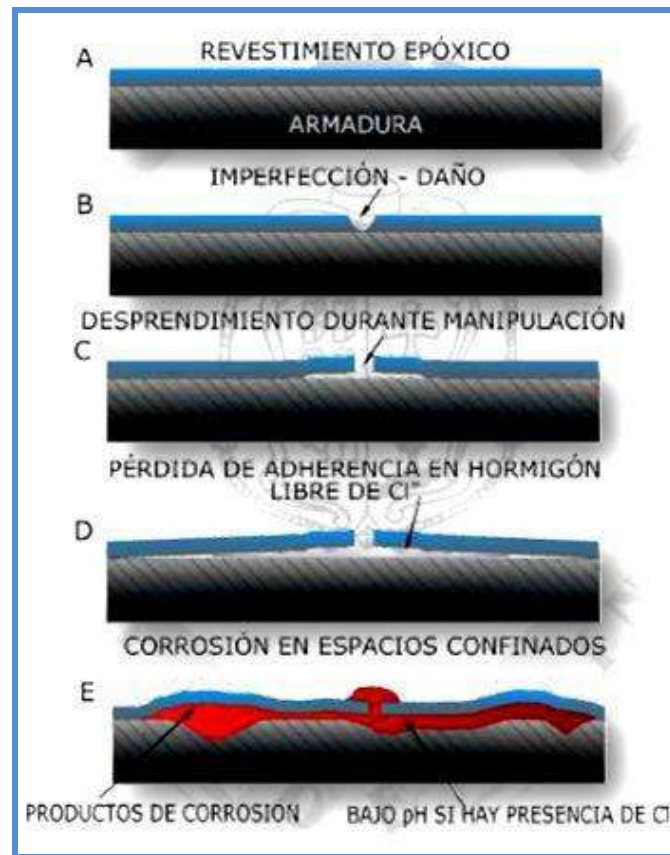


Figura III.3. Corrosión en armaduras recubiertas con epóxicos.

III.1.3 CORROSIÓN BAJO TENSION.

Este tipo de corrosión ocurre cuando se dan conjuntamente dos circunstancias: Los esfuerzos de tracción sobre el acero y un medio agresivo. Esto ocurre generalmente en acero pre o pos tensado, en donde se utiliza acero de alta resistencia debido a la presencia de hidrógeno atómico a través del metal. [3]

La corrosión bajo tensión es un fenómeno muy específico, generalmente asociado a una mala calidad del concreto (mal relleno de las vainas), o la presencia de determinados iones aportados por algunos aditivos.

En el caso de aceros pretensados la presencia de picaduras por corrosión causada por iones de cloruro, puede inducir a que el acero presente corrosión por tensiones. La única manera de confirmar la corrosión bajo tensión es mediante la observación microscópica en las superficies de fractura. [3]

III.1.4 CORROSIÓN POR CORRIENTE DE INTERFERENCIA.

Las corrientes de interferencia, llamadas también vagabundas, erráticas o de fuga (términos utilizados en algunos países), pueden ser definidas como las corrientes que fluyen por una estructura y que no forman parte del circuito o celda electroquímica específica. Para que ocurra esta corrosión debe existir un intercambio de corrientes entre una estructura metálica y un medio electrolítico. La corriente continua es la que tiene el efecto más pronunciado sobre la corrosión, ya que esta fluye continuamente en un solo sentido. Por el contrario la corriente alterna, que invierte su dirección alrededor de una centena de veces por segundo, puede causar un efecto mucho menos pronunciado. Es importante mencionar que si el acero se encuentra pasivado en un concreto no contaminado por cloruros, esta corriente de interferencia no producirá la corrosión del refuerzo, ya que lo podría mantener pasivo o llevar a la zona de inmunidad; por el contrario si el concreto contiene cloruros, la corrosión del refuerzo se vería acelerada drásticamente por el efecto de estas corrientes [3].

Las fuentes más comunes de este tipo de corrientes son: sistemas de protección catódica operando en las cercanías de estructuras de concreto armado, especialmente en medios de muy alta resistividad, sistemas con potencias eléctrica, como los trenes eléctricos, máquinas de soldar, donde la estructura conectada a tierra se encuentran a cierta distancia de los electrodos de soldar, corrientes telúricas (asociada a la actividad solar y al campo magnético de la tierra). [3]

III.2 CORROSIÓN GENERALIZADA/ UNIFORME.

La corrosión uniforme es el resultado de una pérdida generalizada de la película pasiva, resultante de la carbonatación del concreto y/o la presencia de excesiva cantidad de iones cloruro.

Puede ocurrir por efecto de la lixiviación del concreto producida por la percolación y/o lavado por aguas puras o ligeramente ácidas.

La **Figura III.4** muestra un ejemplo específico, donde se puede observar el mecanismo mediante el cual ocurre corrosión por efecto de la carbonatación. [3]

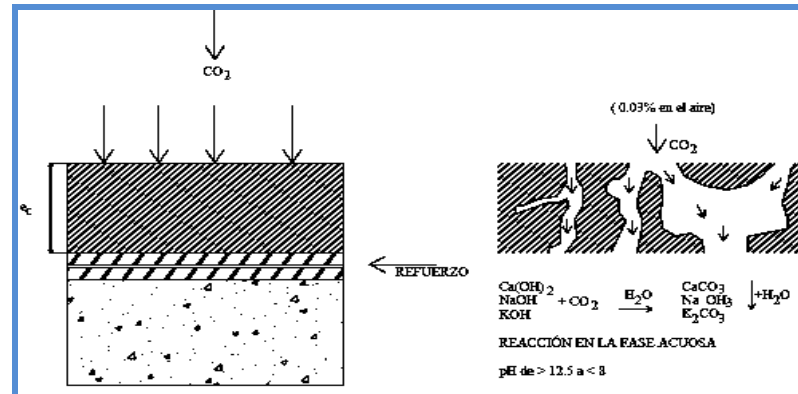


Figura III.4 Mecanismo de carbonatación en concreto reforzado.

III.3 CORROSIÓN GALVÁNICA.

Ocurre cuando dos diferentes metales se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la actuación de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con más actividad será el ánodo. Esta zona actuará como un ánodo frente al resto del material, donde permanece la pasivación, el cual actuará como cátodo. Otra forma en la que se podría dar este proceso es cuando el refuerzo se encuentra en contacto con otros conductores más nobles. Se puede decir que en general, esto se asocia al funcionamiento de una macro celda. Como ejemplo se puede decir que un caso típico es cuando las armaduras exteriores se corroen cuando los cloruros ingresan en ellas, mientras que las armaduras interiores permanecen pasivas.

En el caso del acero de refuerzo en concreto, la corrosión galvánica se dará cada vez que en alguna zona se dañe o no se forme la película pasiva característica. [3]

IV. FACTORES QUE AFECTAN Y DESENCADENAN LA CORROSIÓN DEL ACERO DE REFUERZO.

Se denomina así a aquel conjunto de circunstancias que induce la despasivación del acero en el concreto. La corrosión sólo se provoca si el pH baja hasta los valores ácidos (<8), como es el caso de las fisuras, que supongan la ausencia de contacto entre el acero y el concreto.

Existen varios factores que afectan, desencadenan o producen ambos efectos en el proceso de corrosión de las armaduras. De tal manera que la dosificación, la compactación y la homogeneidad del concreto, así como el espesor del recubrimiento del concreto, el estado superficial del refuerzo y la humedad ambiental son los factores que afectan este proceso. Los factores desencadenantes que más frecuencia dan lugar a la corrosión de la armadura son:

- Altas tensiones mecánicas en el acero
- Corrientes de interferencia
- Contacto galvánico entre dos metales
- Iones despasivantes
- Dióxido de carbono atmosférico
- Lixiviación por aguas blandas
- Fisuras [6]

IV.1 DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO.

El concreto debe ser sólido, homogéneo, compacto, resistente y con poca porosidad, que garantice, además de sus significativas prestaciones mecánicas, la protección de la armadura de acero de la estructura a las acciones agresivas de los agentes externos.

La dosificación del concreto es un factor que influye de forma significativa en su comportamiento futuro como elemento protector del acero de refuerzo.

El concreto que envuelva las barras de acero de una armadura debe cumplir una doble función protectora:

- Como barrera física que se opone a la penetración de los agentes agresivos externos.
- Creando una capa pasivante sobre el acero- en virtud de su alcalinidad- que lo mantiene protegido durante un tiempo indefinido.

Los concretos con relaciones A/C mayores de 0.5 alcanzan porosidades que permiten el ingreso de gases ambientales que reaccionan contra la matriz de concreto hidráulico, degradándola o carbonatándola; la matriz tiene la doble función de soportar esfuerzos simples de compresión, también es una barrera que proteger al acero de refuerzo, si cambia su pH, los iones penetran hasta el acero acelerando su oxidación.

En el diseño de las mezclas de concreto hay que tener en cuenta los siguientes factores que garantizan su máxima compacidad y por tanto, su durabilidad. [8]

- La forma de proporcionar los áridos componentes de la mezcla, que garantice el menor volumen de vacíos que será ocupado por la pasta de cemento endurecida.
- La influencia que ejerce la cantidad de agua de la mezcla en la consistencia del concreto en estado de trabajabilidad ó revenimiento.
- La influencia de la relación A/C, la cual podrá ser mejorada substancialmente con el uso de aditivos químicos. (fluidificantes, reductores de agua).
- La influencia del grado de hidratación del cemento en la cantidad de poros del concreto endurecido.

- La influencia de la “características” de los áridos que se empleen en la calidad final del concreto.
- La acción positiva de ciertas adiciones activas al cemento (puzolanas, humo de sílice y cenizas volcánicas).

IV.2 COMPACIDAD Y HOMOGENEIDAD

La compacidad del concreto es la propiedad más importante de su resistencia a la penetración de los agentes agresivos externos.

La compacidad del concreto, es la cantidad de materia sólida contenida en una unidad cúbica, o sea la relación entre el volumen aparente, total. Esta se mide como la relación entre la suma de los volúmenes absolutos de materia sólidas (grava, arena y paste de cemento endurecida).

La compacidad es función, de la cantidad y calidad de los materiales, la compacidad puede afectarse por un mal mezclado y un mal transporte, esto afecta la homogeneidad del concreto; la segregación puede producirse por un procedimiento deficiente en la colocación del concreto y/o inadecuado proceso de compactación.

Las mezclas con relación A/C (<0.4) son usadas en ambientes agresivos por la alta protección brindada a la armadura. Un curado deficiente impide la hidratación del cemento. En la superficie del concreto se manifestará un incremento de la porosidad, por lo tanto hay disminución de la resistencia a la agresividad ambiental.

La homogeneidad del concreto es la cualidad por lo cual los componentes del mismo aparecen igualmente distribuidos en toda su masa, de manera tal que dos muestras tomadas de distintos lugares de la estructura fabricada con el mismo concreto, resulten prácticamente iguales. El concreto, por su origen es un material heterogéneo pero se puede lograr su homogeneidad.

Un concreto que tenga una adecuada compacidad y homogeneidad garantizaría la protección de la armadura. [3]

IV.3 ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

La protección que confiere el concreto, que recubre las barras de acero de una estructura de concreto armado o pretensado, dependerá del grado de impermeabilidad, la cual estará dada por su compacidad y homogeneidad de esa zona.

En muchos casos, esta masa de concreto no cumple, porque suele ser menos compacta y más porosa. Este defecto puede producirse por varias causas, siendo las más importantes una mala compactación del concreto.

Estructuralmente es recomendable que el espesor de recubrimiento sea el mínimo indispensable, ya que por ser una zona desprovista de armadura, pudiera verse afectada por fisuración, si el elemento está sometido a esfuerzos de tracción. Las normas recomiendan que en ambientes agresivos debe utilizarse una mezcla de calidad con alto contenido de cemento y baja relación de A/C, garantizado así que espesor de 2 a 3 pulgadas (5.0 – 7.0 cm) permitan una alta durabilidad de la estructura. [6]

IV.4 HUMEDAD AMBIENTAL.

La presencia de agua es imprescindible para la corrosión, pues interviene en el proceso catódico de reducción del oxígeno:



El agua es necesaria para la movilidad de los iones a través del electrólito. En el concreto seco, la resistividad eléctrica es tan elevada que impide que la corrosión se produzca aún en ausencia de la capa pasivante sobre el acero. Una cierta cantidad mínima de humedad en los poros del concreto permitirá los procesos corrosivos. A mayor contenido de humedad en los poros de concreto, menor es resistividad eléctrica y más elevadas serán las velocidades de corrosión. [3]

En la mayoría de los concretos, a partir de 3-4 cm del medio exterior, los poros siempre se encuentran saturados o casi saturados de humedad. Concretos muy porosos permitirán una respiración más profunda que concretos más densos, cuya piel solo respirará en los 1-2 cm más externos.

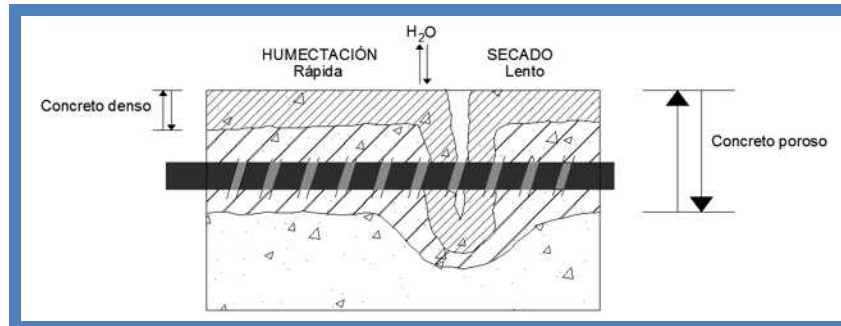


Figura IV.1 Influencia de la Humedad Relativa sobre la capacidad de respiración del concreto [3]

IV.5 EFECTO DEL OXÍGENO.

No es posible que el proceso de corrosión se desarrolle sin que llegue una mínima cantidad de oxígeno hasta las armaduras, es decir, es necesaria una cierta aireación de la misma. El acceso o flujo de oxígeno es el factor determinante de la velocidad de corrosión. El espesor del recubrimiento influye en el acceso de oxígeno, para medir la permeabilidad del concreto al oxígeno, al aire o a los gases. [3]

Si el flujo de oxígeno fuera determinante de la velocidad de corrosión, sin duda ésta debería ser mayor en un concreto seco (**Figura IV.2.A**). [3]

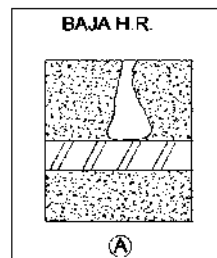


Figura IV.2.A Efecto del Contenido de Humedad en los poros del concreto, en la corrosión de 1a armadura.

La velocidad de corrosión es máxima cuando los poros tienen suficiente agua, sin llegar a saturarse (Figura IV.2.B.) [3]

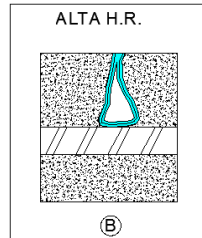


Figura IV.2.B Efecto del Contenido de Humedad en los poros del concreto, en la corrosión de la armadura.

Cuando el concreto tiene los poros completamente saturados de agua, el oxígeno se tiene que disolver en ella antes de alcanzar las cercanías de la armadura (Figura IV.2.C.). [3]

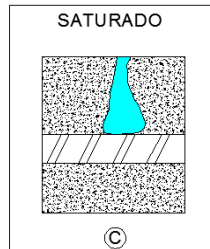


Figura IV.2.C Efecto del Contenido de Humedad en los poros del concreto, en la corrosión de la armadura.

Cuando el concreto es denso y el ambiente exterior contiene niveles medios de humedad, los poros están completamente saturados de agua |a partir de los 3 – 4 cm del exterior. Si existen armaduras más interiores, su velocidad de corrosión estará limitada, pero si están más cerca de la superficie, la velocidad de corrosión puede ser muy elevada.

IV.6 EFECTO DE LA TEMPERATURA.

La temperatura juega un doble papel en los procesos de deterioro. Su incremento promociona la movilidad de las moléculas facilitando el transporte de sustancias; [10] por otro lado, su disminución puede dar lugar a condensaciones que producen incrementos locales de contenido de humedad del material. Existe un efecto opuesto entre humedad y temperatura, ya que al aumentar la temperatura se evapora la humedad y si disminuye la temperatura, condensa agua líquida en los capilares.

Estos tres factores ambientales (humedad, oxígeno y temperatura) tienen efectos contrapuestos y que, por tanto, no es fácil predecir la evolución del proceso de corrosión del acero a partir de uno solo. [10]

IV.7 TENSIONES MECÁNICAS DEL ACERO.

Los aceros pre- y pos – tensados son de composición eutectoide (alrededor del 0.8 % de carbono) y suelen estar sometidos a tensiones entre el 60% y el 80% de su límite plástico.

En el concreto donde la carbonatación alcance los alambres tensados, existe el riesgo de una corrosión bajo tensión. Este tipo de corrosión se caracteriza por incubar grietas no visibles al ojo humano. El alambre se rompe de forma frágil.

No todos los concretos pre- o pos- tensados que se deterioran lo hacen mediante este mecanismo que es relativamente inusual; la mayoría de las fallas se deben a una corrosión simple por cloruros o por carbonatación. [3]

IV.8 CORRIENTES ERRÁTICAS O DE INTERFERENCIA.

Son aquellas que, por diversas causas, abandonan sus circuitos naturales para circular por el medio en el que se encuentran los conductores, siguiendo así caminos no previstos. En el caso de estructuras de concreto armado se ha demostrado que este efecto es importante para acelerar un proceso de corrosión ya iniciado por otros factores, como concretos ya contaminados por iones cloruros o carbonatos.

Este efecto en estructuras enterradas o sumergidas es potencialmente factible para que existan corrientes capaces de acelerar la corrosión de las armaduras. [3]

IV.9 IONES DESPASIVANTES.

Son los cloruros los que más afectan directamente la pasivación del refuerzo. Los iones sulfato intervienen en la degradación del concreto, esto puede permitir que la armadura se exponga al medio, produciéndose así la corrosión. [3]

IV.9.I CLORUROS.

Provocan una disolución localizada en la capa pasiva, dando lugar a ataques puntuales (picaduras) que pueden reducir drásticamente la sección de trabajo del acero, en tiempos cortos.

Los cloruros pueden encontrarse en la masa del concreto por dos causas:

1. Porque los contengan las materias primas (aditivos, agua, cemento, áridos).
2. Porque penetren desde el exterior al estar situada la estructura en ambientes marinos o estar sometida a la acción de sales de deshielo.

La corrosión del acero de refuerzo existente dentro del concreto se origina por la presencia exclusiva de oxígeno y humedad en las proximidades de las barras, pero la existencia de cloruros libres en el medio que las rodea es un desencadenante del proceso.

En el agua del mar, en su estado normal, se puede encontrar un amplio rango de concentraciones de sales disueltas, aunque siempre con una proporción constante de un constituyente a otro; las concentraciones son más bajas en las zonas frías o templadas que en las cálidas y resultan especialmente altas zonas de aguas bajas con tasas excesivas de evaporación diurna. Debido a su alto contenido de cloruros, el agua de mar representa un elemento ofensivo para el concreto y el acero de refuerzo pues propicia y acelera una vez que se ha iniciado el fenómeno de la corrosión. En las franjas costeras, la brisa marina acarrea [3].

Importantes contenidos de humedad que, naturalmente, lleva en sí cloruros; de esta manera, estructuras que no están en contacto directo con el mar, sufren igualmente sus embates. Provocan una disolución localizada en la capa pasiva, dando lugar a ataques puntuales (picaduras) que pueden reducir drásticamente la sección de trabajo del acero, en tiempos cortos. [11]

En el caso de los cloruros que pudieran ser adicionados durante el amasado del concreto, los códigos de fabricación y de cálculo de estructuras de concreto de todos los países limitan su contenido en proporciones variables. En general los límites que se aceptan son distintos en varios países, tal como en Europa y en muchos otros países latinoamericanos se admite para concreto reforzado 0.4% en base al contenido de cemento y para pretensado 0.2% en la misma base. **Tabla IV.1** [3]

PAÍS	NORMA	LÍMITE MÁX DE Cl ⁻	REFERIDO A:
USA	ACI 318	≤ a 0.15% en ambiente de Cl	CEMENTO
USA	ACI 318	≤ a 0.30% en ambiente normal	CEMENTO
USA	ACI 318	≤ a 1.00% en ambiente seco	CEMENTO
INGLATERRA	CP-110	≤ a 0.35% al menos en un 95%	CEMENTO
AUSTRALIA	AS 3600	≤ al 0.22%	CEMENTO
NORUEGA	NS 3474	≤ al 0.60%	CEMENTO
ESPAÑA	EH 91	≤ al 0.40%	CEMENTO
EUROPA	EUROCÓDIGO 2	≤ al 0.22%	CEMENTO
JAPÓN	JSCE-SP 2	≤ al 0.60 kg/m ³	CONCRETO
BRASIL	NBR 6118	≤ al 0.05%	AGUA

Tabla IV.1 Valor crítico de cloruros en concreto reforzado. [3]

IV.9.2 SULFATOS.

El ion sulfato (SO₄⁻²) puede estar presente en las aguas residuales industriales en forma de solución diluida de ácido sulfúrico. En las aguas del subsuelo, pocas veces aparece el sulfato en forma iónica, siendo mucho más frecuentes sus sales, es decir, los sulfatos. El contenido de sulfatos, por tanto, será expresado como concentración del anión

SO_4^{-2} en mg/l. Antes se acostumbraba enjuiciar el riesgo de degradación basándose en el contenido de SO_3^{-2} de los terrenos o de las aguas [6]. El ion sulfato forma sales. Los sulfatos perjudiciales para el concreto se encuentran preferentemente en los terrenos arcillosos o en capas freáticas. De estas sales las más importantes son las siguientes: los sulfatos más peligrosos para el cemento Portland son los amónicos, cálcicos, magnésicos y sódicos; los sulfatos potásico, cúprico y alumínico son menos peligrosos, mientras que los sulfatos báricos y el de plomo son insolubles y, por lo tanto, inofensivos para el concreto [6]. La presencia de sulfatos en agua que está en contacto con una pasta endurecida de cemento, puede incrementar considerablemente la solubilidad de los componentes de dicha pasta y causar, por una parte el desarrollo de la degradación del concreto por lixiviación. De otro lado, la presencia de sulfatos puede ocasionar una reacción de cambio de base, en el curso de la cual el catión del sulfato será sustituido por Ca^{+2} , originándose la degradación del concreto por reacción de cambio iónico. En ciertas circunstancias puede ocurrir, sin embargo, que la presencia de los sulfatos de lugar a una degradación por expansión debido a la formación de otros componentes estables en la masa endurecida del cemento [6].

Una de las causas de la nocividad de los sulfatos es el yeso que se forma al reaccionar el anión sulfato del agua con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ liberado por el cemento, el cual se deposita en los poros del concreto en donde se cristaliza con absorción de dos moléculas de agua. Este proceso de reacción química y cristalización, que es acompañado de un incremento de volumen, ejerce una acción expansiva en los poros del concreto (especialmente en los de las capas superficiales) y termina por lograr su desmoronamiento. Este aumento de volumen es del 17.7%. Si existen además iones Mg^{++} , la formación de hidróxido magnésico produce un aumento de volumen del 19.6% aproximadamente [6]. La degradación producida por los sulfatos es causada en su mayor parte por el contenido de aluminato tricálcico del cemento (C_3A). El C_3A reacciona con el yeso formado por el ion sulfato y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, o con el yeso contenido en el agua selenitosa original, formándose un sulfo-aluminato cálcico hidratado de gran complejidad y poco soluble. Este compuesto cristaliza absorbiendo 31 moléculas de agua y creando fuertes presiones internas, a causa de

su fuerte aumento de volumen. Dicha sal compleja es llamada de Michaelis-Candlot-Deval, existente en la naturaleza y es llamada etringita. Los cristales aciculares (bacilos del cemento) formados con absorción de agua de cristalización aumentan de volumen, de tal forma que el concreto se desmorona debido a la fuerte expansión desarrollada [6].

IV.9.3 CARBONATACIÓN.

La carbonatación es un fenómeno natural que ocurre todos los días en miles de estructuras de concreto en todo el mundo. Es un proceso que ha sido investigado y documentado perfectamente [12]. En el concreto reforzado, este proceso químico aparentemente inocuo, avanza lenta y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto y asalta al acero de refuerzo causando la corrosión. Aunque la carbonatación es una causa de la corrosión menos importante que los cloruros, no por ello es menos seria en términos del daño que provoca y del dinero que cuesta remediar sus efectos.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutro y como ya se mencionó, el concreto, con su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en ambiente altamente alcalino. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en ambiente altamente alcalino. [11]

Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del acero de refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable. A este nivel de pH (por debajo 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente que el agrietamiento permita el paso de los agentes agresivos para iniciar la Figura IV.3.

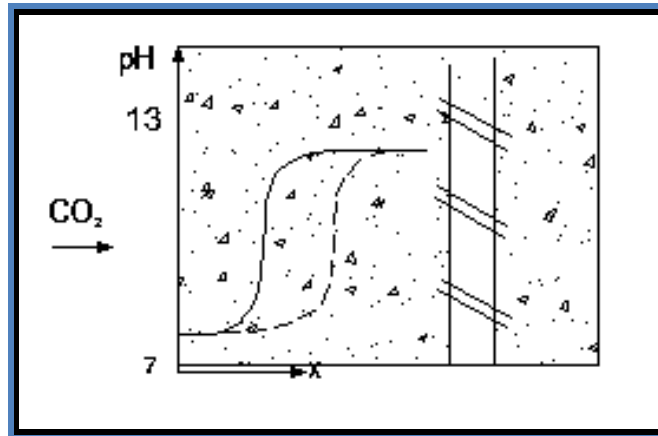


Figura IV.3 Variación del pH en el concreto debido a la Carbonatación. [3]

La porosidad en el concreto es también un parámetro muy importante, ya que los poros capilares de menor tamaño están generalmente siempre saturados de humedad y por tanto inaccesibles a la carbonatación y esto significa que el concreto con poros de mayor tamaño se carbonata a gran velocidad. [3]

Es muy importante identificar la presencia de la carbonatación cuando también hay cloruros en el concreto. El concreto nuevo tiene un pH de 12 a 13, se requiere aproximadamente de 7,000 a 8,000 partes por millón (ppm) de cloruros para comenzar la corrosión del acero embebido. Sin embargo, si el pH baja a un rango de 10 a 11, el umbral de cloruro para la corrosión es significativamente menor a 100 ppm o menos. Por esta razón, una investigación de la condición para la mayoría de las estructuras de concreto en proceso de corrosión debe siempre incluir un análisis de la profundidad de carbonatación. [11]

Una vez carbonatado el concreto a la altura de las armaduras, si la humedad ambiental es más baja que 80%, la despasivación no dará lugar a velocidades de corrosión apreciables. Sólo si la humedad es mayor al 80% (exteriores con temperaturas variables entre el día y la noche o a lo largo del año) se pueden alcanzar contenidos de humedad que den lugar a velocidades de corrosión apreciables.

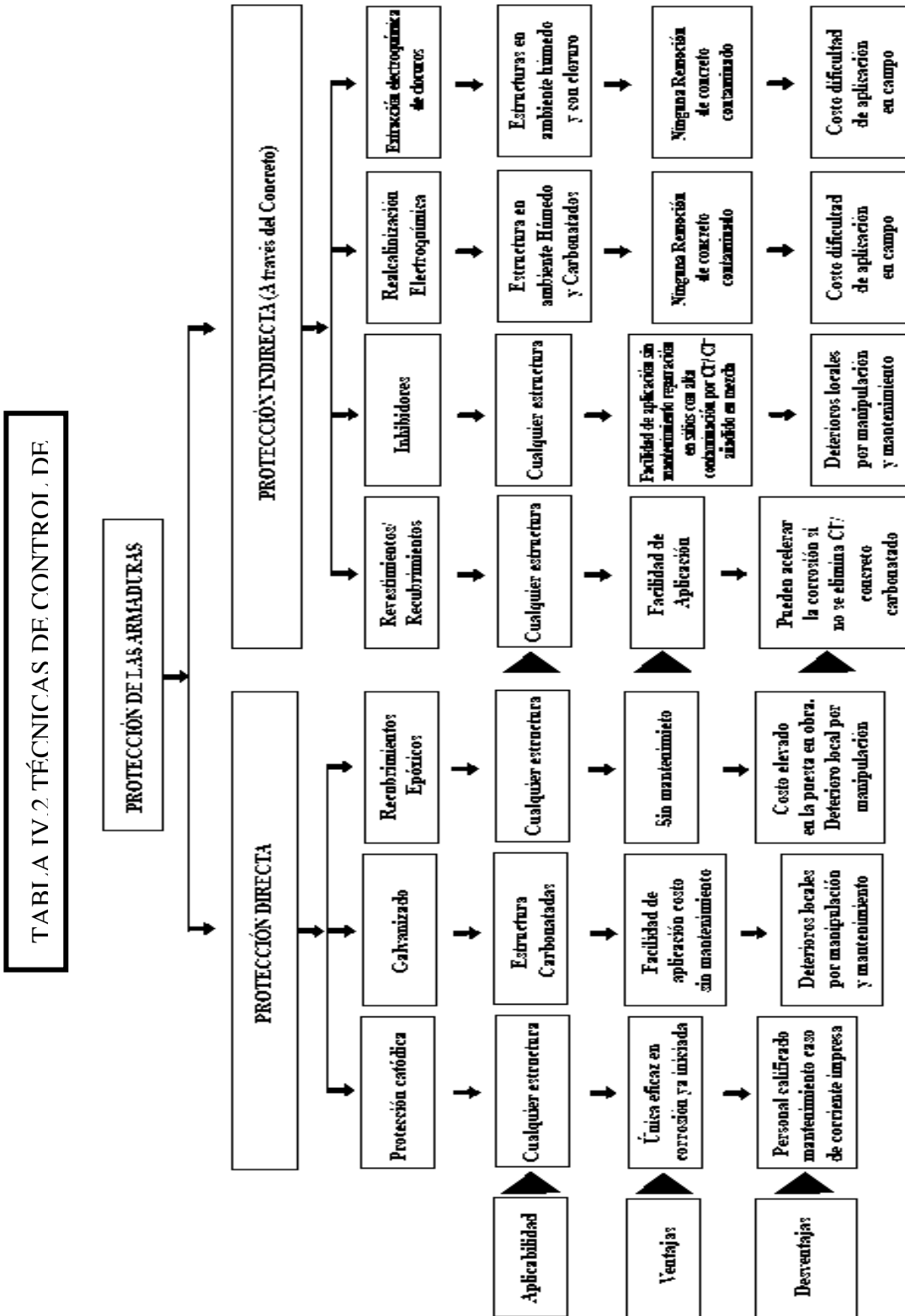
En general las velocidades de corrosión serán mucho menores que en el caso de los cloruros. Todo ello hace de la carbonatación un fenómeno mucho menos peligroso que la corrosión por cloruros. [3]

IV.10 MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN.

Los métodos de protección y control corrosión se basan en eliminar alguno de los cuatro elementos que conforman la celda de corrosión (ánodo, cátodo, conductor iónico, conductor electrónico). Diversos métodos se han utilizado para proteger al concreto de la corrosión, comenzando por la calidad de los constituyentes de la mezcla (controlando propiedades físico- químico). Indirectamente, se puede minimizar la corrosión con pinturas, revestimientos del acero y recubrimientos sobre el concreto, con protección catódica, agregando inhibidores de corrosión, removiendo los iones cloruros y realcalinizando el concreto. Estos dos últimos métodos se encuentran en período de investigación.

En estructuras nuevas, el uso de un buen concreto sería la mejor solución, ya que no existe mejor protección del refuerzo de acero que la película pasivamente formada por la hidratación del cemento.

En estructuras existentes, el control de corrosión dependerá del diagnóstico de la patología determinada. Sin embargo es importante indicar que aun con todas las investigaciones realizadas sobre el particular todavía existe incertidumbre al respecto, como se muestra en la **Tabla IV.2** [3]



V.- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.

El conocimiento de las diferentes manifestaciones apreciables a simple vista, ó no, originadas como resultado de los fenómenos corrosivos, es fundamental para su detección y para la elaboración del diagnóstico de las fallas. Por ello, la inspección de las estructura existentes de concreto reforzado, constituye una etapa muy importante en la evaluación y posterior diseño de la reparación de las estructuras dañadas por corrosión, ya que a través de esta inspección se obtiene directa ó indirectamente la información requerida para la solución del problema [13]. Los procedimientos relacionados con la inspección de una estructura de concreto armado desde el punto de vista de corrosión pueden implicar una labor bastante sencilla en algunos casos o, por el contrario, una muy difícil y ardua en otros, esto según la complejidad de los problemas, de la magnitud de la estructura y de la naturaleza de la misma. Antes de abordar una inspección, debe conformarse un equipo multidisciplinario de trabajo con al menos un especialista en corrosión, uno en diseño estructural y uno en técnicas constructivas [13]. En términos generales, las inspecciones en obra de las estructuras existentes de concreto reforzado, deberán contener las siguientes etapas:

- a) Ficha de Antecedentes de la estructura y del medio ambiente
- b) Examen visual general de la estructura.
- c) Levantamiento de daños.
- d) Selección de zonas para examen visual detallado y Elaboración de Plan de Muestreo.
- e) Selección de las técnicas de ensayo, medición y análisis más apropiadas.
- f) Selección de zonas para la realización de ensayos, mediciones y análisis físico-químicos en el concreto, acero de refuerzo y en el medio ambiente circundante.

- g) Ejecución de mediciones, ensayos y análisis físico-químicos en el concreto y/o en el acero de refuerzo [13].

Posteriormente se recopilarán todos los datos de la inspección aplicada, para poder realizar la evaluación de la durabilidad de la estructura así como diseñar los programas de mantenimiento ó reparación que la estructura necesite. Esta secuencia de etapas presentada, no significa que todas las actividades deben ser necesariamente llevadas a cabo, de acuerdo al tipo y magnitud de la información que se desee obtener se puede hablar de una Inspección Preliminar y de una Inspección Detallada [13].

Así, los puntos señalados como a) y b) en las etapas marcadas con anterioridad, constituyen pasos obligados en la Inspección Preliminar, las actividades de c) a f) sólo se aplicarán si se decide que es necesaria una inspección pormenorizada o puntual dentro de esta inspección para la elaboración del diagnóstico y/o con miras a una posterior reparación de la estructura [13].

En una Inspección Detallada, se llevarán a cabo los ensayos c) a f) que son las mediciones requeridas para obtener datos necesarios en naturaleza, número y confiabilidad, dependiendo de los resultados con que concluya la Inspección Preliminar, que permitan una evaluación acertada del problema y eventualmente, definir los sistemas de intervención (pronóstico de vida residual, mantenimiento, reparaciones, rehabilitación, etc.). Concluyendo posteriormente con la evaluación de la durabilidad de las estructura de concreto reforzado [13].

V.1.- INSPECCIÓN PRELIMINAR.

Esta inspección permitirá tener una idea general del contexto que rodea a la estructura con problemas; puede estar sustentada en una visita previa y, de la necesidad de un análisis más profundo para la elaboración del diagnóstico correspondiente lo cual dependerá principalmente, de la complejidad del problema, riesgos involucrados y de la experiencia de la persona responsable de la evaluación. Como ya se ha indicado, con base en la información obtenida mediante esta etapa, es posible ya determinar la naturaleza y el

origen del problema, o bien constituir sólo la etapa previa a un estudio más detallado [13].

ELABORACIÓN DE UNA FICHA DE ANTECEDENTES DE LA ESTRUCTURA Y DEL MEDIO.

a. Estructura: Recoger la mayor información posible referente a la edad o tiempo en servicio, naturaleza y procedencia de los materiales del concreto, dosificación y resistencia característica del concreto, tecnología de fabricación del concreto, edad de inicio de los problemas, diagnósticos y/o reparaciones anteriores, niveles de tensiones de trabajo de los elementos o componentes estructurales, eventuales cambio de uso, etc. [13].

b. Medio: Información que permita caracterizar su agresividad. Es fundamental señalar la forma de interacción entre el medio y la estructura afectada; en este sentido, posteriormente corresponderá al criterio y experiencia del evaluador el determinar y calificar la intensidad de dicha interacción de acuerdo a sus efectos, por ejemplo: tipo de atmósfera, tipo de aguas, naturaleza del terreno ó suelo, presencia de corrientes de interferencia, presencia de agentes químicos, entre los más importantes [13].

Examen Visual General de la Estructura.

Este proceso debe permitir determinar si el problema se presenta por igual en todos los elementos de las mismas características, o si existen diferencias por causas locales (puntuales) [13].

Para ello, debe realizarse un examen diferenciado por elementos, registrando los signos aparentes de corrosión (manchas de óxido: color, extensión y curso; fisuras: ubicación, dirección y dimensiones; zonas de desprendimiento del recubrimiento de concreto con/sin exposición de la acero de refuerzo), degradación del concreto, así como cualquier otra seña particular que pudiera constituir un indicativo de algún agente externo. Es importante elaborar un registro fotográfico amplio que acompañe las observaciones generales del puente como de las zonas de difícil acceso en donde no es posible una observación directa o sencilla. Tal como se señaló antes, si el problema no es complejo y

los evaluadores son experimentados, puede ser suficiente la información hasta aquí obtenida para dictaminar la(s) causa(s) y elaborar el pre-diagnóstico. Se procederá entonces a la elaboración de croquis/planos con el levantamiento de daños, para proceder a la evaluación de la estructura [13]. En otros casos puede requerirse la realización de un mínimo de ensayos y/o mediciones ejecutables en campo durante la Inspección Preliminar, estos serán complementarios a la información básica obtenida, para llegar al diagnóstico final [13]. La ejecución de estos ensayos y mediciones requiere del uso de herramientas, equipos, materiales y reactivos; por lo tanto, es recomendable prever su utilización durante una inspección preliminar. Los métodos aplicables y los respectivos criterios de evaluación son tratados en el capítulo siguiente. Finalmente, en algunos casos, los evaluadores pueden decidir que es imprescindible llevar a cabo una inspección detallada de la estructura y que la realización de los ensayos y mediciones, tengan lugar sólo en esa inspección [13].

Tabla V.1 Inspección Preliminar, Clasificación visual simplificada de daños [6].

LEYENDAS	CODIGO	DAÑO	DESCRIPCIÓN	CAUSAS	RAZONES QUE DEBEN SER DADOS POR LA INSPECCIÓN
	A1	Grietas o Fisuras	Fisura del concreto, superficie o profundo	Sobrecargas, contracción	Dirección, ancho, longitud y profundidad
	A2	Red de Grietas	Grietas estrechas y cortas formando una red	Cambio diferencial de volumen de concreto superficial e interno	Ancho de grietas, tamaño de red y superficie afectada
	B1	Gel de Exudación	Gel viscoso saliendo a través de los poros del concreto	Reacción álcali-agregado	Superficie afectada, cantidad de depósito.
	B2	Eflorescencia	Costra blanca en la superficie del concreto	Lixiviación de hidróxidos o sin formación de carbonatos	Superficie afectada, cantidad de depósito.
	B3	Manchas de óxido	Manchas de marrón-rojiza	Corrosión de la armadura, del alambre de amarre	Localización, intensidad, posible daño asociado.
	B4	Manchas de Humedad	Zona superficial del concreto con indicios de humedad	Escurecimiento externo o interno, condensación	Superficie afectada.
	C1	Protuberancia ("Pop-Out")	Daño localizado superficial	Desarrollo de una presión interna local o expansión de partículas de agregado	Localización, profundidad.
	C2	Concreto fofo	Sonido hueco al golpe del martillo	Corrosión del acero de refuerzo, o cangrejeras.	Superficie afectada, grietas asociadas.
	C3	Delaminación	Fragmento de concreto separado de la masa	Presión interna por corrosión de la armadura, o por una fuerza externa aplicada	Superficie afectada, profundidad
	C4	Intemperismo	Desgaste de la superficie del concreto, lavado de la pasta de cemento	Acción del medio ambiente que produce desgaste en la superficie.	Superficie afectada, profundidad
	D2	Nidos de Abeja (cangrejeras)	Vacios entre los agregados gruesos.	Falta de homogeneidad durante el vaciado del concreto	Superficie afectada, profundidad, intensidad
	E1	Junta de construcción	Demarcación en la superficie del concreto, porosa o no.	Junta entre dos colados	Localización y posible daño asociado
	E2	Junta de dilatación	línea formada por la unión de dos planos de concreto	Espacio dejado para pequeños movimientos rotatorios.	Abertura, obstrucción y cualquiera asociado a su deterioro

V.1.1 INSPECCIÓN VISUAL DEL PUENTE “EL CAYACO”.



Panorámica Puente “El Cayaco” ubicado en el Municipio de Lázaro Cárdenas, estado de Michoacán [14]. Rosa de Vientos Dominantes [15].

Descripción.

El puente “El Cayaco” es uno de los 482 puentes que existen en el Estado de Michoacán [16]. Se localiza en una atmósfera costera muy cercano a la bahía el Paraíso, municipio de Lázaro Cárdenas, Michoacán; cuenta con una estructura de concreto a base de losa -viga-Gerber, este puente forma parte de la carretera Playa Azul – Manzanillo con una antigüedad de 36 años[1], tiene un régimen de Vientos dominantes provenientes del Océano Pacífico con Dirección NW con 35% [15], y una Precipitación Promedio Anual de 1,065 mm [15], se puede observar mejor en las Tablas V.2, V.3 y V.4.

TABLA V.2 DATOS METEOROLÓGICOS [15].

NOMBRE DEL PUENTE	EL CAYACO
M.S.N.M.	16
UBICACIÓN	N 18° 01' 25.4" W 102° 30' 35.2"
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	1065
VIENTOS DOMINANTES	NW 35%
ATMÓSFERA	COSTERA
SUELO	NATURAL
TEMPERATURA ANUAL (°C)	MÍN 15 MAX 39
HUMEDAD AMBIENTAL	>70%

TABLA V.3 DE CALIDAD DEL AGUA [15].

CALIDAD DEL AGUA	
CLORUROS	14,393.30 ppm
SULFATOS	2,479.16 ppm
pH	7.641
TEMPERATURA	>20 °C
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	51.35 Ohm-cm
SALINIDAD	29.92 g/ml
DENSIDAD	1019.20 kg/m ³

TABLA V.4 DESCRIPCIÓN DE LA SCT PARA EL PUENTE "EL CAYACO"

CLAVE WINSIPUMEX	15281	TIPO DE SUPER-ESTRUCTURA	LOSA- VIGA GERBER
NOMBRE DEL PUENTE	EL CAYACO	N° DE CLAROS	3
TRAMO	PLAYA AZUL- LIMITE MICH/COL	CLAVE SIPUMEX	
CARRETERA	PLAYA AZUL- MANZANILLO	RESIDENCIA	"LÁZARO CÁRDENAS"
RUTA	200.00	TIPO DE RED	BÁSICA
UBICACIÓN (km)	13+055	AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1975.00
LONGITUD (m)	96.00	TIPO DE CARGA	HS-20
ANCHO (m)	10.00	TPDA DISEÑO	1220.00
ATMOSFERA	MARINA	F'c DE PROYECTO (kg/cm²)	250

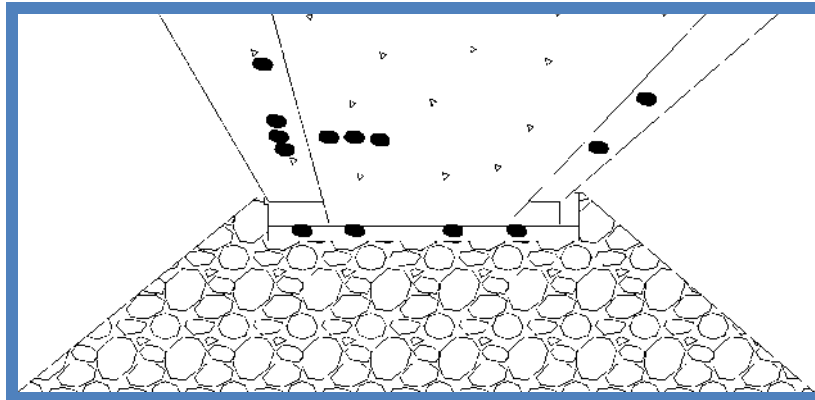
LEVANTAMIENTO VISUAL DE DAÑOS

Las siguientes figuras están de acuerdo a la Clasificación visual simplificada de daños de la **Tabla V.1**

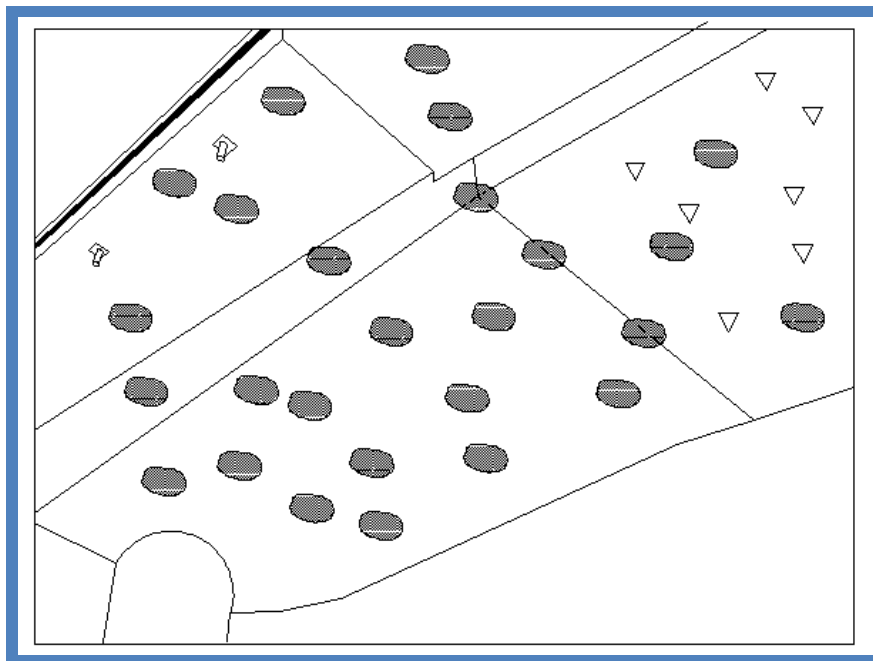
Figura V.1.- Cara Oeste a Este.

Figura V.2.- Cara Oeste a Este ubicada por la Columna 1 (PCC1).

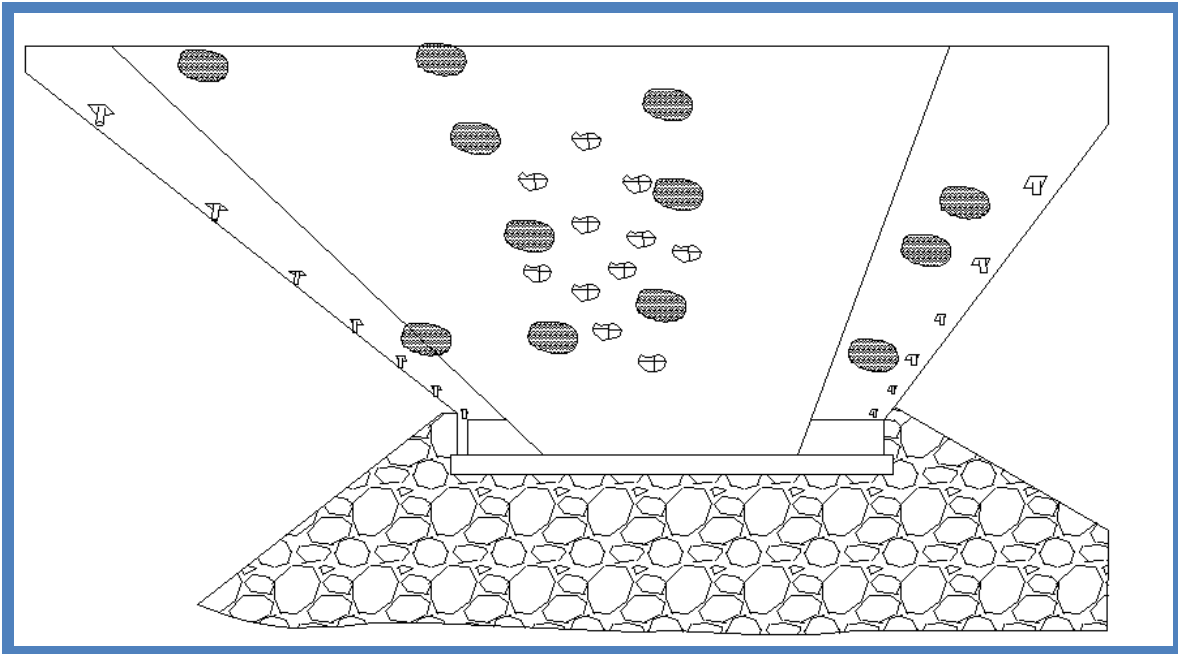
Figura V.3 Cara Oeste a Este ubicada por la Columna 1 (PCC1).



1. **Figura V.1** Cara Este a Oeste.



2. **Figura V.2** Cara Oeste a Este ubicada por la PCC1.



3. **Figura V.3** Cara Oeste a Este ubicada por la PCC2.

V.2.- INSPECCIÓN DETALLADA.

Como ya se comentó con anterioridad, esta inspección se realiza cuando existe una fuerte posibilidad de que la estructura de concreto presente daños por carbonatación ó corrosión; por lo que se llevaron a cabo los ensayos necesarios al concreto y al acero de refuerzo de la estructura, en las zonas dañadas o con más urgencia de evaluación, debe recordarse que cualquier elemento de concreto que esté seriamente dañado, pone en riesgo la durabilidad de toda la estructura [13]. Con la obtención de la información de esta inspección, se podrá realizar la evaluación general de la estructura pero de forma cuantitativa, pues los resultados de campo y laboratorio ofrecen un valor exacto de la calidad actual que la estructura presente, por lo que con estos datos se puede volver a revisar de manera estructural la capacidad de carga del puente y determinar su vida útil, además de poder puntualizar las reparaciones estructurales que permitan recuperar o aumentar la durabilidad de dicha estructura.

Plan de Trabajo.

La concepción del Plan de Trabajo requiere de la evaluación de la información básica obtenida previamente (Ficha de Antecedentes, Examen Visual General y, Resultados de los Ensayos y/o Mediciones de campo a pie de obra que conducen al pre diagnóstico) y, en general, incluye las siguientes actividades:

- a) Levantamiento de Daños, Plan de Muestreo y Tabla de Tipos de Daños.
- b) Selección de zonas, técnicas y número de ensayo/medición/análisis.
- c) Planificación del uso de Materiales y Equipamiento para las mediciones.

Elaboración del Plan de Muestreo.

Una vez reconocida la estructura a través de la inspección preliminar debe hacerse una división de ella en zonas, clasificadas de acuerdo a ciertas características y/o condiciones, que sean representativas dentro del conjunto de la estructura. Luego, los puntos de muestreo serán identificados con cada una de estas zonas, de manera que la evaluación considere y enmarque cada situación particular. La clasificación de las zonas debe estar basada en los objetivos de la inspección y orientada a facilitar la determinación de las causas que han originado los daños por corrosión en las armaduras usando criterios como: zonas de diferente exigencia estructural, condiciones iniciales y actuales de trabajo y zonas con diferente ataque del medio ambiente [13].

La división de la estructura con base en el grado de deterioro de las diferentes zonas estará soportada por los resultados del examen visual y de los ensayos previos eventualmente realizados. Los croquis y/o planos de la estructura elaborados para el levantamiento de daños deben resumir esquemáticamente y de manera simple y clara los criterios de identificación aplicados y, lo mismo que en las tablas de tipificación de daños, deberá utilizarse términos (normalizados o previamente definidos en un glosario) que describan inequívocamente la situación que se desea reflejar [13].

SELECCIÓN DE ZONAS, TÉCNICAS Y NÚMERO DE ENSAYO/MEDICIONES/ANÁLISIS.

Realizada la división de la estructura según los criterios arriba mencionados debe estimarse en esta etapa, qué tipo de ensayos, mediciones y/o análisis deberán ser llevados a cabo en la inspección detallada, y en qué (y en cuántos) puntos de muestreo serán realizados. Los equipos y metodología para llevar a cabo estos trabajos se comentaran en el capítulo siguiente [13].

Planificación de Materiales y Equipamiento.

Basados en el levantamiento de daños, se deberán tomar las previsiones en cuanto a la preparación de los equipos, materiales y reactivos a utilizar durante la inspección detallada. Se reitera la necesidad de realizar un registro fotográfico extenso y tomar en cuenta que eventualmente sea necesario el uso de binoculares o de una cámara de vídeo,

para poder tener una evaluación detallada de la estructura. Es importante mencionar que esta planificación debe ser aplicada en los procesos de inspección como en el proceso de rehabilitación de la estructura pues de ello dependerá la correcta aplicación de la normativa de prueba aquí diseñada [13].

Ejecución de la Inspección Detallada.

El Examen Visual Detallado debe considerar la inspección minuciosa, tanto del concreto como del estado del acero de refuerzo o estructura metálica. La inspección debe abarcar todos y cada uno de los elementos, registrándose las anomalías observadas por medio de Fichas de Antecedentes, Planos/Croquis de Levantamiento de Daños, Tipificación de Daños, etc. [13].

La inspección debe considerar la clasificación de las manchas de óxido (color, aspecto, extensión) y la morfología del ataque (uniforme o localizado, profundidad y extensión de picaduras, etc.).

La realización de ensayos y mediciones en el concreto y en el acero de refuerzo, así como la extracción de muestras a ser analizadas en laboratorio, se puede llevar a cabo durante la aplicación de esta etapa, previo Examen Visual Detallado, y Plan Trabajo [13].

Completando toda esta etapa que es la más riesgosa por la geometría y magnitud de la estructura, así por las zonas que se deben de inspeccionar, se realizará la concentración de todos los resultados de las pruebas de laboratorio no destructivas aplicadas, comparando los valores obtenidos con los rangos marcados en la normativa y por los publicados por los investigadores del área, concluyendo con el diagnóstico final de la estructura conforme a la evaluación de la durabilidad de la misma [13].

Es claro ver que se necesitará del equipo multidisciplinario para determinar la durabilidad de la estructura, pues los resultados de la inspección detallada conciernen tanto al especialista en estructuras como al de corrosión y al de técnicas de construcción, quienes diseñarán el programa de conservación, rehabilitación ó tomar la decisión de la reconstrucción de la estructura, por fuerte que esto parezca; buscando siempre la estabilidad y vida útil de la estructura de concreto [13].

VI.-DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYO.

Como ya ha sido señalado, una parte muy importante de la información básica necesaria para poder efectuar un dictamen sobre las causas que han podido incidir en la posible presencia de la corrosión del acero de refuerzo armaduras y su propagación, se

obtiene realizando pruebas no destructivas a los elementos de concreto y acero de refuerzo dentro de la inspección Detallada. El objetivo principal de este trabajo de tesis es la revisión de la durabilidad de los materiales en el puente “El Cayaco” con lo que se deberán de realizar los ensayos que pertenecen a dicha inspección. [17].

VI.1.- TOMA DE TESTIGOS.

La elección del tipo de testigo a extraer estará condicionada principalmente por evitar en la medida de lo posible algún daño estructural, también con base al ensayo a que se destina el mismo, pero también a la mayor o menor accesibilidad de los equipos al sitio donde será tomado este testigo [6]. Conviene también referir que una buena regla de trabajo, consiste en reparar los sitios donde se extrajeron los testigos utilizando un mortero de reparación con baja retracción, evitando daños posteriores al elemento examinado [6]. Los tipos de testigos más comunes que pueden ser extraídos son: • Núcleos. • Porciones de concreto. • Porciones de material en polvo [6]. **NÚCLEOS.** La extracción de núcleos debe ser efectuada con un equipo adecuado, de ser posible usar un equipo que posea fijación por vacío, que facilita y reduce el tiempo de extracción de núcleos, todas las muestras deberán ser tomadas perpendicularmente a la superficie del elemento a investigar [6], ver foto VII.1



Foto VI.1 Extracción de núcleos, del Puente “El Cayaco” Lázaro Cárdenas, Michoacán. (04/JUN/2011).

Las dimensiones de los testigos tipo núcleo dependen del tipo de ensayo a que se destine y se deberán tener en cuenta las dimensiones máximas del agregado grueso [6]. La exigencia dimensional es más importante si se pretende efectuar ensayos de resistencia a la compresión, permeabilidad ó absorción del agua. Si los testigos se destinan a ensayos químicos (tales como determinación de cloruros o carbonatación) puede optarse por la

extracción de muestras de menor dimensión. Esta decisión tiene ventajas en zonas donde la extracción de los testigos es de difícil acceso o en zonas de gran densidad de acero de refuerzo [6]. La extracción de testigos destinados a la determinación de cloruros se debe hacer utilizando un flujo reducido de agua para enfriamiento del equipo, el agua a utilizar no deberá estar contaminada con cloruros (agua de mar). De ser posible, impermeabilice con una tinta ó cera que no contenga cloruros, la superficie del concreto en la zona donde van a ser extraídos los testigos [6].

PORCIONES DE CONCRETO.

La extracción y recolección de porciones de concreto se hará por medio de un cincel y un martillo, técnica fácil que puede ser utilizada particularmente en los casos en que la estructura muestre zonas de delaminación de concreto. Esta técnica de toma de testigos no provoca daños adicionales en la estructura, pero afecta su aspecto [6]. El tamaño de la porción de concreto dependerá de la prueba a realizar; por lo que el personal que realice el muestreo deberá saber el destino o prueba por aplicar a la porción de concreto, para determinar su tamaño [13]. Este tipo de testigo (no aconsejado para análisis químicos) puede ser utilizado posteriormente en el laboratorio para la preparación de probetas a ser utilizadas en la realización de diversos ensayos como son: resistividad eléctrica [6].

VI.2.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.

La Resistividad Eléctrica es una propiedad eléctrica de los materiales que mide la capacidad del material para oponerse al flujo de una corriente eléctrica, y corresponde al recíproco de su conductividad; su unidad de medida es el ohm-cm u ohm-m. Depende en gran proporción del grado de saturación de los poros del concreto y en menor grado de la hidratación de la pasta y de la presencia de sales disueltas en la fase acuosa. Es función de variables tales como: el tipo de cemento, las adiciones inorgánicas, la relación agua/cemento, la porosidad de la estructura, aditivos, entre otras [6]. Esta medición se hizo con un medidor de resistividad de suelos Nilsson 400 en el laboratorio bajo el siguiente procedimiento:

- No se realizará la prueba sobre la capa carbonatada de la muestra ni en la armadura, ya que falsea el resultado de estas.
- Se utilizará un mínimo de agua para que se efectuó el ensayo. Se recomienda que la muestra esté saturada.

- Se tomará las dimensiones de la muestra Área (A) y Longitud (L) al efectuar el montaje del ensayo. Ver Figura VII.1.
- A las muestras se les colocaron esponjas húmedas en los extremos para así colocarles los electrodos metálicos que fueron fabricados con placas circulares de acero inoxidable (Ver Foto VII.2).
- El medidor se conecta a las terminales para medir la resistividad en los dos puntos, posteriormente se determina la resistividad con la siguiente Ecuación [6]:

$$\rho = R\left(\frac{A}{L}\right)$$

Dónde:

ρ = es la resistividad eléctrica en **Kohm-cm**.

R = es la lectura de resistividad eléctrica en **Kohm-cm**.

A = el área en cm², de la sección del cilindro.

L = la longitud en cm.

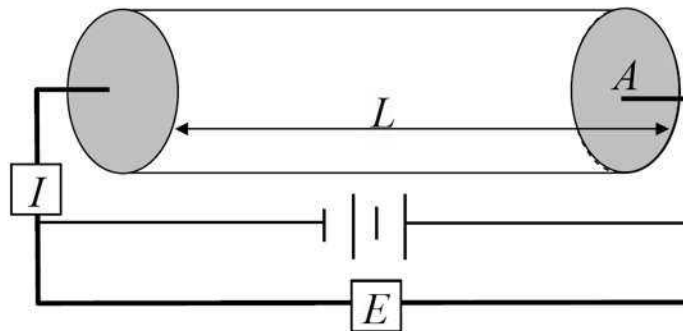


Figura VI.1 Ejemplo de montaje de la prueba de Resistividad [6].



Foto VI.2 Prueba de Resistividad Eléctrica

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

No existe un acuerdo de carácter general entre los diferentes investigadores acerca del nivel límite de resistividad eléctrica por encima del cual el riesgo de corrosión del acero de refuerzo puede ser considerado despreciable. Sin embargo, la práctica ha demostrado que se puede utilizar como criterio general los datos de la Tabla VI.1 [6]:

Tabla VI.1 Descripción...

$\rho > 200 \text{ Kohm}\cdot\text{cm}$	Poco riesgo de Corrosión.
$200 > \rho > 10 \text{ Kohm}\cdot\text{cm}$	Riesgo moderado de Corrosión.
$\rho < 10 \text{ Kohm}\cdot\text{cm}$	Alto Riesgo de Corrosión.

Limitaciones.

- Interpretación compleja de los resultados.
- Requiere un mínimo de agua en el material a ensayar.
- En campo se podrá emplear si la estructura a analizar esta libre de películas o epóxicos, impurezas o carbonatación en el concreto.

VI.3.- PULSO ULTRASÓNICO.

La Velocidad de Propagación de onda, también llamada de Pulso Ultrasónico, es la relación que existe entre la distancia de viaje a través del concreto de una onda ultrasónica y el tiempo que tarda en recorrerla. Un impulso eléctrico generado por una unidad central se transmite a un emisor que excita un bloque de cristales. El emisor a través del bloque emite un pulso ultrasónico que viaja a través del concreto hasta que es detectado por el receptor. Aquí el pulso ultrasónico se convierte en un impulso eléctrico, el cual se registra en un osciloscopio [6]. El tiempo entre la descarga inicial y la recepción del pulso se mide electrónicamente. La longitud de la trayectoria entre los transmisores, dividido entre el tiempo de viaje, da la velocidad promedio de la propagación de la onda [6]. Esta prueba se realiza con el objetivo de conocer la homogeneidad (uniformidad y calidad relativa) del concreto, y detectar fallas internas (por ejemplo, presencia de vacíos) generadas durante la fabricación del concreto. Para esta investigación, las pruebas de velocidad de pulso ultrasónico fueron hechas con un equipo de ultrasonido, modelo E48, Controls en el laboratorio bajo el siguiente procedimiento.

- Se utilizará un mínimo de agua para que se efectúe el ensayo. Se recomienda que la muestra está saturada.
- Calibrar el equipo si es necesario con la muestra patrón.
- Se tomará la Longitud de la muestra (L) al efectuar el montaje del ensayo.
- Se colocará los transductores en la zona de ensayo, se recomienda untarles una capa de gel para mejorar el contacto con la muestra. Ver Foto VII.3
- Calcular con el Resultado con la siguiente ecuación.



Foto VI.3 Prueba de Pulso Ultrasónico.

El cálculo de la velocidad de propagación de ondas fue conforme a la siguiente fórmula:

$$V = (L/T)$$

Donde:

V es la velocidad de propagación de ondas en el material en m/s;

L la distancia entre los puntos de acoplamiento o sensores en m;

T el tiempo de recorrido desde la emisión de la onda hasta su recepción en unidades de segundos [6].

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Es posible expresar la homogeneidad del concreto en forma de parámetros estadísticos, tales como la desviación estándar ó el coeficiente de variación de las medidas de velocidad de propagación de ondas ultrasónicas en el concreto, obtenidas de los puntos de la malla. Tales parámetros sólo pueden ser usados para comparar variaciones en la composición de concretos similares, debiendo ser considerados los siguientes factores [6]:

- Distancia entre las superficies de contacto de los transductores.
- Posición del acero de refuerzo, principalmente en el sentido de propagación de la onda.
- Densidad del concreto, que depende del trazo y de las condiciones de fabricación.
- Tipo y densidad y otras características de los agregados pétreos.
- Tipo de cemento y grado de hidratación.
- Dirección de ensayo de la pieza.
- Edad del concreto.

Existen varios criterios de evaluación, uno de ellos puede ser el de la Tabla VI.2 [6]:

VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN	CALIDAD DEL CONCRETO
< 2000 m/s	Deficiente
2001 a 3000 m/s	Normal
3001 a 4000 m/s	Alta
> 4000 m/s	Durable

Limitaciones.

- Interpretación compleja de los resultados.
- Requiere un mínimo de agua en el material a ensayar.
- No se recomienda hacer la prueba en campo porque requiere una preparación previa de la muestra a analizar.
- Hay que revisar constantemente la calibración del equipo.

VI.4.- ESCLEROMETRÍA.

El ensayo esclerométrico es un método no destructivo que mide la dureza superficial del concreto, proporcionando elementos para la evaluación de la calidad del mismo en su estado endurecido [6]. El índice esclerométrico (IE) es el valor obtenido a través de un impacto del esclerómetro de reflexión sobre un área de ensayo, medido directamente por el aparato, como el número de rebote del martillo [6].

El método esclerométrico no debe ser considerado sustituto de otros métodos, más bien como una referencia preliminar, para formar una idea de la calidad del concreto en sitio; proporciona información en relación a la dureza de la superficie del concreto, con una validez de hasta 20,0 mm de profundidad [6]. El método esclerométrico proporciona buena información acerca de la medida de la dureza superficial del concreto [6]. El método esclerométrico debe ser usado considerando las siguientes circunstancias:

- Cuando se necesite determinar la uniformidad de la dureza superficial del concreto.
- Cuando se necesite comparar concretos como una referencia. Es decir, casos en los que se desea comparar la calidad de varios elementos de concreto.

- Cuando se necesite estimar de manera aproximada la resistencia a la compresión del concreto.

El fabricante del equipo debe proporcionar, el gráfico de correlación de la resistencia a la compresión de los especímenes de prueba contra el número de rebote. (Índice Esclerométrico) [6].



Foto VI.4 Prueba de Esclerometría del Puente “El Cayaco” Lázaro Cárdenas, Michoacán. (18/FEB/2012).

El esclerómetro deberá ser calibrado antes de su utilización ó cada 300 impactos realizados en una misma inspección; siguiendo las instrucciones del fabricante del equipo para el uso del Yunque de Ensayo de Calibración [13]. Se ejecuta la Prueba con el siguiente procedimiento.

- La superficie de concreto debe estar seca, limpia y preferencialmente plana, evitándose superficies húmedas y carbonatadas.
- Se toman lecturas alejadas de por lo menos 60.0 mm de los cantos o aristas de los elementos.
- Tener una superficie entre 800.0 mm² (90.0 x 90.0 mm) y 4 000.00 mm² (200.0 X 200.0 mm).
- Realizar 10 impactos en cada área de prueba.

- Evitar obligadamente que los impactos sean sobre agregados pétreos, ó acero de refuerzo, ya que los resultados no serán representativos del concreto hidráulico.
- No se debe de repetir el impacto sobre el mismo punto.
- La separación mínima entre zonas de impacto o prueba, será de 30.0 mm.
- El esclerómetro deberá siempre usarse de manera perpendicular sobre el área o superficie de prueba. **Ver Foto VI.4.**
- Determinar la media aritmética de los resultados de los puntos ensayados, y anotar los datos y resultados en el formato de prueba correspondiente. De ser posible, tomar fotografías de la zona de ensayo [13].

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Como esta prueba es considerada de referencia o preliminar, no se tiene un criterio de evaluación, pero se puede realizar una comparación con la resistencia a la compresión de proyecto del concreto usado para el colado del elemento, ó contra la resistencia obtenida en la prueba de compresión de los testigos tipo núcleo, extraídos del elemento de concreto [13].

Limitaciones.

Se tiene un considerable margen de error aproximado al 12% al ejecutar la prueba por las condiciones de procedimiento de la misma.

No se pueden utilizar los resultados para estimar un esfuerzo a la compresión indirecta cuando se tengan superficies húmedas o carbonatadas.

VI.5.- PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN.

La carbonatación es la reducción de la alcalinidad normal (pH entre 12,0 - 14,0) del concreto hidráulico por efecto del Dióxido de carbono CO₂ que se difunde desde el ambiente que lo rodea. En presencia de humedad, el CO₂ reacciona con los álcalis (usualmente hidróxidos de calcio, sodio y potasio), neutralizándolos para formar carbonatos disminuyendo el pH por debajo de 10.0 [5]. Procedimiento

- Después de haber extraído los testigos tipo núcleo, hacer un corte transversal al testigo, con referencia a la cara exterior del elemento por estudiar, un extremo del testigo,

corresponderá a la superficie expuesta a la atmósfera, mientras que el otro extremo corresponderá a la parte interna del elemento. **Ver Foto VI.5.**

- Una vez preparada y limpia la superficie de prueba, aplicar con un atomizador el indicador de ácido-base ya sea fenolftaleína o timolftaleína, en una forma uniforme sobre la superficie por evaluar, sin realizar escurrimientos de la solución [13].

- Después de la aplicación del ácido-base y antes de transcurridos 15,0 minutos de prueba, efectuar la medición de la profundidad de la zona incolora en el concreto desde la superficie, determinándose con precisión los valores máximos y mínimos del frente incoloro. Anotar las mediciones en el formato correspondiente [13]. **Ver Figura VI.5.**

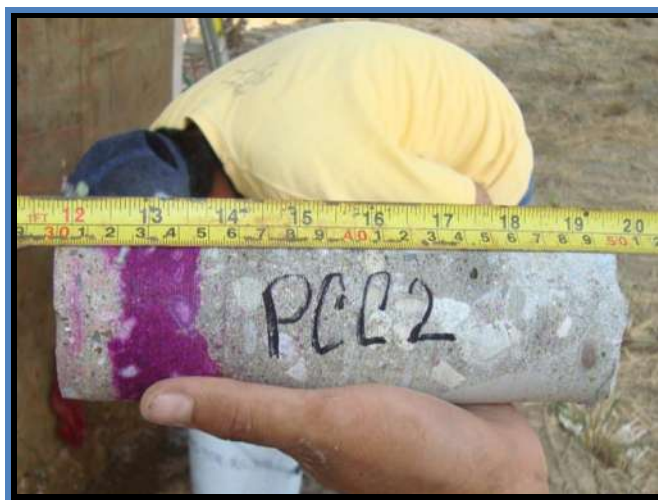


Foto VI.5 Prueba de Carbonatación en núcleo extraído en la trabe del Puente “El Cayaco” Lázaro Cárdenas (04/JUN/2011).

La velocidad de Carbonatación se calculará conforme la siguiente fórmula:

Dónde:

X = Profundidad de carbonatación, en milímetros, aproximación a una décima.

K = Constante de carbonatación en $\text{mm/año}^{1/2}$, con aproximación a una décima.

t =Tiempo en años [6].

Se calcula la constante K_{CO_2} de la primera determinación y el tiempo en que ocurrió la carbonatación. Se utiliza esa constante junto con la profundidad del acero de refuerzo *ec*

y se determina en cuánto tiempo la carbonatación alcanzará al acero de refuerzo. La representación gráfica de estos cálculos se muestra en la **Figura VI.6**

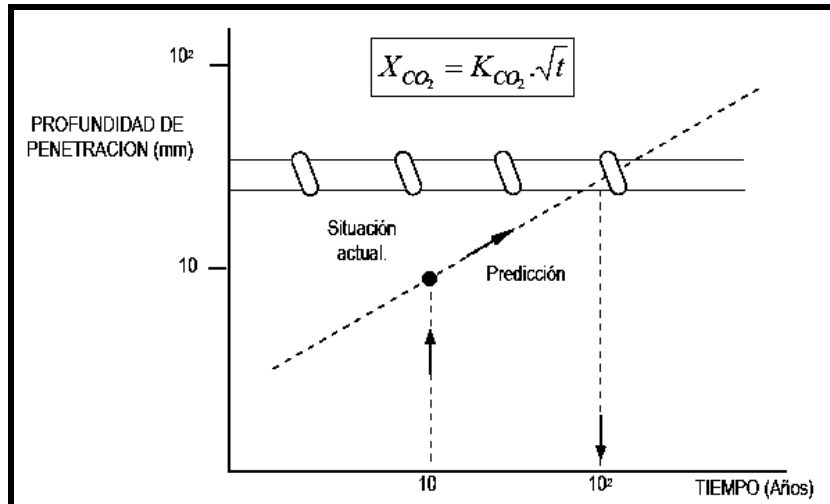


Figura VI.6 Determinación del tiempo para que la Carbonatación alcance al acero de refuerzo [6].

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Se ha indicado que valores que valores de K_{CO_2} de $3 \text{ mm/año}^{0.5}$ en función del recubrimiento, pueden ser considerados como indicativos de elevada resistencia a la carbonatación; mientras que valores de $K_{CO_2} > 6 \text{ mm/año}^{0.5}$ indican concretos de muy baja resistencia [6].

Limitaciones.

- Se debe de ejecutar la prueba inmediatamente después de extraer el núcleo.

VI.6.- CONCENTRACIÓN DE CLORUROS.

El objetivo de este ensayo es la determinación de la concentración de los cloruros, totales y libres, presentes en la masa de concreto a diferentes niveles de profundidad, los resultados que permiten el cálculo del coeficiente de difusión aparente del cloruro hacia el interior y con ello la velocidad de penetración del mismo. Esta información, interrelacionada con otras variables, permite analizar el estado actual de la estructura y también permite estimar el tiempo que tardará este ion en alcanzar el refuerzo [6].

Cloruros Libres: Son los solubles en agua y estos representan un riesgo para el acero de refuerzo al alcanzar niveles críticos y causar su despasivación [6].

Cloruro enlazado: Este cloruro combinado a las diferentes fases o compuestos de la pasta de cemento, de los cuales el principal es el aluminato tricálcico [6].

Cloruros Totales: Son la sumatoria de los cloruros enlazados y los cloruros libres [6].

Coefficiente de Difusión Aparente: (Dap). Este permite conocer la resistencia a la penetración del cloruro en el concreto, también se puede estimar el tiempo aproximado en el cual estos iones llegan al nivel de la acero de refuerzo en cantidad suficiente para inducir la corrosión [5].

MATERIALES Y EQUIPO.

DE CARÁCTER GENERAL.

- Equipo de molienda para la preparación del polvo de concreto.
- Estufa u horno con rango de temperatura de 0 °C a 150° C
- Tamices No. 20 y 200 ASTM.
- Balanza analítica y de precisión.
- Plancha calefactora con agitador.
- Probeta graduada de 100.0 ml y embudo de filtración.
- Matraz aforado de 250.0 ml, vaso de 250.0 ml y pipetas volumétricas de 5.0, 10.0 y 20.0 ml.
- Papel filtro de porosidad media o rápida.
- Reactivos: ácido nítrico, nitrato de plata, y cloruro de sodio.
- Agua destilada.
- Equipo general de protección de obra, señales, conos, bandereros, andamios, radios de comunicación portátil, etc
- Equipo general de seguridad personal, guantes, casco, gafas protectoras, chaleco reflejante, chaleco con bolsas, arnés, botas de trabajo, etc.

DE CARÁCTER PARTICULAR, ACORDE AL METODO DE TITULACIÓN.

Volumetría: (titulación directa con nitrato de plata estándar e indicador cromato de potasio) y Volhard (adición de un exceso de nitrato de plata estándar y titulación por retroceso con tiocianato de potasio o amonio utilizando como indicador sulfato férrico amónico hasta coloración rojiza). Se requiere una bureta de 25,0 ml [6]. Potenciometría: usar un titulador automático de cloruros ó un equipo acoplado a un electrodo de ión selectivo para cloruros [6].

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

En la extracción de los testigos, ya sean núcleos, porciones de concreto ó polvo, deberá tenerse el cuidado correspondiente para impedir la contaminación ó afectación del testigo, principalmente si el tipo de testigo es una porción de polvo del concreto a evaluar [13]. En el caso de realizar la prueba en testigos ó núcleos de concreto, estos se cortarán en rodajas de 5.0 a 10.0 mm, tal y como se indica en la **Figura VII.7**. Las rodajas se deben triturar antes de someterlas al análisis correspondiente [13]

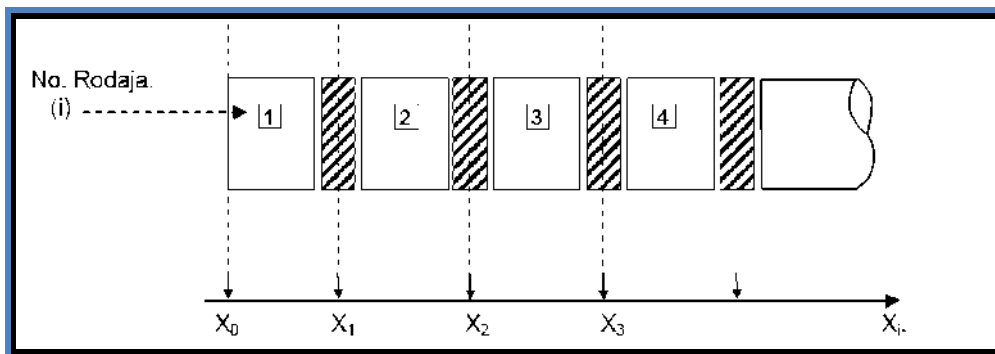


Figura VI.7 Cortes sobre Núcleo testigo [6].

Extracción de las muestras en polvo: se puede perforar el concreto utilizando un taladro; así se puede retirar el material en polvo a diferentes profundidades. Se debe tomar especial cuidado para que no se contamine una muestra con la anterior [6].

Expresión Gráfica de los resultados. El contenido de cloruros se gráfica con respecto a los datos de la profundidad de la muestra, con el propósito de evaluar el perfil de penetración de los cloruros hacia el interior del elemento de concreto, y posteriormente comparar estos valores con los límites permisibles [6].

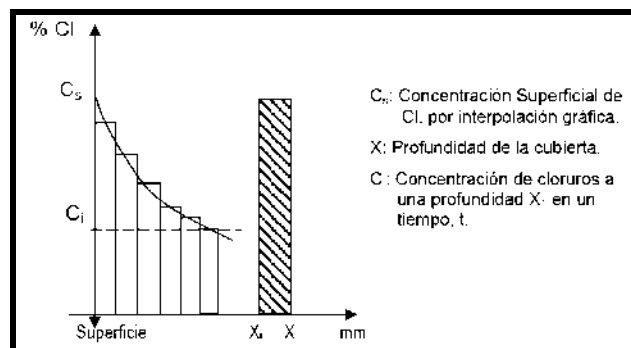


Figura VI.8 Perfil de cloruros [6].

Cloruros Totales.

Norma ASTM C-1152. Se Calcula el porcentaje de cloruros por masa de concreto, aplicando la fórmula del método de referencia dado en la Norma ASTM C 114-99. “Método de prueba Estándar para el Análisis Químico de Cemento Hidráulico”, parte 19. Cloruros (Método de la prueba de referencia) [13]. El porcentaje de cloruros se calcula por medio de la fórmula:

$$Cl\% = \frac{3.545 (V_1 - V_2)N - 0.10}{W}$$

Donde:

V_1 = ml de solución de 0.05 N $AgNO_3$ usada para la titulación de la muestra.

V_2 = ml de solución de 0.05 N $AgNO_3$ usada para la titulación en blanco.

N = Normalidad exacta de la solución de 0.05 N $AgNO_3$.

W = Peso de la muestra en gramos.

0.10 = Mili equivalentes adicionados de NaCl. (2.0 ml x 0.05 N)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Se recomienda adoptar como valor límite permisible el de 0.4% de cloruros totales en relación a la masa de cemento para las estructuras de concreto armado; para concreto pretensado y pos tensado el límite debe ser de 0.20%. Esto con relación a la masa del cemento. Es importante resaltar que la concentración de cloruros, aunque supere el nivel límite, no determina por sí sola la posibilidad de riesgos de corrosión o su severidad [6].

Limitaciones.

- El resultado es de carácter comparativo.

En la Foto VI.9 se puede observar como fue el procedimiento para la extracción del polvo del concreto a 2 y 4 cm de profundidad, para analizar los cloruros en laboratorio.



Foto VI.9 Extracción de polvo a 2 y 4 cm.

VI.7.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Esta prueba ayuda a determinar la resistencia a compresión de muestras de concreto cilíndricos; ésta consiste en aplicar una carga axial de compresión a los cilindros de concreto, esta carga se aplica en pequeños incrementos hasta el momento que ocurra la falla; la resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga máxima soportada durante la prueba entre el área de la sección transversal del cilindro [17]. La resistencia a la compresión del concreto corresponde a la tensión máxima (de ruptura general) de compresión axial, que puede soportar un testigo cilíndrico de diámetro igual o superior a tres (3,0) veces el tamaño máximo nominal del agregado (T.M.A.). La relación entre la altura (h) y el diámetro (ϕ) del testigo deberá ser $h/\phi = 2,0$ y nunca será $h/\phi < 1,0$. Los testigos deberán de ser extraídos de lugares estratégicos de los elementos de la estructura, preparados, y probados en condiciones normales e idóneas de laboratorio [6]. La resistencia a la compresión del concreto puede ser considerada como una de las propiedades más importantes y necesarias para establecer una evaluación general de la estructura, tanto desde el punto de vista de durabilidad, como de la capacidad de resistencia mecánica [13].

CUIDADOS DURANTE LA EXTRACCIÓN DE LOS NÚCLEOS.

Los cuidados necesarios para la extracción de los testigos o núcleos serán los siguientes [6]:

- Localizar previo a la extracción, la ubicación del acero de refuerzo, para evitar cortar ó extraer el acero de refuerzo dentro del elemento de concreto reforzado [6].

- Apuntalar los elementos estructurales antes de la extracción de los testigos, según sea la recomendación del Ingeniero Estructural [6].

- Llenar los agujeros dejados al extraer los testigos, con concreto, mortero autonivelante o mortero de resistencia compatible con la resistencia del concreto original. El material de relleno debe tener retracción compensada, su módulo de elasticidad debe ser igual o superior al del concreto original y debe tener excelente adherencia con el concreto original [5].

- No considerar para prueba, los testigos que presenten fallas o grietas, esto es, todos los testigos para poder evaluar su resistencia a la compresión deben de ser íntegros [6]. **Ver Fotos VI.10, VI.11, VI.12 y VI.13**



Foto VI.10 Extracción de núcleos, trabe del Puente “El Cayaco” Lázaro Cárdenas, Michoacán. (04/JUN/2011).



Foto VI.11 Relleno con mortero por la extracción del núcleo. (04/JUN/2011).



Foto VI.12 Cabeceando los testigos extraídos para realizarles la prueba de compresión simple.



Foto VI.12 Realizando la prueba de compresión simple a los especímenes extraídos.

Se coloca el testigo en la prensa de carga, se determina la tensión directa del valor obtenido de la prensa, dividido entre el área del testigo. La resistencia a la compresión del concreto f'_c , depende de la dimensión del testigo y deberá de aplicarse una modificación con base en su relación de esbeltez, el factor a aplicar será el marcado en la Tabla VI.3 [6].

Tabla VI.3 Factores de corrección por esbeltez [6].

RELACIÓN ALTURA/DIÁMETRO DEL ESPÉCIMEN	FACTOR DE CORRECCIÓN APLICADO A LA TENSIÓN DIRECTA
2.00	1.00
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.90
1.00	0.89

La resistencia característica estimada del concreto a la compresión deberá ser calculada por:

$$f_{ck, est} \geq \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n*0.90} \quad \text{ó} \quad f_{ck, est} \geq \frac{f_{cl}}{0.80}$$

Dónde:

$f_{ck, est}$ Resistencia característica estimada del concreto a la edad del ensayo, en MPa con aproximación a dos décimas.

f_{ci} Resistencia a la compresión de cada testigo de la muestra, en MPa con aproximación a dos décimas.

f_{cl} Mínima resistencia a la compresión entre los testigos de la muestra, en MPa con aproximación a dos décimas.

n Número total de testigos de una muestra, o tamaño de la muestra [6].

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Con bases en el diseño estructural: $f_{ck, est}$ debe ser mayor o igual a la resistencia a la compresión característica del concreto, especificada en el diseño estructural, o sea, $f_{ck, est} > f_{ck}$. Con base en la durabilidad: El valor de la resistencia mecánica, por sí sólo, no es indicativo de la durabilidad del concreto, ya que dependerá de varios factores entre los cuales se puede mencionar: la relación a/c, la dosificación, el tipo de cemento, el espesor de recubrimiento de la acero de refuerzo, etc. Sin embargo, en general se acepta que concretos de elevada resistencia (>45.0 MPa) son durables y que concretos por debajo de 20.0 MPa son de baja durabilidad [6].

Limitaciones.

- No se aplica para muestras con relación altura/diámetro menor a 1 ($H/D < 1$).

VI.8.- ABSORCIÓN CAPILAR.

La propuesta de la metodología de ensayo se debe a Fagerlund y es base de la normativa sueca que describe la cinética de la absorción capilar de morteros y concretos [6].

La prueba se realiza sobre especímenes de espesor $H < 50,0$ mm; luego de un pre-acondicionamiento de secado a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (hasta peso constante); y posteriormente un enfriamiento en desecador por quince días. **Ver Foto VI.13 [18].**



Foto VI.13 Colocación de especímenes en el desecador.

Se deberá de cubrir previamente con resina o parafina las áreas laterales curvas del espécimen y a lo largo del ensayo mantener cubierto el recipiente para evitar evaporación [18].

Luego de registrar su peso inicial, W_0 la muestra es colocada sobre una esponja húmeda en el interior de una cubeta de fondo plano, teniendo cuidado de que el nivel del agua solo llegue a 3,0 mm por encima de la parte inferior de la probeta de ensayo [18]. Ver Foto VII.14.



Foto VI.14 Obtención especímenes.

Estos especímenes deben de estar con la cara superior cubierta con película plástica y el perímetro lateral recubierto con cera exceptuando los 3 mm que estarán en contacto con el agua, y colocados sobre una esponja saturada y con un nivel de agua hasta de 3mm por encima de la esponja [18].

Posteriormente y con la medición de tiempo en un reloj, determinar el peso total W_t , de la probeta en los siguientes tiempos: 1,5, 10, 20, y 30 minutos, posteriormente, 1, 2, 3, 4, 6, 24 horas y al 2,3,4,5,6,7 y 8 días. Anote los resultados en el formato de prueba correspondiente [18]. Los coeficientes se calculan con base en las ecuaciones [18]:

$$I = \frac{m_t}{a * d}$$

Dónde:

I = Absorción (mm).

m_t = Incremento de Peso conforme al tiempo (g).

a = Área expuesta del espécimen (mm^2).

d = Densidad del Agua (g/mm^3) [18].

$$S = \frac{(I_f - I_i)}{(T^{1/2}_f - T^{1/2}_i)}$$

Donde:

S_p = Absorción Primaria (mm/ s^{1/2}) [18].

I_f = Absorción en el punto final de la pendiente primaria (mm).

I_i = Absorción en el punto inicial de la pendiente primaria (mm).

$T^{1/2}_f$ = Tiempo en el punto final de la pendiente primaria (s^{1/2}).

$T^{1/2}_i$ = Tiempo en el punto inicial de la pendiente primaria (s^{1/2}).

S_s = Absorción Secundaria (mm/s^{1/2}) [18]. I_f = Absorción en el punto final de la pendiente secundaria (mm).

I_i = Absorción en el punto inicial de la pendiente secundaria (mm).

$T^{1/2}_f$ = Tiempo en el punto final de la pendiente secundaria (s^{1/2}).

$T^{1/2}_i$ = Tiempo en el punto inicial de la pendiente secundaria (s^{1/2}).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Para un espesor de recubrimiento de 30,0 mm, con base en las características de su medio ambiente, se recomienda los siguientes valores de sorción capilar [6]:

- Ambientes severos, concretos con sorción capilar $S < 3,0 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($5.10 \cdot 5 \text{ m/s}^{1/2}$).
- Ambientes menos severos, puede tenerse hasta $6.0 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($10 \cdot 4 \text{ m/s}^{1/2}$).
- Si el espesor de recubrimiento se incrementa, la sorción capilar puede modificarse proporcionalmente [6].

Limitaciones.

- Prueba muy extensa de tiempo si no se tiene una buena planeación.

- Para materiales con mayor porosidad requiere de más de 48 horas a 50° C para llegar a peso constante

VI.9.- DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD Y DEL DIÁMETRO DE LA ARMADURA.

El recubrimiento, estructuralmente se refiere al espesor de concreto medido desde la superficie más externa del acero de refuerzo principal hasta la cara externa del elemento; este espesor de concreto llamado recubrimiento, es también definido como Capa de Protección del Acero de Refuerzo [5]. Antes de iniciar la actividad de campo se debe disponer de los planos definitivos de la estructura a estudiar, donde se indique con precisión la ubicación del acero de refuerzo, los diámetros de las barras y el espesor del recubrimiento. También es necesario conocer la posición y características de otros elementos metálicos embebidos en el concreto [13].

Determinación de la profundidad.

En cada determinación del espesor del recubrimiento ó capa de protección del acero de refuerzo, previamente deberá realizar el ajuste del equipo y colocación en ceros del mismo, para efectuar la determinación [13]. Coloque el sensor del equipo usado sobre la barra elegida para la determinación del recubrimiento o capa de protección, en los tramos que no interfieran con otros aceros, para concentrar la respuesta magnética sólo en la barra en la que se desea determinar su profundidad. El equipo indicará la profundidad a la cual se encuentra el acero de refuerzo [13]. **Ver Foto VI.15.**

Determinación del diámetro de la varilla.

En las zonas donde el acero se encuentre al desnudo, se determinará por medio de un vernier metálico análogo ó digital, el diámetro actual del acero de refuerzo, tomando un mínimo de tres lecturas en la zona de estudio, para tener un dato promedio del diámetro [13].

Si la corrosión es localizada, realizar un croquis donde se informe la longitud del elemento afectado y los diámetros del acero de refuerzo en las siguientes zonas:

- Zona no afectada por la corrosión.
- Zona de inicio de corrosión.
- Zona central de afectación de corrosión.

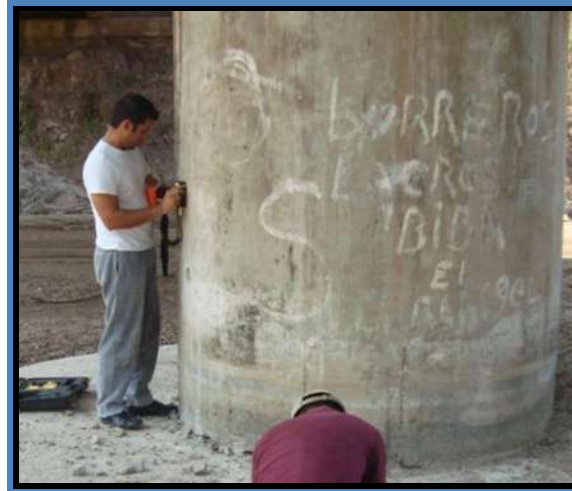


Foto VI.15 Determinación de la profundidad de la armadura y el diámetro de la varilla, en Columna del Puente “El Cayaco”, Lázaro Cárdenas. (04/JUN/2011).

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Se determinará el área de acero de la varilla con base al diámetro obtenido y se comparará con la el área de acero afectiva de la varilla de diámetro nominal

Para valores del área de acero medida, por debajo del 85% del área efectiva de acero de diseño, se considera que el acero ya perdió su capacidad estructural para la que fue diseñado.

Limitaciones.

El Equipo sólo registra diámetros hasta 15 cm de profundidad.

VI.10.- MEDICIÓN DE POTENCIALES.

Con respecto a la medición de potenciales en el acero de refuerzo embebido en un concreto hidráulico reforzado, se tiene las siguientes definiciones:

- **Potencial Electroquímico:** Es el potencial eléctrico de un metal, relativo a un electrodo de referencia, medido bajo condiciones de circuito abierto [6].
- **Mapa de Potenciales:** son curvas de isopotencial que se dibujan sobre la superficie evaluada con la finalidad de establecer el área de cambio de potencial [6].

En la medición del potencial de corrosión se empleó un electrodo de referencia, el cual fue un electrodo de cobre/sulfato de cobre saturado.

Para dicha medición se utilizó un voltímetro de alta impedancia interna, modelo Miller LC-4 con el siguiente procedimiento [6].

- Seleccionar el área de ensayo, limpiar y mantener húmeda la superficie desde 30 minutos antes y durante la prueba.
- Ubicar la armadura y dibujar una cuadrícula de la misma en la superficie.
- Establecer el electrodo positivo en contacto con el acero expuesto y el negativo con el electrodo de referencia Cu/CuSO₄ que será el que este en contacto con la superficie a analizar. **Ver Foto VI.16**
- Registrar las lecturas.



Foto VI.16 Medición de Potenciales del Puente “El Cayaco”, Lázaro Cárdenas. (18/JUN/2011).

REGISTRO DE LOS RESULTADOS.

Elaborar un plano de la cuadrícula que coincide con la ubicación del acero de refuerzo del elemento, colocar los valores resultantes de las mediciones de potencial. Trazar las líneas de isotenciales correspondientes hasta elaborar un mapa de potenciales como se indica en la **Figura VI.15**.

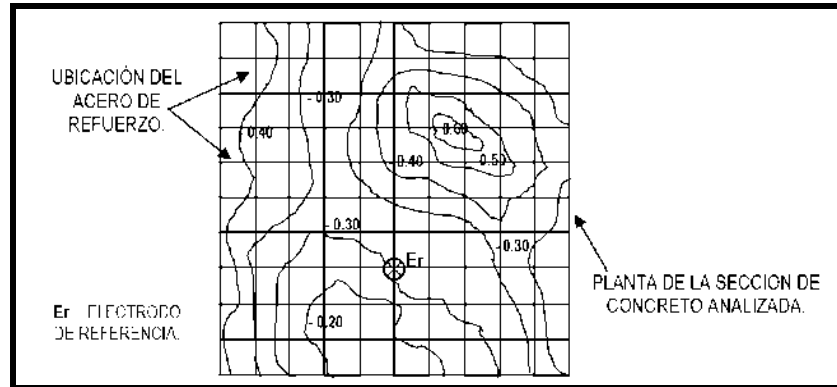


Figura VI.17 Potenciales ó líneas equipotenciales [6].

CRITERIOS DE EVALUACIÓN.

Las medidas de potencial informan sobre la probabilidad de corrosión del acero de refuerzo de una estructura de concreto, pero es esencial que los resultados sean correctamente interpretados a la luz de la información disponible sobre las condiciones de humedad, contaminación, calidad del concreto, etc. [6].

La Norma ASTM C-876-91 (Reapproved 1999); Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in concrete; ofrece las condiciones y riesgos asociados a valores de potencial tomando en cuenta el uso de un electrodo de referencia del tipo Cu/CuSO₄ (cobre, sulfato de cobre), y son los siguientes [13]:

Si los potenciales sobre un área son más positivos que -0.20 V, existe una probabilidad mayor al 90 % de que no existe corrosión del acero de refuerzo en esa área al momento de la medición de potenciales [13].

Si los potenciales sobre un área son más negativos que $-0,35$ V, existe una probabilidad mayor al 90 % de que exista corrosión del acero de refuerzo en esa área al momento de la medición de potenciales [13]. Los detalles se dan en la Figura VI.18.

CONDICIÓN	POTENCIAL (E)	OBSERVACIONES	RIESGO DE DAÑO
Estado pasivo	+ 0,200 a - 0,200	Ausencia de Cl ⁻ pH > 12,5 H ₂ O (HR↑)	Despreciable
Corrosión Localizada	- 0,200 a - 0,600	Cl ⁻ , O ₂ , H ₂ O (HR↑)	Alto
Corrosión Uniforme	-0,150 a - 0,600	Carbonatado O ₂ , H ₂ O, (HR↑)	Moderado Alto
	+ 0,200 a - 0,150	Carbonatado O ₂ , Seco, (HR↓)	Bajo Alto
	-0,400 a - 0,600	Cl ⁻ Elevado, H ₂ O ó Carbonatado H ₂ O, (HR↑)	
Corrosión Uniforme	< - 0,600	↑ Cl ⁻ , ↑ H ₂ O (sin O ₂)	Despreciable

Figura VI.18 Criterio de Valoración de Potenciales del Acero en Concreto vs Cu/CuSO₄ [6].

Limitaciones.

- Obtiene resultados en porcentajes de probabilidad de corrosión.
- No determina la velocidad de corrosión.

VII.- DIAGNÓSTICO GENERAL.

La información de los resultados debe ser sopesada con base en los diferentes criterios de evaluación establecidos anteriormente. Estos valores están basados en dos grupos de información principalmente establecidos, la información sobre el medio ambiente y sobre las condiciones actuales de la estructura [6].

VII.1.- DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO Y LA CLASIFICACIÓN VEHICULAR.

La **Tabla VII.1** Clasifica el volumen de tránsito de la carretera MEX 200 del Tramo Playa Azul – Manzanillo. [19].

LUGAR							ESTACIÓN KM				MICHOACÁN 016 RUTA MEX - 200			
T.C. CARAPAN - PLAYA AZUL							0+000 - 50+240							
AÑO	TDPA	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	TI	
1975	1220													
2000	2855	85.5	3.7	3.6	2.5	2.0	1.5	0.0	1.2	86	4	10		
2001	2936	83.8	3.7	6.1	2.8	0.8	1.8	0.0	1.0	84	4	12	2.84%	
2002	3030	84.3	2.7	5.5	2.6	1.2	1.6	0.0	2.1	84	3	13	3.20%	
2003	3037	85.2	2.2	5.4	2.8	1.7	1.4	0.0	1.3	85	2	13	0.23%	
2004	3080	85.6	2.8	4.5	2.5	1.2	2.0	0.0	1.4	86	3	11	1.42%	
2005	3135	85.3	3.2	4.5	2.4	1.0	1.7	0.0	1.9	85	3	12	1.79%	
2006	3218	85.4	3.2	4.5	2.3	1.2	1.9	0.0	1.5	86	3	11	2.65%	
2007	3250	85.6	3.3	4.2	2.3	1.1	1.9	0.0	1.6	86	3	11	0.99%	
2008	3538	85.7	3.7	4.1	2.1	1.1	1.8	0.0	1.5	86	4	10	8.86%	
2009	3668	85.5	2.2	3.5	0.8	3.1	1.1	2.1	1.7	86	2	12	3.67%	
2010	3561	76.1	2.9	5.9	3.3	3.5	5.8	0.2	2.3	76	3	21	-2.92%	

Donde:

AÑO = Año donde se aforaron los Datos Viales SCT.

TDPA = Tránsito Diario Promedio Anual (Vehículo/Día).

A = Vehículos ligeros en porcentaje.

B = Autobuses en porcentajes.

C = Camiones pesados en porcentaje.

C2 = Camiones de dos ejes en porcentaje.

C3 = Camiones de tres ejes en porcentajes.

T3S2 = Camiones de tres ejes en el Tractor y dos ejes en el remolque en porcentajes.

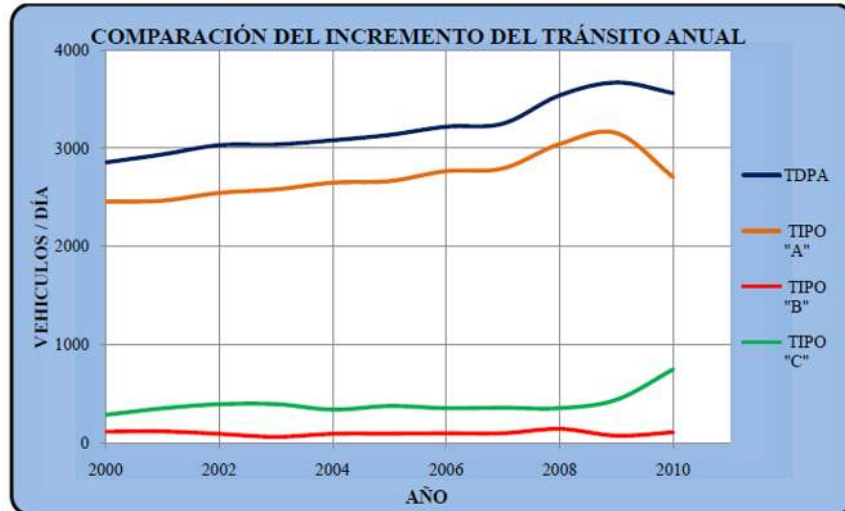
T3S3 = Camiones de tres ejes en el Tractor y tres ejes en el remolque en porcentajes.

T3S2R4 = Camiones de tres ejes en el Tractor y dos ejes en el remolque y cuatro ejes en el semirremolque en porcentajes.

OTROS = Vehículos especiales que no entran en esta clasificación en porcentaje.

T.I. = Tasa de crecimiento en porcentaje.

El Puente “El Cayaco” está ubicado en el Km 13+055, en el Subtramo T.C. Carapan – Playa Azul, con un Transito Diario Promedio Anual de 3,561 Vehículos, valor correspondiente al año 2010 [16]. Ver Gráfica VII.1.



Gráfica VII.1 Comparativa del Incremento del Tránsito Anual. [17].

VII.2.- DETERMINACIÓN DE LA CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA.

La elaboración del mapa de corrosión atmosférica donde se encuentra este puente, depende de un gran número de factores climáticos. En la práctica, se han empleado distintos enfoques para construir estos mapas [19]:

A.- Con base en la medida directa de la corrosividad de la atmósfera a través de sus efectos sobre los materiales metálicos que se exponen en múltiples lugares representativos de una región geográfica [19].

B.- Estimando la corrosión atmosférica en una determinada región geográfica a partir de datos ambientales disponibles y de su efecto en los materiales mediante experimentación a nivel de laboratorio [19].

C.- A partir del conocimiento de las condiciones reales dosis/respuesta en una determinada región geográfica entre corrosión atmosférica y parámetros ambientales [19]. Este es la opción que se utilizó para determinar las características de la atmósfera.

Para emplear el método “C” hay que disponer de las funciones dosis/respuesta propias de la zona como las siguientes variables [19]:

Se considera la ecuación de regresión lineal para la corrosión anual en las diferentes atmósferas del MICAT – MÉXICO, considerando todas las variables.

$$C = 70.68 + 1.819T - 1.14HR + 1.439TDH - 0.029P + 0.0188S + 0.2518Cl.$$

Donde:

C = Velocidad de Corrosión en μm /año

P = Precipitación Media Anual en mm.

T = Temperatura Media Anual en $^{\circ}\text{C}$.

HR = Humedad Relativa Media Anual en %.

TDH = Tiempo de Humectación, Fracción Anual de horas cuando la HR \geq 80%. S = Concentración Media Anual de SO_2 en mg.

Cl = Concentración Media Anual de Cloruros en mg [19].

S = Concentración Media Anual de SO_2 en mg.

Aplicando la ecuación anterior se obtiene la velocidad de corrosión.

RESULTADOS	
T (°C)	27*
HR (%)	76*
TDH (fracc. hrs)	0.58**
P (mm)	1065*
SO ₂ (mg/m ² -Día)	9.6*
Cl(mg/m ² -Día)	23.8*

* Valor obtenido en la zona de estudio [15].

** Valor obtenido de Tabla [20].

$$C = 70.68 + 1.819(27) - 1.14(76) + 1.439(0.58) - 0.029(1065) + 0.0188(9.6) + 0.2518(23.8)$$

$$C = 70.68 + 49.113 - 86.64 + 0.834 - 30.885 + 0.18 + 5.99;$$

$$C = 9.27 \mu\text{m} / \text{año. [17]}$$

El resultado se puede comparar con los valores estadísticos de corrosión en México que se presentan en la **Tabla VII.2** y que muestran que la corrosividad ambiental se encuentra dentro de la media de México.

Tabla VII.2 Características de los datos estadísticos de corrosión y ambientales empleados en México, en el primer año de construcción de las estructuras [19].

VARIABLE	MEDIA	DESVIACION ESTÁNDAR	MÁXIMO	MÍNIMO
C (mm/año)	19.07	9.37	37.5	5.10
T (°C)	20.5	4.8	28.0	14.8
HR (%)	63.4	8.7	78.0	51.0
TDH (fracc. hrs)	0.3037	0.1812	0.5810	0.0000
P (mm)	867	439	1724	374
SO ₃ (mg/m ² -Día)	12.5	7.1	32.1	6.5
CL (mg/m ² -Día)	7.07	10.97	34.40	1.50

Corrosividad Atmosférica a largo plazo.

Para estimar la corrosividad atmosférica a largo plazo, que constituye una información de enorme interés para los ingenieros de diseño y expertos en corrosión, será necesario obtener el tipo de ambiente en el que se encuentra el Puente. El proceso de corrosión de los materiales en la atmósfera obedece, razonablemente a una función del tipo [20].

$$C=A \cdot t^n \quad [1]$$

Donde:

C = Velocidad de Corrosión en μm /año al cabo de **t** años

A = Velocidad de Corrosión en μm /año en el primer año.

t = Años de exposición.

n = Exponente que depende del tipo de atmosfera [19].

Determinación del Tipo de Ambiente. Pasar esta sección a antes de resultados

En la Tabla VII.3 se clasifica la ubicación del puente “El Cayaco” en un ambiente marino por la presencia de cloruros conforme a la Norma ISO 9223 que establece que este ambiente se considera en las proximidades de la costa, hasta una distancia libre al mar de < 5 km [21].

Tabla VII.3 Tipos de ambientes y grado de corrosividad, Norma ISO 9223 [21].

DESIGNACIÓN	DEFINICIÓN	GRADO DE CORROSIVIDAD
RS	AMBIENTE RURAL SECO	BAJO
RH	AMBIENTE RURAL HÚMEDO	MEDIO
IS	AMBIENTE INDUSTRIAL SECO	MEDIO
IH	AMBIENTE INDUSTRIAL HÚMEDO	SEVERO
M	AMBIENTE MARINO	SEVERO
IM	AMBIENTE INDUSTRIAL - MARINO	MUY SEVERO

Evaluated el tipo de ambiente, se aplica la **tabla VII.4** para determinar el valor de la exponente n

Tabla VII.4 Posible valores de la exponente n para diferentes materiales y tipos de atmósferas [19].

MATERIAL	ATMÓSFERA RURAL	ATMÓSFERA URBANO-INDUSTRIAL	ATMÓSFERA MARINA
ACERO	0.50	0.60	0.70
CINC	0.65	0.90	0.90
COBRE	0.60	0.70	0.70
ALUMINIO	0.70	0.90	0.75

Aplicando la ecuación anterior para una atmósfera marina y para los 36 años de antigüedad que presenta el puente, se obtiene la velocidad de corrosión presente.

$$C = 9.27 \times 36^{(0.7)}$$

$$C = 113.89 \mu\text{m} / \text{año. Ó bien;}$$

$$C = 0.113 \text{ mm} / \text{año} [13].$$

Se considera el valor de velocidad de corrosión a largo plazo en unidades de $\mu\text{m}/\text{año}$, para clasificar el nivel de corrosión del material de acuerdo a la **Tabla VII.5**.

Tabla VII.5 Clasificación de niveles de corrosión de acuerdo a los valores de velocidad de corrosión atmosférica [6].

VELOCIDAD DE CORROSIÓN	NIVEL DE CORROSIÓN
SI $C < 0.0011 \text{ mm} / \text{año}$	DESPRECIABLE
SI $0.0011 < C < 0.0011 \text{ mm} / \text{año}$	MODERADO
SI $0.005 < C < 0.0011 \text{ mm} / \text{año}$	ELEVADO
SI $C > 0.011 \text{ mm} / \text{año}$	MUY ELEVADO

VII.3.- RESULTADOS.

En la Foto VII.1 se marcan los lugares dónde se obtuvieron los núcleos de concreto para la realización de las pruebas, y en la Tabla VII.6 se da la nomenclatura empleada.



Tabla VII.6 Nomenclatura empleada.

Nº ESPECIMEN	PARTES DEL PUENTE
PCD1	DADO COLUMNA1
PCD2	DADO COLUMNA 2
PCPT1	TRABE VIGA GERBER
PCC1	COLUMNA 1
PCC2	COLUMNA 2

VII.3.1.- RESISTIVIDAD ELÉCTRICA.

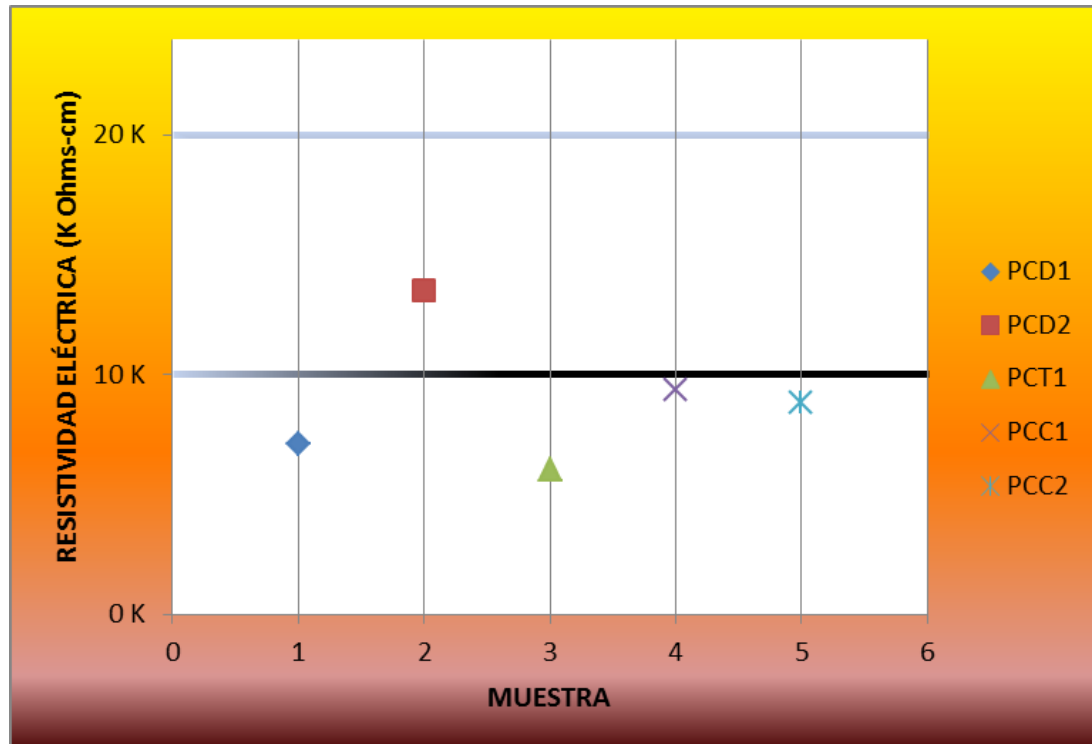
La prueba de Resistividad se ejecutó en el laboratorio de acuerdo al procedimiento descrito y se realizó a los núcleos extraídos del puente “El Cayaco”. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla VII.7 y se muestran en la Gráfica VII.2.

Tabla VII.7 Resultados de la prueba de Resistividad Eléctrica.

ESPÉCIMEN	ÁREA cm ²	ALTURA (cm)	A/L	LECTURA Ohm	RESISTIVIDAD K Ohm -cm
PCD1	37.61	8.26	4.55	1.56*1K	7.10
PCD2	37.83	9.26	4.09	3.30*1K	13.50
PCT1	37.72	7.77	4.85	1.25*1K	6.06
PCC1	37.28	10.15	3.67	2.55*1K	9.36
PCC2	38.16	11.89	3.21	2.75*1K	8.83

Los criterios de Evaluación son los siguientes:

$p > 200 \text{ k ohms.cm}$	Poco riesgo de Corrosión
$200 > p > 10\text{k ohms.cm}$	Riesgo moderado de Corrosión
$p < 10 \text{ k ohms.cm}$	Alto Riesgo de Corrosión



Gráfica VII.2 Resultados de la prueba de Resistividad Eléctrica.

VII.3.2.- ULTRASONIDO.

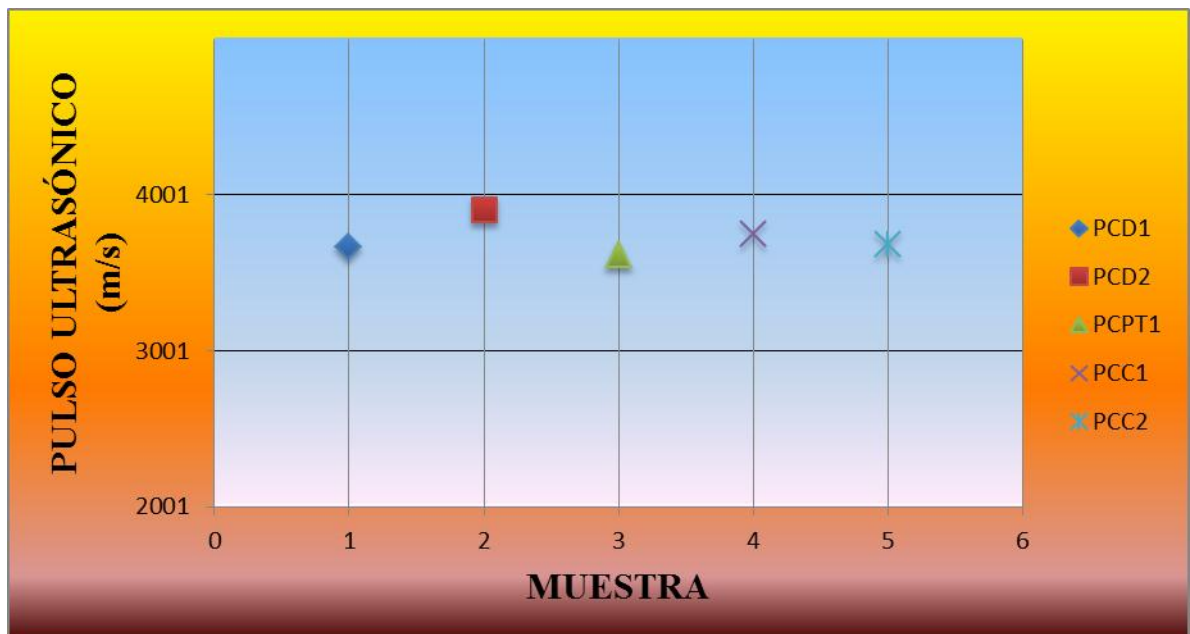
La prueba de Ultrasonido se ejecutó en el laboratorio de acuerdo al procedimiento descrito y se realizó a los núcleos extraídos del puente “El Cayaco”. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla VII.8 Resultados de la prueba de Pulso Ultrasónico.

ESPÉCIMEN	TIEMPO (seg)	DISTANCIA (m)	PULSO V (m/s)
PCD1	22.52	0.083	3668
PCD2	23.70	0.093	3907
PCT1	21.50	0.078	3614
PCC1	27.10	0.102	3745
PCC2	32.32	0.119	3679

Los criterios de evaluación son los siguientes:

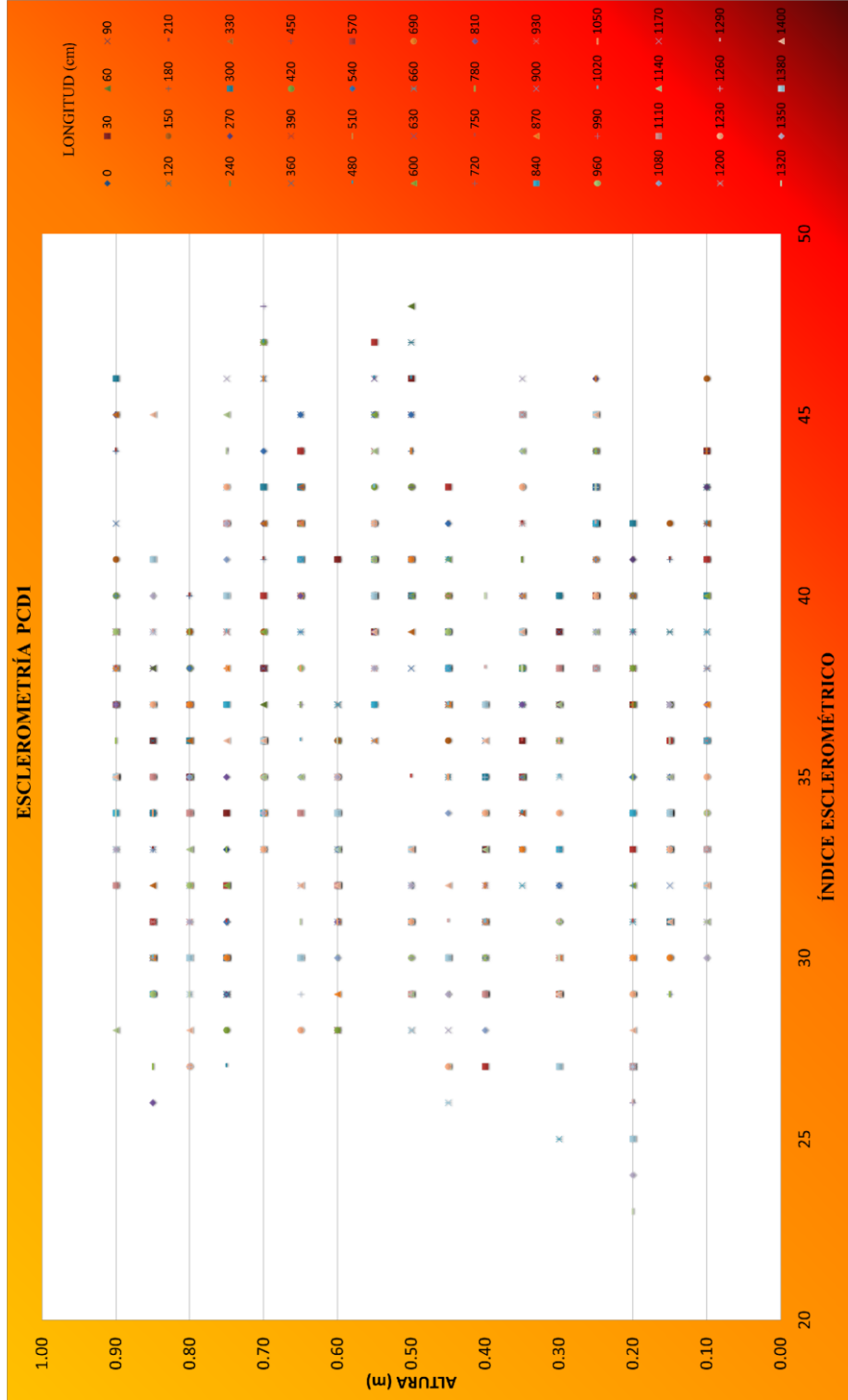
VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN	CALIDAD DEL CONCRETO
< 2000 m/s	Deficiente
2001 a 3000 m/s	Normal
3001 a 4000 m/s	Alta
> 4000 m/s	Durable



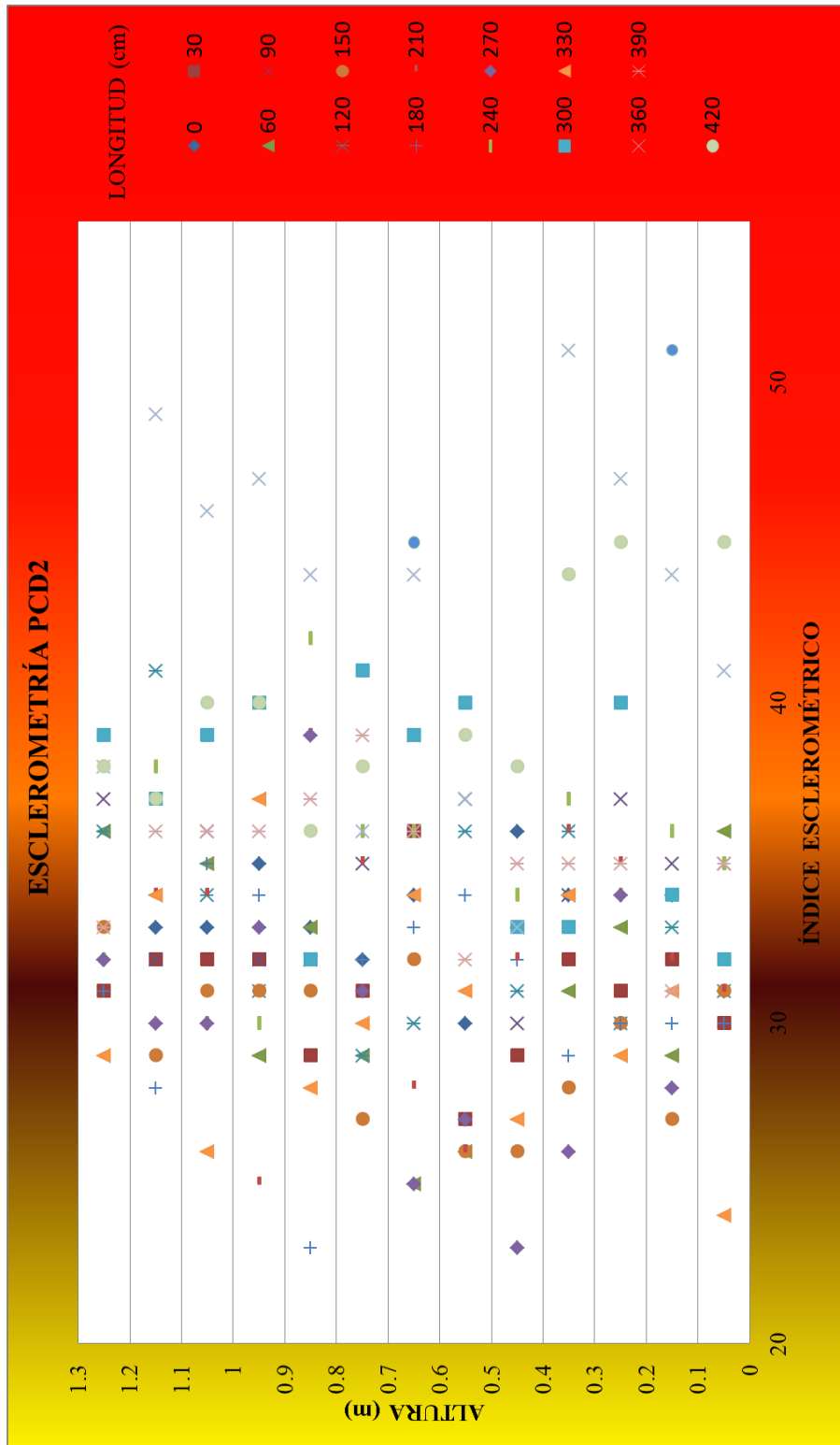
Gráfica VII.3 Resultados de la prueba de Pulso Ultrasónico

VII.3.3.- ESCLEROMETRÍA.

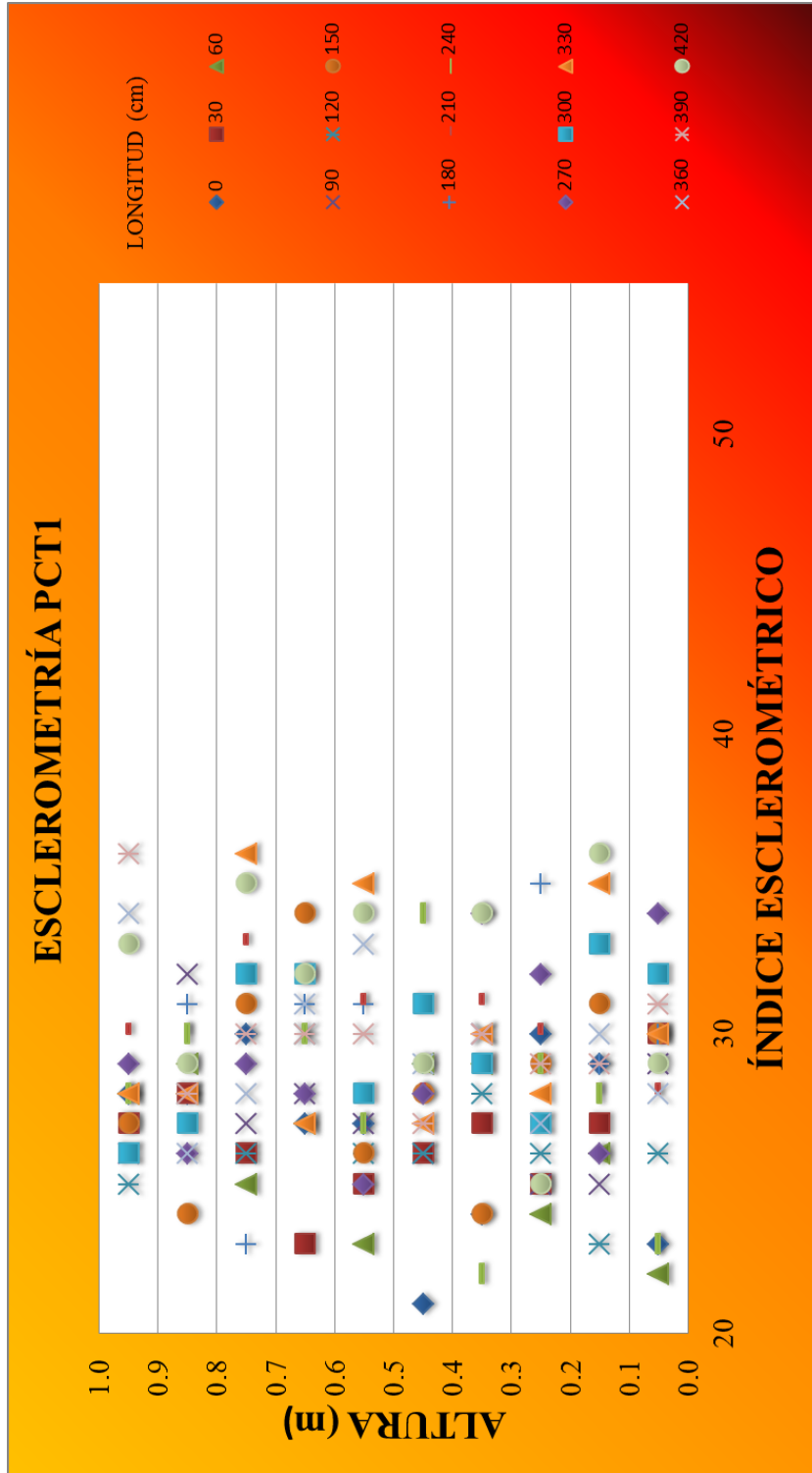
Los resultados obtenidos son los siguientes:



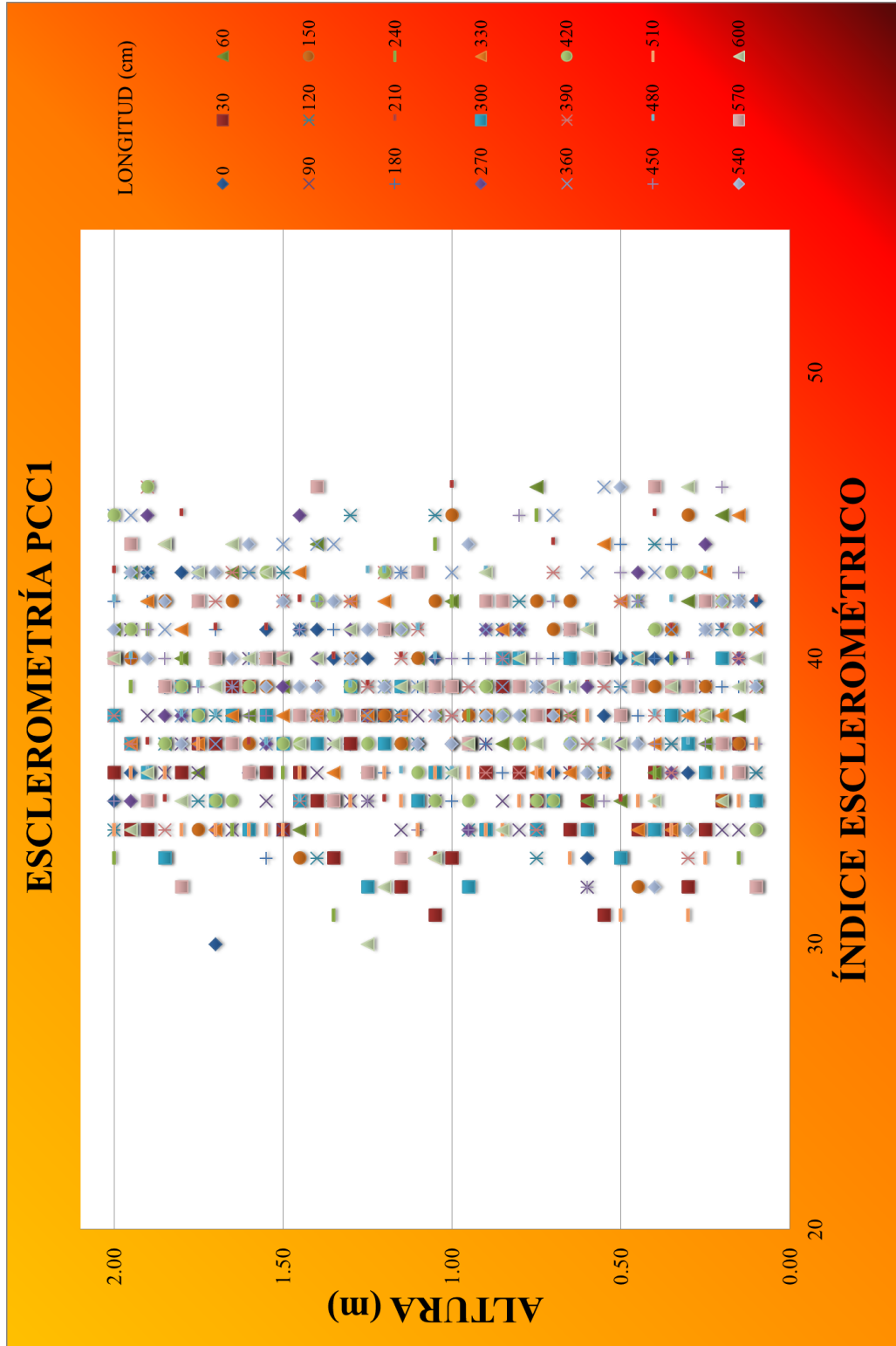
Gráfica VII.4 Resultados de la prueba Dado 1 (PCD1) del Índice Esclerométrico VS Altura.



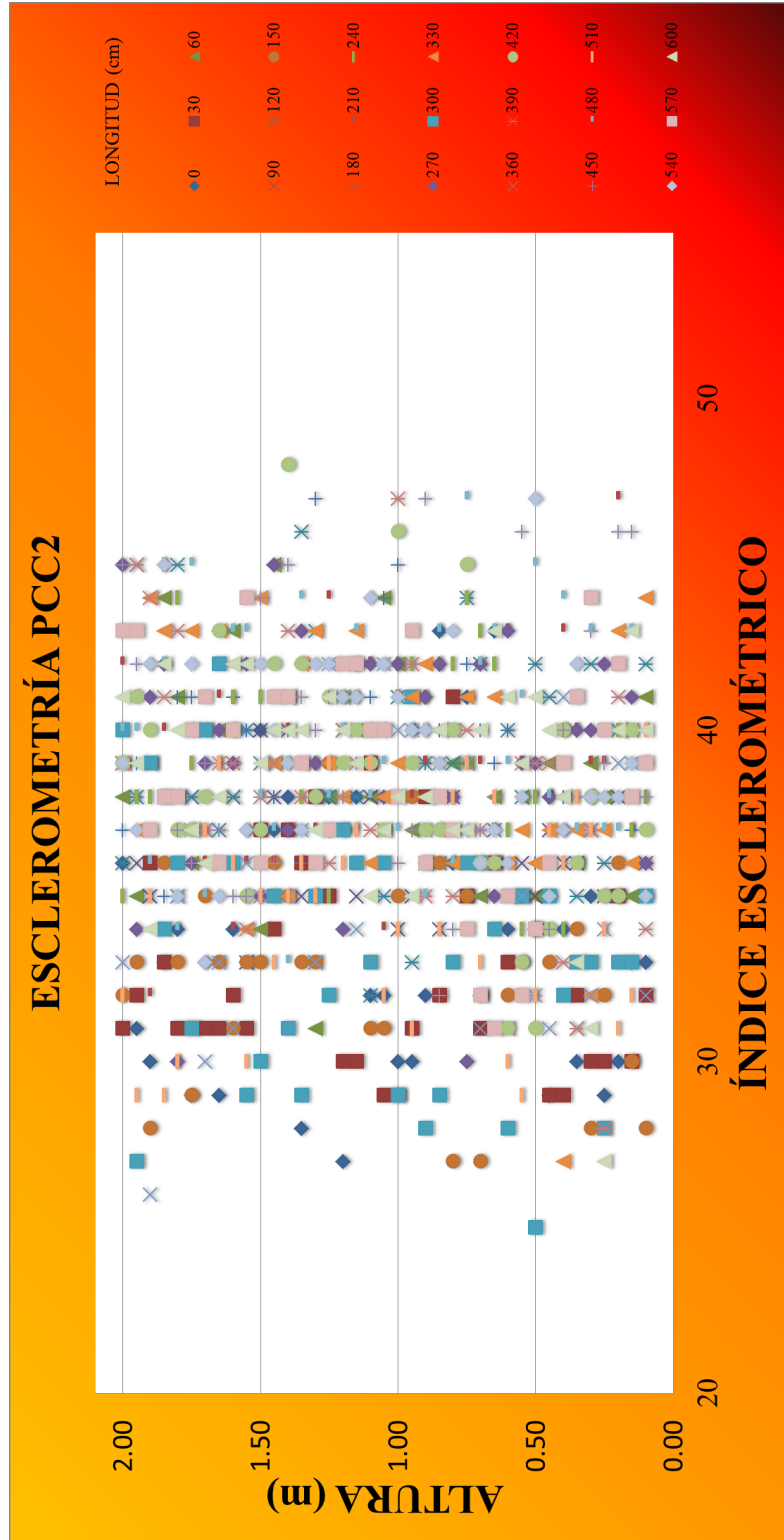
Gráfica VII.5 Resultados de la prueba a la Dado 2 (PCD2) del Índice Esclerométrico VS Altura



Gráfica VII.6 Resultados de la prueba a la Viga-Gerber (PCT1) del Índice Esclerométrico VS Altura.



Gráfica VII.7 Resultados de la prueba a la Columna 1 (PCC1) del Índice Esclerométrico VS Altura.



Gráfica VII.8 Resultados de la prueba a la Columna 2 (PCC2) del Índice Esclerométrico VS Altura.

VII.3.4.- PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla VII.9 Resultados de la prueba de Carbonatación en Dado 1

PCD1					
ESPESOR CARBONATADO X (mm)	ESPESOR RECUBRIMIENTO (mm)	TIEMPO T (AÑOS)	CONSTANTE DE CARBONATACIÓN K (mm/año ^{0.5})	RECUBRIMIENTO PROPUESTO (mm)	PREDICCIÓN EN AÑOS
22	50	36	3.667	10	7
				20	30
				22	36
				40	119
				48	171
				50	186

Tabla VII.10 Resultados de la prueba de Carbonatación en Dado 2

.PCD2					
ESPESOR CARBONATADO X (mm)	ESPESOR RECUBRIMIENTO (mm)	TIEMPO T (AÑOS)	CONSTANTE DE CARBONATACIÓN K (mm/año ^{0.5})	RECUBRIMIENTO PROPUESTO (mm)	PREDICCIÓN EN AÑOS
1	42	36	0.167	1	36
				20	14343
				30	32271
				42	63251

Tabla VII.11 Resultados de la prueba de Carbonatación en Viga- Gerber

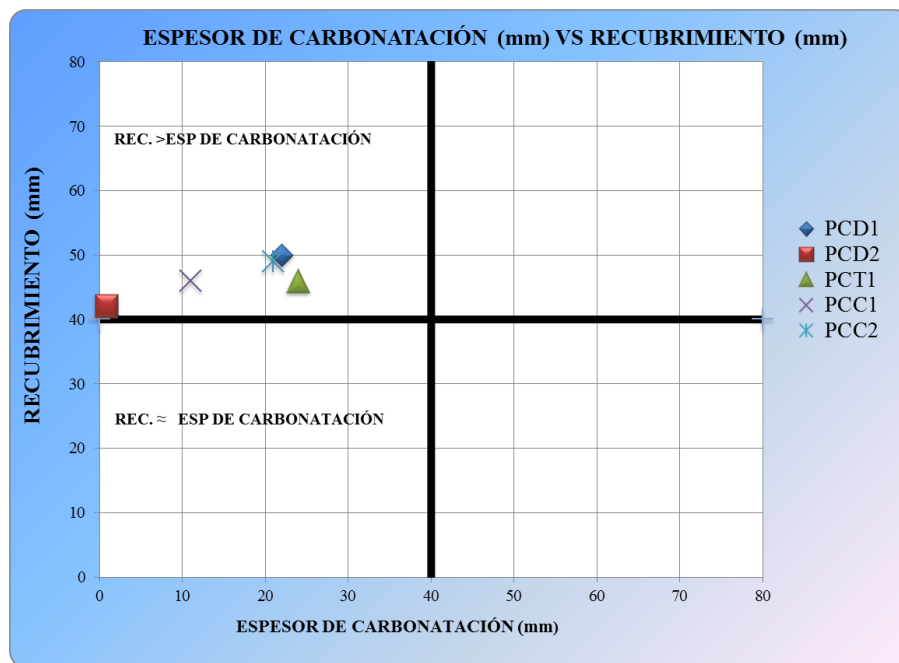
PCT1					
ESPESOR CARBONATADO X (mm)	ESPESOR RECUBRIMIENTO (mm)	TIEMPO T (AÑOS)	CONSTANTE DE CARBONATACIÓN K (mm/año ^{0.5})	RECUBRIMIENTO PROPUESTO (mm)	PREDICCIÓN EN AÑOS
24	46	36	4.00	10	6
				20	25
				25	39
				35	77
				40	100
				46	132

Tabla VII.12 Resultados de la prueba de Carbonatación en Columna 1

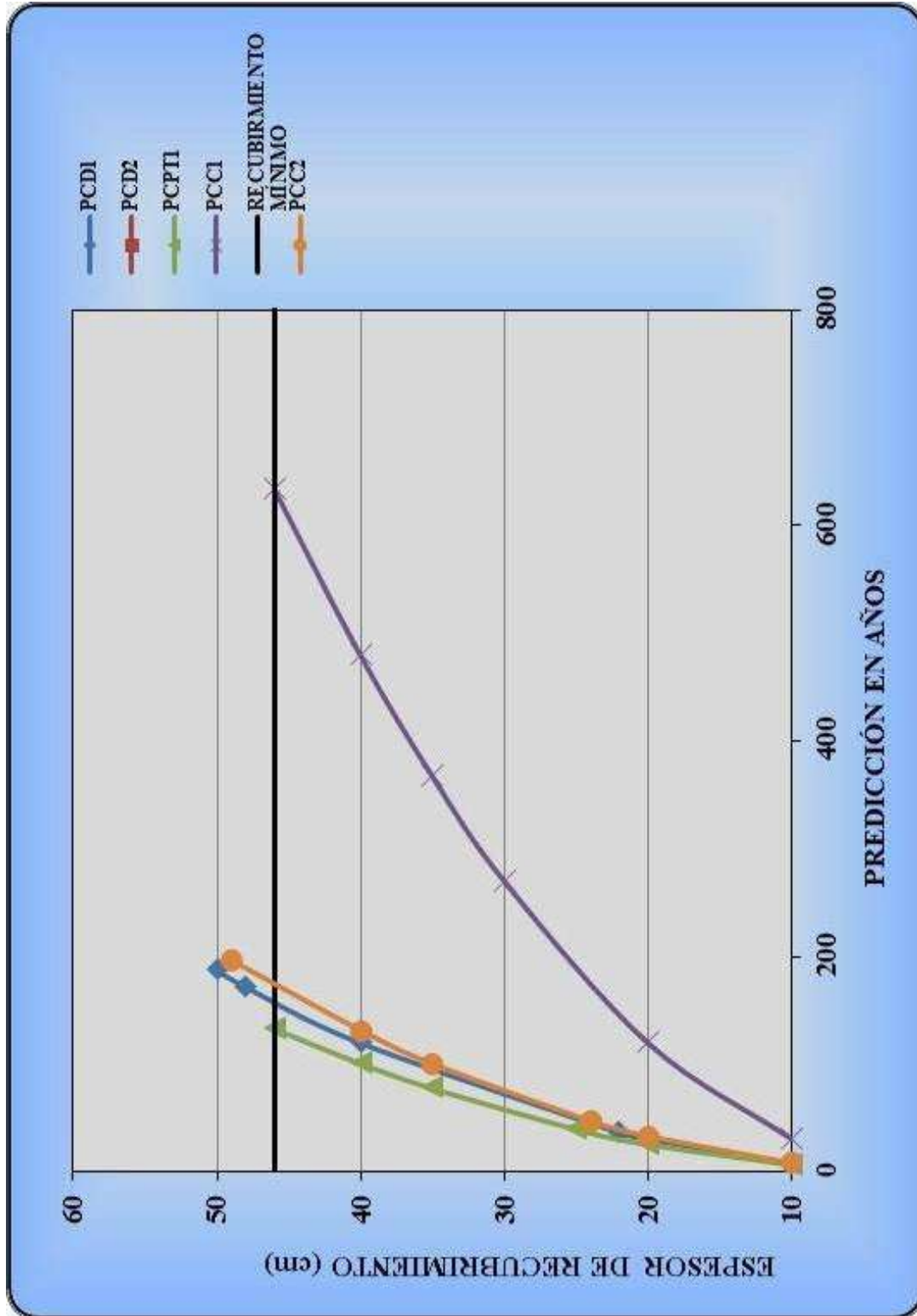
PCC1					
ESPESOR CARBONATADO X (mm)	ESPESOR RECUBRIMIENTO (mm)	TIEMPO T (AÑOS)	CONSTANTE DE CARBONATACIÓN K (mm/ año ^{0.5})	RECUBRIMIENTO PROPUESTO (mm)	PREDICCIÓN EN AÑOS
11	46	36	1.83	10	30
				20	119
				30	269
				35	366
				40	478
				46	632

Tabla VII.13 Resultados de la prueba de Carbonatación en Columna 2

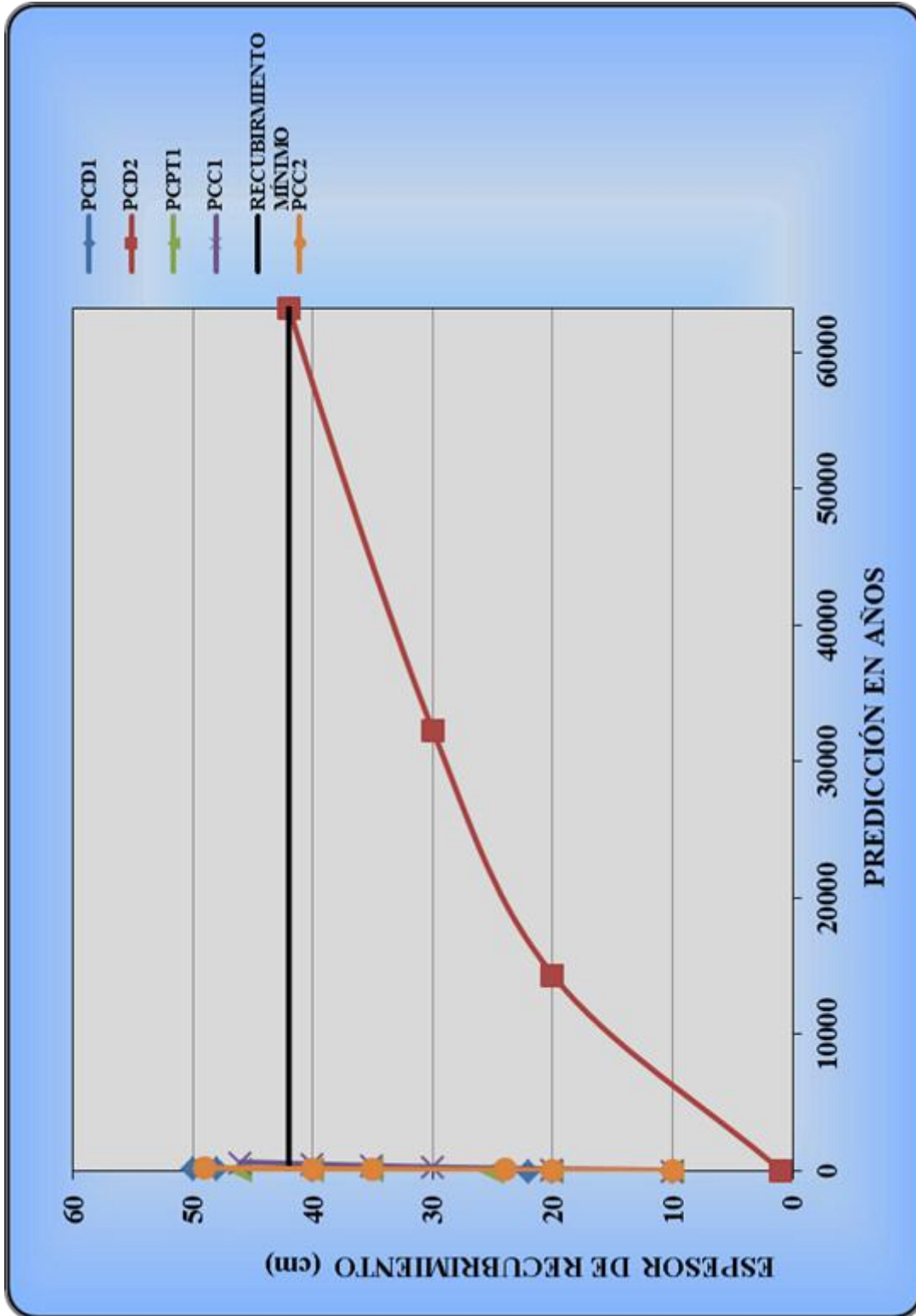
PCC2					
ESPESOR CARBONATADO X (mm)	ESPESOR RECUBRIMIENTO (mm)	TIEMPO T (AÑOS)	CONSTANTE DE CARBONATACIÓN K (mm/ año ^{0.5})	RECUBRIMIENTO PROPUESTO (mm)	PREDICCIÓN EN AÑOS
21	49	36	3.50	10	8
				20	33
				24	47
				35	100
				40	131
				49	196



Gráfica VII.10 Resultados de la prueba de Carbonatación VS Recubrimiento



Gráfica VII.11 Resultados de la prueba de Velocidad de Carbonatación.



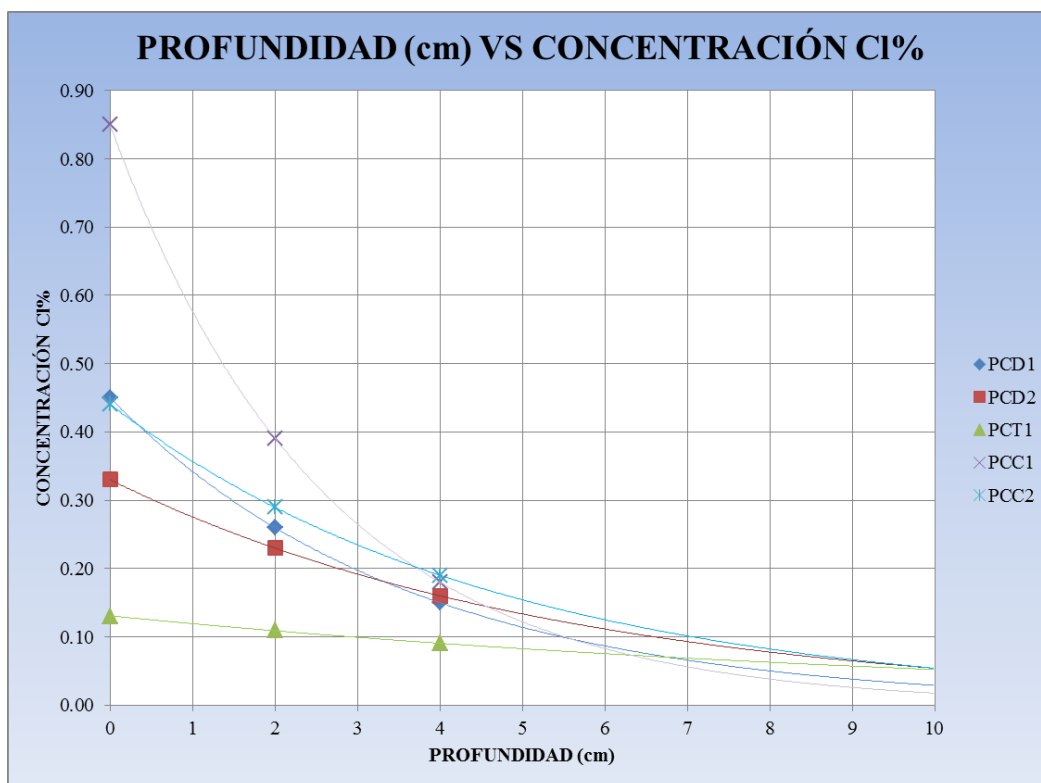
Gráfica VII.11 Resultados de la prueba de Velocidad de Carbonatación.

VII.3.5.- CONCENTRACIÓN DE CLORUROS.

La prueba de Concentración de cloruros se ejecutó en el laboratorio del IMT con el procedimiento de comparación de estándares y se realizó a las muestras de polvo extraído del puente “El Cayaco”. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla VII.13 Resultados de la prueba de Concentración de cloruros en porcentaje respecto al concreto.

CONCENTRACIÓN DE CLORUROS % CONCRETO		
MUESTRA	PROFUNDIDAD	
	2 cm	4 cm
PCD1	0.26	0.15
PCD2	0.23	0.16
PCT1	0.11	0.09
PCC1	0.39	0.18
PCC2	0.29	0.19



Gráfica VII.12 Resultados de la prueba de Perfil de Concentración de cloruros en porcentaje respecto al concreto.

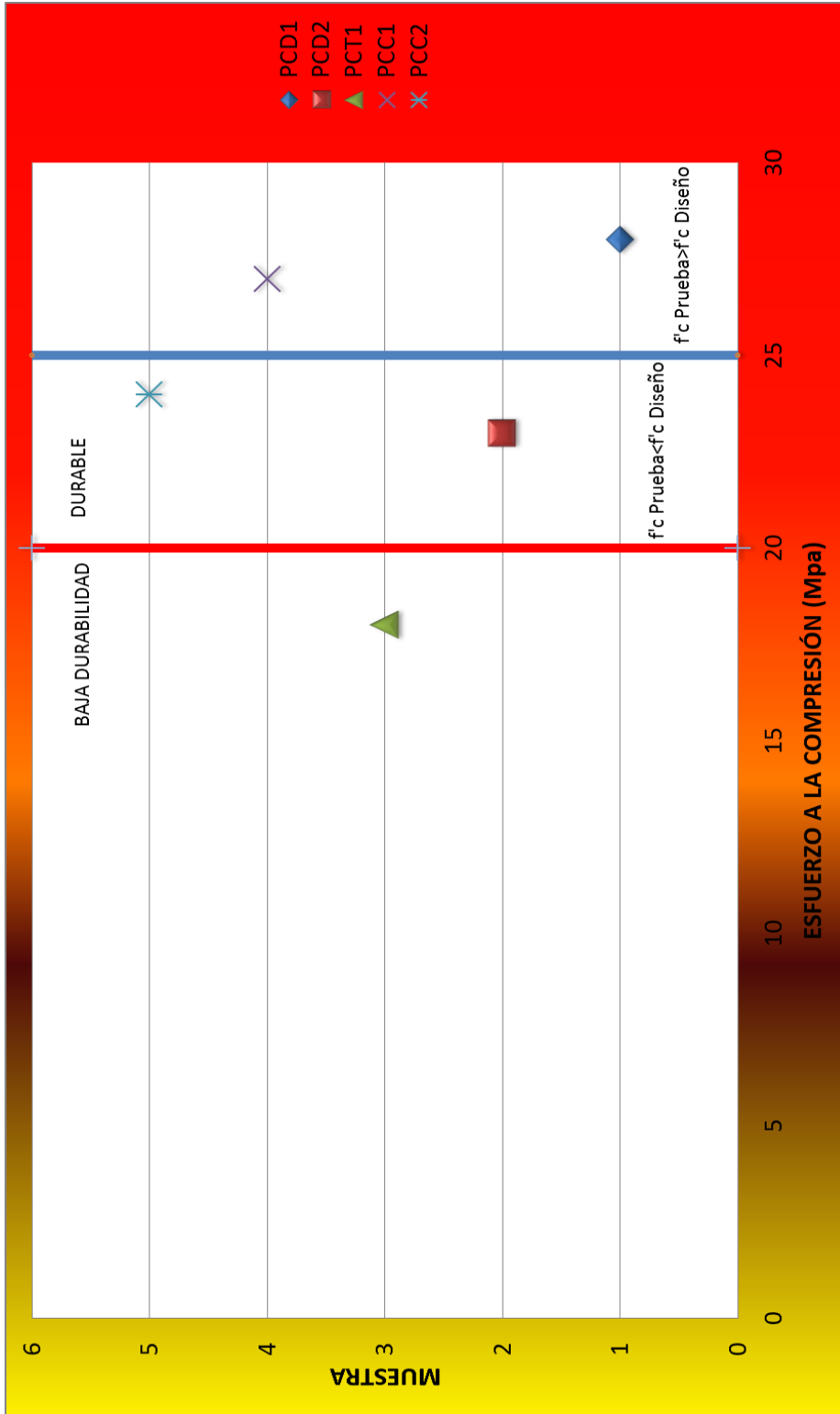
VII.3.6.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

La prueba de Resistencia a la compresión se ejecutó en el laboratorio de acuerdo al procedimiento previamente descrito y se realizó a los núcleos extraídos del puente “El Cayaco”. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla VII.14 Resultados de la prueba de Resistencia a la compresión.

COMPRESIÓN SIMPLE						
ESPÉCIMEN	DIÁMETRO (cm)	ALTURA SIN CABECEAR(cm)	ALTURA CABECEADO(cm)	H/D	FACTOR CORRELACION	ÁREA (cm ²)
PCD1	6.92	8.26	9.01	1.30	0.92	37.61
PCD2	6.94	9.26	10.61	1.53	0.95	37.83
PCT1	6.93	7.77	8.61	1.24	0.90	37.72
PCC1	6.89	10.15	11.62	1.69	0.97	37.28
PCC2	6.97	11.89	14.12	2.03	1.00	38.16

COMPRESIÓN SIMPLE						
ESPÉCIMEN	VOL (cm ³)	PESO (g)	PESO (kg)/VOL (cm ³)	CARGA MAX (kg)	RESISTENCIA CORREGIDA kg/cm ³	RESISTENCIA (Mpa)
PCD1	310.66	719.76	2316.87	11500.00	281.00	28.00
PCD2	350.31	876.91	2503.24	9450.00	237.00	23.00
PCT1	293.08	695.98	2374.71	6050.00	188.00	18.00
PCC1	378.39	931.32	2461.27	10425.00	271.00	27.00
PCC2	453.72	1143.11	2519.42	9350.00	245.00	24.00



Gráfica VII.12 Resultados de la prueba de Compresión

VII.3.7.- ABSORCIÓN CAPILAR.

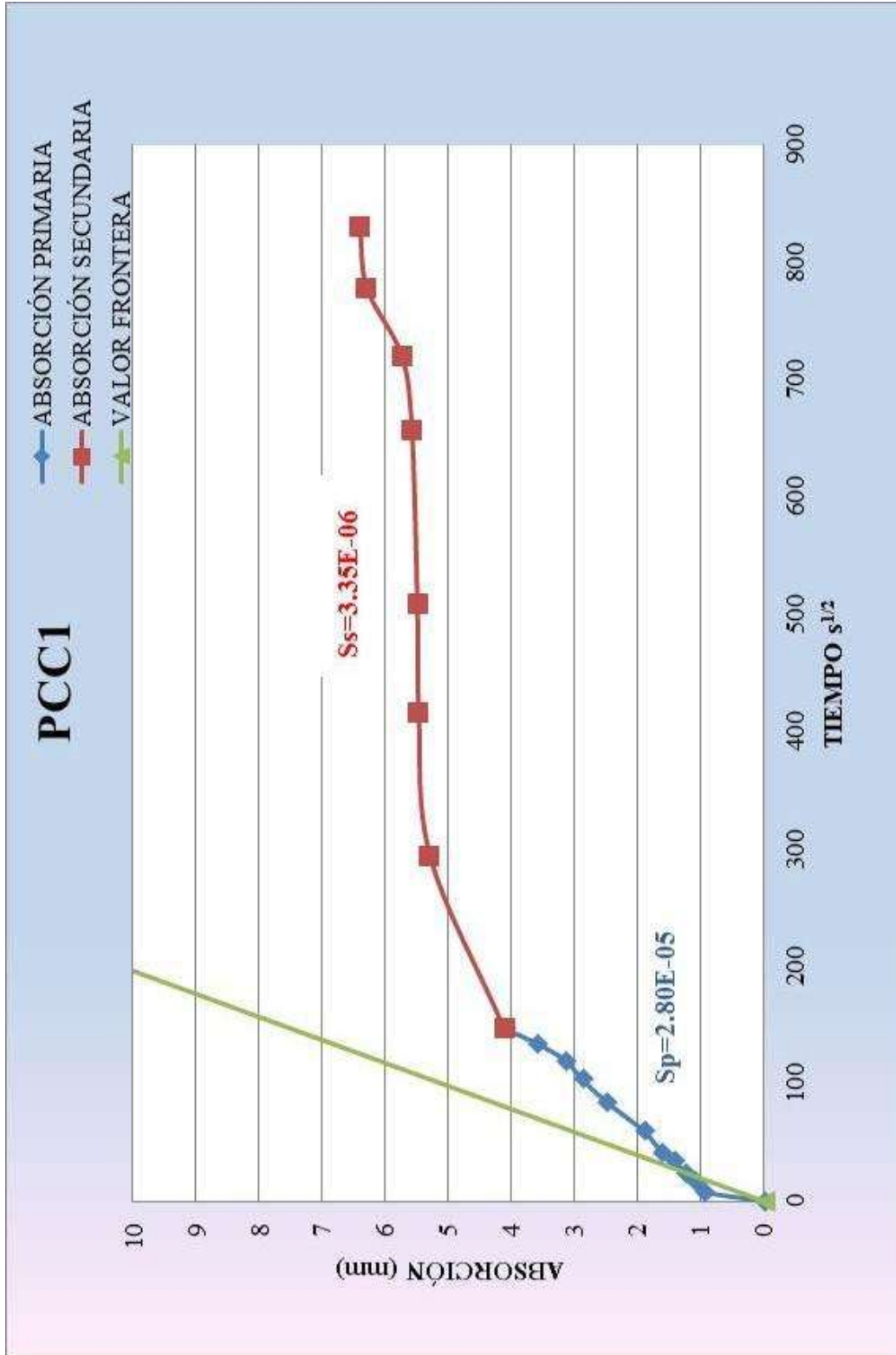
Los resultados fueron los siguientes:

Tabla VII.15 Resultados de la prueba Fagerlund PCC1.

<u>Prueba</u>	<u>FAGERLUND</u>	<u>Fecha de Ensayo:</u>	<u>25 de junio de</u> <u>2011</u>
<u>Espécimen</u>	<u>PCC1</u>	<u>Material</u>	<u>Concreto</u> <u>Columna.</u>
<u>Edad</u>	<u>36 años</u>	<u>Edad de Extracción (Días)</u>	<u>22</u>
<u>Peso Inicial (g)</u>	<u>402.53</u>	<u>Peso con cera y plastico</u> <u>(g)</u>	<u>404.92</u>
<u>Diametro (mm)</u>	<u>68.9</u>	<u>Area (mm²)</u>	<u>3728</u>
<u>ALTURA (mm)</u>	<u>50.2</u>		
<u>Temp Del agua</u> <u>(°C)</u>	<u>21</u>		

DÍAS	TIEMPO (s)	TIEMPO (s ^{1/2})	PESO (g)	D PESO (g)	I (mm)		
	0	0	404.92	0.00	0.0000	Sp	2.80E-05
	60	8	408.48	3.56	0.9549	Ti	0
	300	17	409.04	4.12	1.1052	Tf	147
	600	24	409.59	4.67	1.2527	li	0.0000
	1200	35	410.22	5.30	1.4217	If	4.1121
	1800	42	410.94	6.02	1.6148		
	3600	60	412.03	7.11	1.9072		
	7200	85	414.25	9.33	2.5027	Ss	3.35E-06
	10800	104	415.65	10.73	2.8782	Ti	147
	14400	120	416.66	11.74	3.1491	Tf	831
	18000	134	418.29	13.37	3.5864	li	4.1121
	21600	147	420.25	15.33	4.1121	If	6.4002
1	86400	294	424.64	19.72	5.2897		
2	172800	416	425.30	20.38	5.4667		
3	259200	509	425.38	20.46	5.4882		
5	432000	657	425.71	20.79	5.5767		
6	518400	720	426.30	21.38	5.7350		
7	604800	778	428.38	23.46	6.2929		
8	691200	831	428.78	23.86	6.4002		

AGUA
ABS
1.50



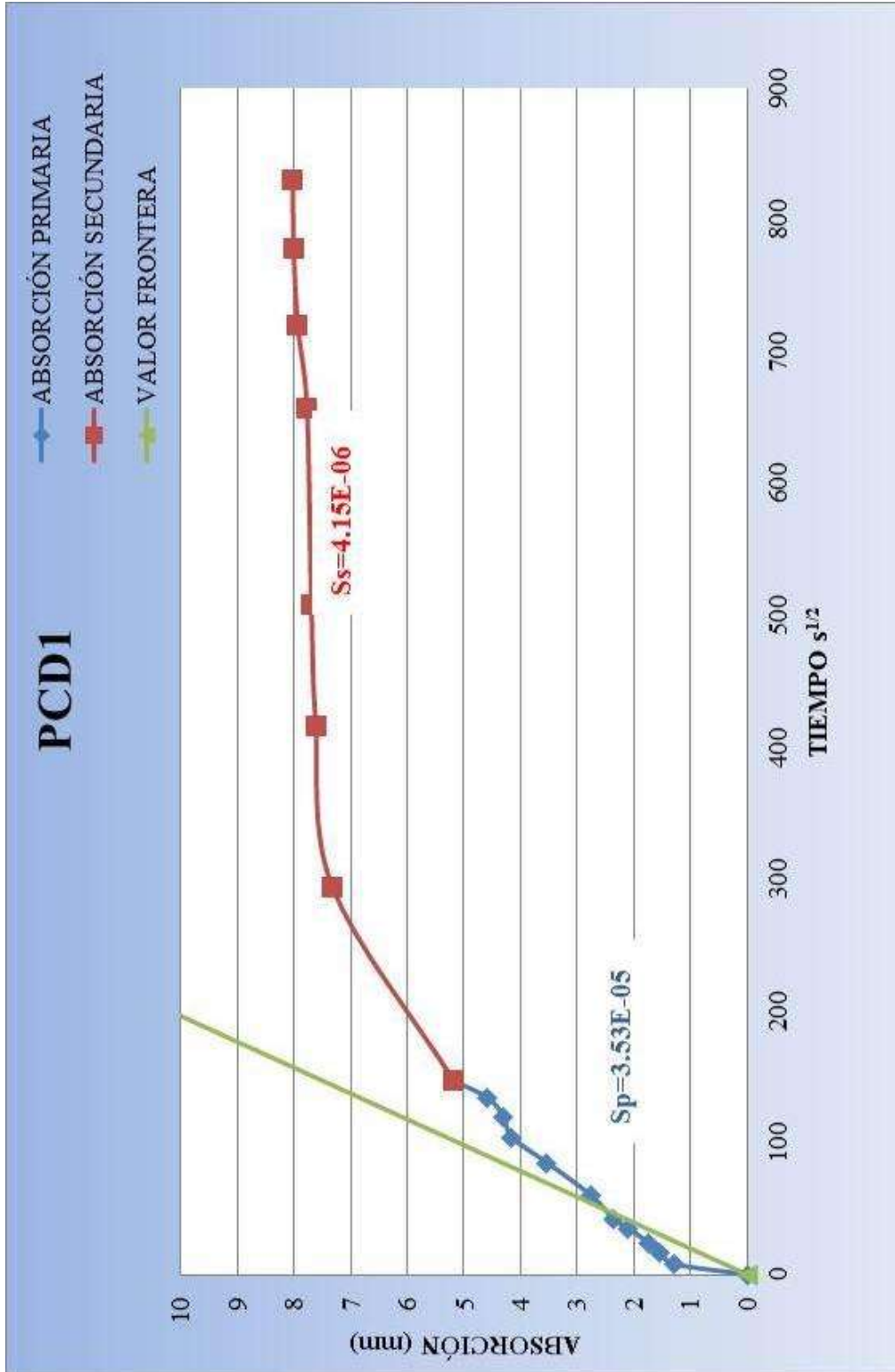
Gráfica VII.13 Resultados de la prueba Fagerlund PCC1.

Tabla VII.16 Resultados de la prueba Fagerlund PCD1

<u>Prueba</u>	<u>FAGERLUND</u>	<u>Fecha de Ensayo:</u>	<u>25 de junio de</u>
<u>Espécimen</u>	<u>PCD1</u>	<u>Material</u>	<u>2011</u>
<u>Edad</u>	<u>36 AÑOS</u>	<u>Edad de Extracción (Días)</u>	<u>Concreto dado.</u>
<u>Peso Inicial (g)</u>	<u>399.82</u>	<u>Peso con cera y plastico</u>	<u>22</u>
<u>Diametro (mm)</u>	<u>69.2</u>	<u>(g)</u>	<u>402.83</u>
<u>ALTURA (mm)</u>	<u>49.8</u>	<u>Area (mm²)</u>	<u>3761</u>
<u>Temp Del agua</u>			
<u>(°C)</u>	<u>21</u>		

DÍAS	TIEMPO (s)	TIEMPO (s ^{1/2})	PESO (g)	D PESO (g)	I (mm)		
	0	0	402.83	0.00	0.0000	Sp	3.53E-05
	60	8	407.72	4.89	1.3002	Ti	0
	300	17	408.63	5.80	1.5421	Tf	147
	600	24	409.37	6.54	1.7389	Ii	0.0000
	1200	35	410.71	7.88	2.0952	If	5.1821
	1800	42	411.68	8.85	2.3531		
	3600	60	413.19	10.36	2.7546		
	7200	85	416.13	13.30	3.5363	Ss	4.15E-06
	10800	104	418.45	15.62	4.1532	Ti	147
	14400	120	419.03	16.20	4.3074	Tf	831
	18000	134	420.05	17.22	4.5786	Ii	5.1821
	21600	147	422.32	19.49	5.1821	If	8.0191
1	86400	294	430.37	27.54	7.3225		
2	172800	416	431.47	28.64	7.6150		
3	259200	509	431.77	28.94	7.6948		
5	432000	657	432.06	29.23	7.7719		
6	518400	720	432.68	29.85	7.9367		
7	604800	778	432.95	30.12	8.0085		
8	691200	831	432.99	30.16	8.0191		

**AGUA
ABS
2.21**



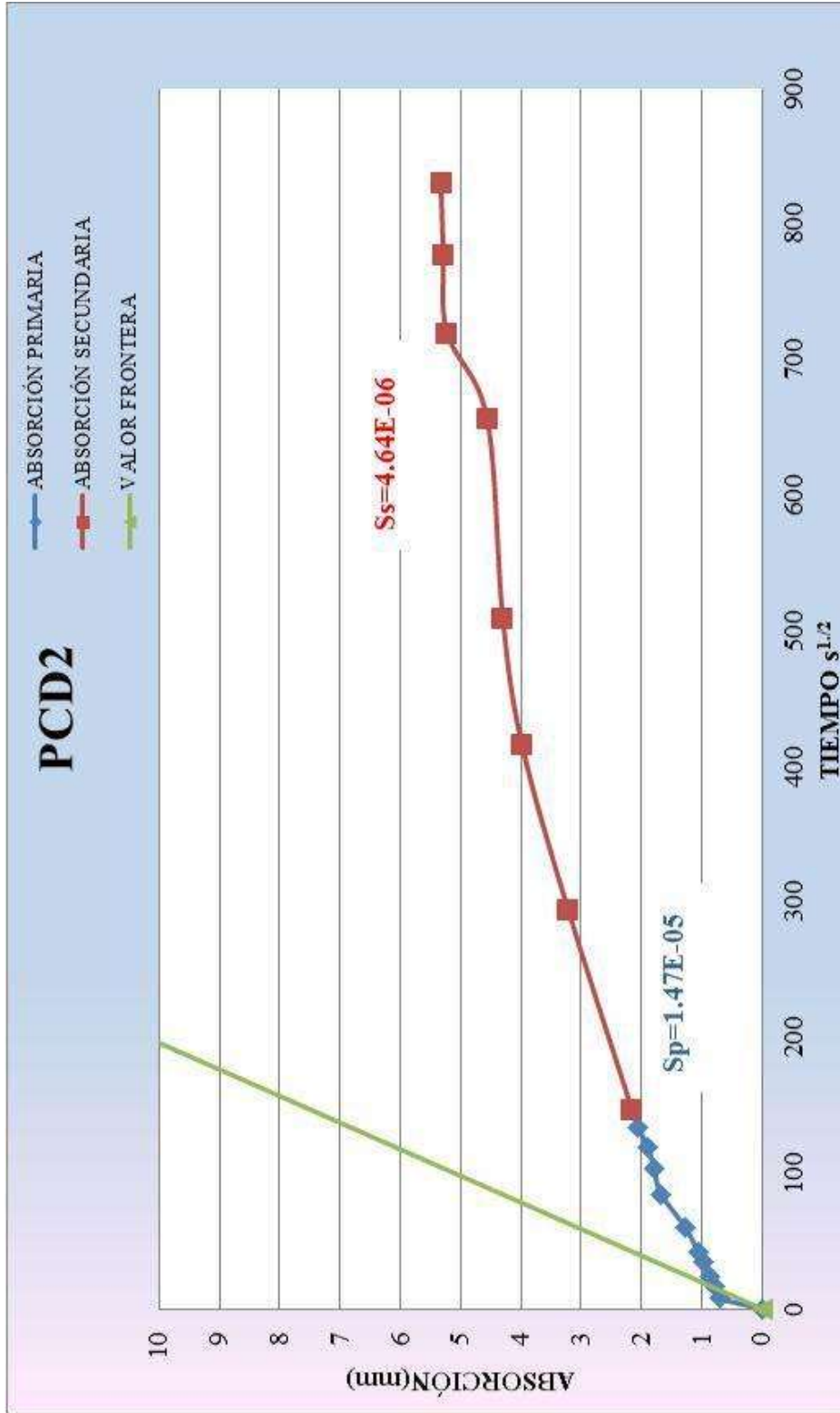
Gráfica VII.14 Resultados de la prueba Fagerlund PCD1

Tabla VII.17 Resultados de la prueba Fagerlund PCD2.

<u>Prueba</u>	<u>FAGERLUND</u>	<u>Fecha de Ensayo:</u>	<u>25 de junio de 2011</u>
<u>Espécimen</u>	<u>PCD2</u>	<u>Material</u>	<u>Concreto Trabe Izq.</u>
<u>Edad</u>	<u>36 AÑOS</u>	<u>Edad de Extracción (Días)</u>	<u>22</u>
<u>Peso Inicial (g)</u>	<u>387.36</u>	<u>Peso con cera y plastico (g)</u>	<u>389.19</u>
<u>Diametro (mm)</u>	<u>69.4</u>	<u>Area (mm²)</u>	<u>3783</u>
<u>ALTURA (mm)</u>	<u>50.2</u>		
<u>Temp Del agua (°C)</u>	<u>21</u>		

DÍAS	TIEMPO (s)	TIEMPO (s ^{1/2})	PESO (g)	D PESO (g)	I (mm)		
	0	0	389.19	0.00	0.0000	Sp	1.47E-05
	60	8	391.88	2.69	0.7111	Ti	0
	300	17	392.18	2.99	0.7904	Tf	147
	600	24	392.42	3.23	0.8538	Ii	0.0000
	1200	35	392.88	3.69	0.9754	If	2.1597
	1800	42	393.23	4.04	1.0679		
1	3600	60	394.01	4.82	1.2741		
2	7200	85	395.56	6.37	1.6838	Ss	4.64E-06
3	10800	104	395.98	6.79	1.7949	Ti	147
4	14400	120	396.39	7.20	1.9033	Tf	831
5	18000	134	396.99	7.80	2.0619	Ii	2.1597
6	21600	147	397.36	8.17	2.1597	If	5.3317
1	86400	294	401.36	12.17	3.2170		
2	172800	416	404.27	15.08	3.9863		
3	259200	509	405.47	16.28	4.3035		
5	432000	657	406.46	17.27	4.5652		
6	518400	720	408.98	19.79	5.2313		
7	604800	778	409.20	20.01	5.2895		
8	691200	831	409.36	20.17	5.3317		

**AGUA
ABS
1.04**



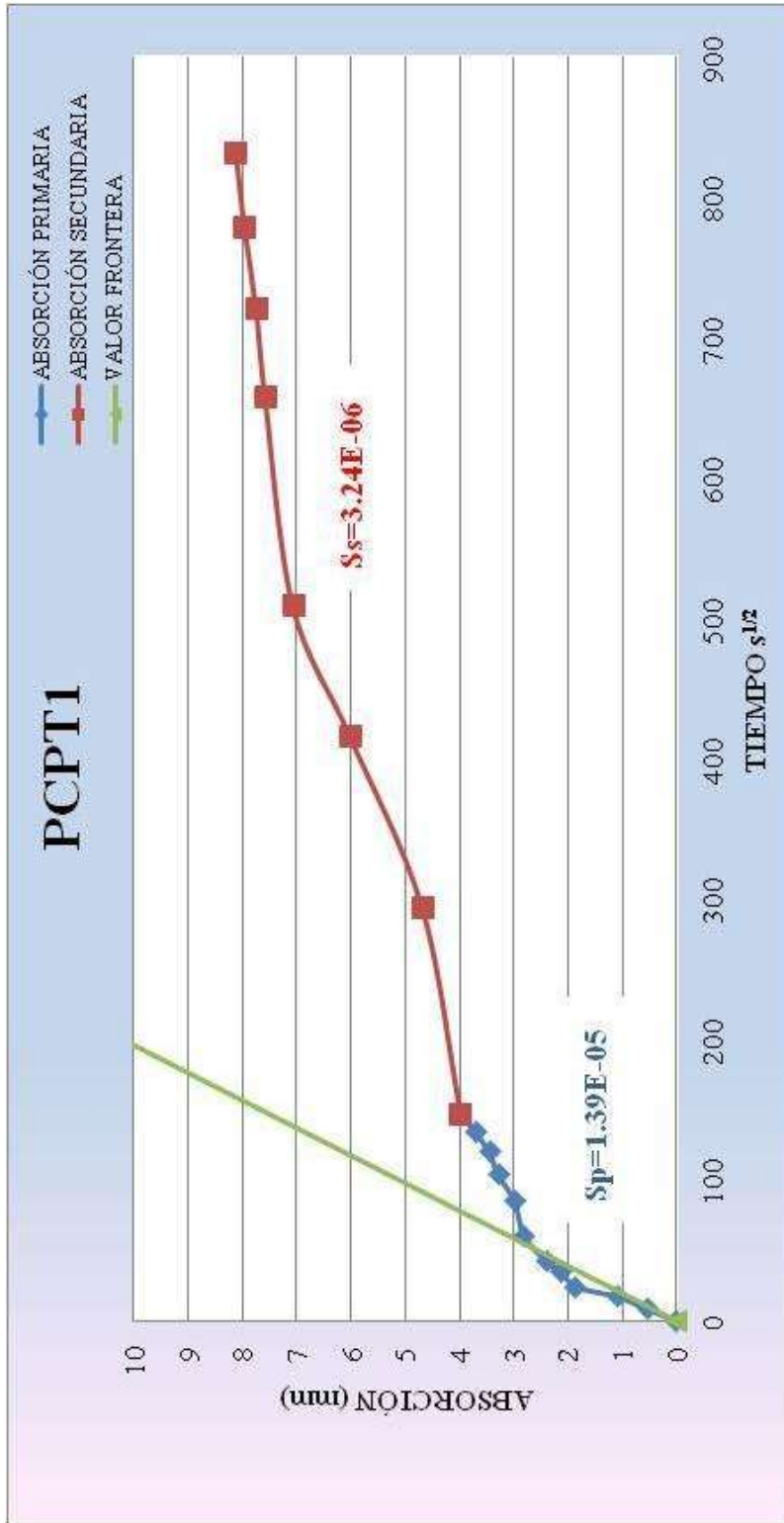
Gráfica VII.15 Resultados de la prueba Fagerlund PCD2.

Tabla VII.16 Resultados de la prueba Fagerlund PCT1

<u>Prueba</u>	<u>FAGERLUND</u>	<u>Fecha de Ensayo:</u>	<u>25 de junio de</u> <u>2011</u>
<u>Espécimen</u>	<u>PCPT1</u>	<u>Material</u>	<u>Concreto Trabe</u>
<u>Edad</u>	<u>36 AÑOS</u>	<u>Edad de Extracción (Días)</u>	<u>Der.</u> <u>22</u>
<u>Peso Inicial (g)</u>	<u>405.65</u>	<u>Peso con cera y plastico</u> <u>(g)</u>	<u>401.24</u>
<u>Diametro (mm)</u>	<u>69.3</u>	<u>Area (mm²)</u>	<u>3772</u>
<u>ALTURA (mm)</u>	<u>49.8</u>		
<u>Temp Del agua</u> <u>(°C)</u>	<u>21</u>		

DÍAS	TIEMPO (s)	TIEMPO (s ^{1/2})	PESO (g)	D PESO (g)	I (mm)		
	0	0	401.24	0.00	0.0000	Sp	1.39E-05
	60	8	403.25	2.01	0.5329	Ti	0
	300	17	405.36	4.12	1.0923	Tf	509
	600	24	408.25	7.01	1.8584	li	0.0000
	1200	35	409.23	7.99	2.1182	If	7.0705
	1800	42	410.23	8.99	2.3834		
	3600	60	411.82	10.58	2.8049		
	7200	85	412.50	11.26	2.9852	Ss	3.24E-06
	10800	104	413.65	12.41	3.2900	Ti	509
	14400	120	414.26	13.02	3.4517	Tf	831
	18000	134	415.23	13.99	3.7089	li	7.0705
	21600	147	416.25	15.01	3.9793	If	8.1151
1	86400	294	418.92	17.68	4.6872		
2	172800	416	423.93	22.69	6.0154		
3	259200	509	427.91	26.67	7.0705		
5	432000	657	429.83	28.59	7.5795		
6	518400	720	430.45	29.21	7.7439		
7	604800	778	431.25	30.01	7.9560		
8	691200	831	431.85	30.61	8.1151		

**AGUA
ABS**
2.22



Gráfica VII.16 Resultados de la prueba Fagerlund PCPT1

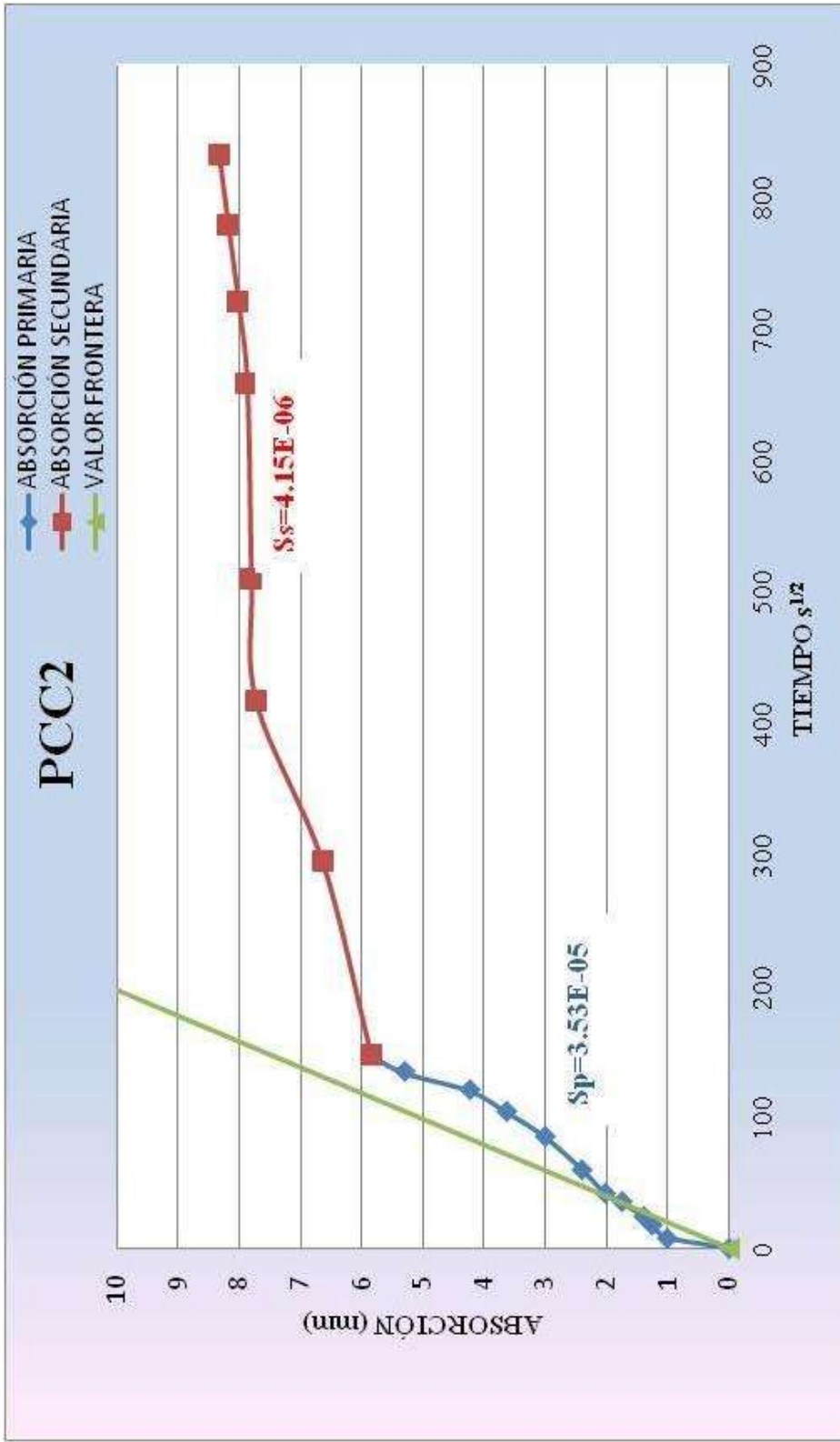
Tabla VII.18 Resultados de la prueba Fagerlund PCC2.

<u>Prueba</u>	<u>FAGERLUND</u>	<u>Fecha de Ensayo:</u>	<u>25 de junio de</u> <u>2011</u>
<u>Espécimen</u>	<u>PCC2</u>	<u>Material</u>	<u>Concreto Trabe</u>
<u>Edad</u>	<u>36 AÑOS</u>	<u>Edad de Extracción (Días)</u>	<u>Der.</u> <u>22</u>
<u>Peso Inicial (g)</u>	<u>362.62</u>	<u>Peso con cera y plastico</u>	<u>365.23</u>
<u>Diametro (mm)</u>	<u>69.7</u>	<u>Area (mm²)</u>	<u>3816</u>
<u>ALTURA (mm)</u>	<u>50.1</u>		
<u>Temp Del agua</u> <u>(°C)</u>	<u>21</u>		

DÍAS	TIEMPO (s)	TIEMPO (s ^{1/2})	PESO (g)	D PESO (g)	I (mm)		
	0	0	365.23	0.00	0.0000	Sp	1.53E-05
	60	8	369.05	3.82	1.0127	Ti	0
	300	17	369.95	4.72	1.2513	Tf	509
	600	24	370.52	5.29	1.4024	Ii	0.0000
	1200	35	371.86	6.63	1.7577	If	7.8102
	1800	42	372.88	7.65	2.0281		
	3600	60	374.30	9.07	2.4046		
	7200	85	376.58	11.35	3.0090	Ss	1.65E-06
	10800	104	378.95	13.72	3.6373	Ti	509
	14400	120	381.20	15.97	4.2338	Tf	831
	18000	134	385.25	20.02	5.3075	Ii	7.8102
	21600	147	387.25	22.02	5.8378	If	8.3404
1	86400	294	390.27	25.04	6.6384		
2	172800	416	394.40	29.17	7.7333		
3	259200	509	394.69	29.46	7.8102		
5	432000	657	394.95	29.72	7.8791		
6	518400	720	395.50	30.27	8.0249		
7	604800	778	396.12	30.89	8.1893		
8	691200	831	396.69	31.46	8.3404		

**AGUA
ABS**

2.11



Gráfica VII.17 Resultados de la prueba Fagerlund PCC2.

VII.3.8.- MEDICIÓN DE POTENCIALES.

Los resultados obtenidos de las mediciones de potencial de media celda en el **PCD1**, fueron los siguientes:

Donde:

l= longitud (m)

h= altura (m)

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el **PCD1 1/10**

h (m) \ km	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
0.90	-0.062	-0.045	-0.035	-0.028	-0.063	-0.026	-0.024	-0.031	-0.024	-0.031	-0.024	-0.001	-0.001	-0.010	-0.001	-0.005	-0.018	-0.005	-0.020	-0.024	-0.022	-0.005	-0.010	-0.017	-0.011	-0.021	-0.030	0.002	-0.032	-0.035	-0.018
0.85	-0.081	-0.055	-0.075	-0.045	-0.098	-0.033	-0.038	-0.062	-0.045	-0.038	-0.065	0.006	-0.009	-0.015	-0.018	-0.005	-0.030	0.002	-0.032	-0.035	-0.018	-0.009	-0.005	-0.030	-0.020	-0.030	-0.033	-0.035	-0.005	-0.040	-0.020
0.80	-0.100	-0.089	-0.096	-0.075	-0.107	-0.046	-0.045	-0.081	-0.075	-0.045	-0.068	0.004	-0.015	-0.032	-0.020	-0.010	-0.040	0.001	-0.045	-0.055	-0.020	-0.010	-0.003	-0.040	-0.033	-0.045	-0.049	-0.052	-0.003	-0.030	-0.033
0.75	-0.119	-0.105	-0.125	-0.099	-0.116	-0.059	-0.059	-0.096	-0.099	-0.059	-0.089	0.002	-0.022	-0.034	-0.030	-0.025	-0.045	-0.010	-0.055	-0.065	-0.045	-0.020	-0.005	-0.045	-0.046	-0.060	-0.065	-0.069	-0.139	-0.045	-0.046
0.70	-0.138	-0.125	-0.133	-0.115	-0.125	-0.085	-0.079	-0.100	-0.122	-0.079	-0.102	-0.020	-0.135	-0.040	-0.045	-0.040	-0.055	-0.026	-0.078	-0.089	-0.064	-0.030	-0.080	-0.055	-0.059	-0.075	-0.081	-0.086	0.003	-0.055	-0.059
0.65	-0.157	-0.144	-0.143	-0.122	-0.134	-0.137	-0.121	-0.119	-0.130	-0.090	-0.135	-0.120	-0.165	-0.047	-0.105	-0.165	-0.165	-0.123	-0.120	-0.152	-0.181	-0.043	-0.098	-0.101	-0.059	-0.090	-0.097	-0.103	-0.098	-0.065	-0.107
0.60	-0.176	-0.165	-0.146	-0.127	-0.143	-0.163	-0.142	-0.128	-0.135	-0.162	-0.168	-0.135	-0.168	-0.065	-0.165	-0.205	-0.205	-0.208	-0.209	-0.175	-0.212	-0.214	-0.116	-0.123	-0.072	-0.105	-0.113	-0.120	-0.116	-0.075	-0.120
0.55	-0.195	-0.186	-0.159	-0.132	-0.152	-0.176	-0.152	-0.144	-0.151	-0.189	-0.188	-0.158	-0.174	-0.086	-0.185	-0.210	-0.225	-0.214	-0.221	-0.206	-0.237	-0.245	-0.134	-0.145	-0.085	-0.120	-0.129	-0.137	-0.134	-0.130	-0.133
0.50	-0.214	-0.207	-0.172	-0.137	-0.181	-0.206	-0.208	-0.209	-0.152	-0.212	-0.214	-0.216	-0.175	-0.206	-0.208	-0.225	-0.226	-0.221	-0.230	-0.224	-0.244	-0.254	-0.139	-0.167	-0.098	-0.135	-0.145	-0.154	-0.080	-0.177	-0.094
0.45	-0.233	-0.228	-0.185	-0.180	-0.210	-0.226	-0.228	-0.230	-0.224	-0.244	-0.254	-0.268	-0.181	-0.206	-0.218	-0.235	-0.248	-0.228	-0.235	-0.233	-0.250	-0.261	-0.152	-0.189	-0.111	-0.150	-0.161	-0.171	-0.144	-0.135	-0.146
0.40	-0.269	-0.249	-0.198	-0.192	-0.243	-0.248	-0.249	-0.245	-0.233	-0.250	-0.261	-0.271	-0.256	-0.208	-0.221	-0.238	-0.266	-0.234	-0.245	-0.237	-0.255	-0.262	-0.170	-0.211	-0.124	-0.165	-0.177	-0.188	-0.160	-0.121	-0.159
0.35	-0.269	-0.261	-0.269	-0.272	-0.260	-0.266	-0.252	-0.256	-0.244	-0.265	-0.269	-0.292	-0.288	-0.262	-0.269	-0.260	-0.277	-0.252	-0.256	-0.250	-0.266	-0.274	-0.188	-0.233	-0.137	-0.180	-0.193	-0.205	-0.176	-0.125	-0.172
0.30	-0.276	-0.269	-0.279	-0.289	-0.269	-0.274	-0.262	-0.256	-0.242	-0.264	-0.266	-0.278	-0.273	-0.259	-0.266	-0.251	-0.271	-0.249	-0.251	-0.244	-0.265	-0.269	-0.224	-0.277	-0.163	-0.210	-0.225	-0.239	-0.208	-0.249	-0.198
0.25	-0.285	-0.270	-0.279	-0.291	-0.271	-0.277	-0.267	-0.259	-0.237	-0.255	-0.262	-0.275	-0.266	-0.254	-0.259	-0.243	-0.271	-0.247	-0.250	-0.239	-0.263	-0.266	-0.242	-0.299	-0.176	-0.225	-0.241	-0.256	-0.224	-0.253	-0.211
0.20	-0.292	-0.276	-0.286	-0.302	-0.277	-0.289	-0.286	-0.265	-0.250	-0.278	-0.271	-0.294	-0.292	-0.266	-0.274	-0.266	-0.289	-0.255	-0.259	-0.288	-0.269	-0.279	-0.260	-0.321	-0.189	-0.240	-0.257	-0.273	-0.240	-0.263	-0.224
0.15	-0.299	-0.288	-0.291	-0.309	-0.283	-0.293	-0.292	-0.272	-0.257	-0.288	-0.279	-0.302	-0.299	-0.269	-0.286	-0.271	-0.289	-0.267	-0.265	-0.292	-0.273	-0.286	-0.278	-0.343	-0.202	-0.255	-0.273	-0.290	-0.256	-0.275	-0.237
0.10	-0.310	-0.294	-0.303	-0.313	-0.284	-0.299	-0.303	-0.273	-0.259	-0.289	-0.281	-0.308	-0.306	-0.273	-0.288	-0.277	-0.307	-0.286	-0.265	-0.299	-0.278	-0.288	-0.296	-0.365	-0.279	-0.270	-0.289	-0.307	-0.272	-0.282	-0.250

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el **PCD1 2/10**

h (m) \ km	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
0.90	-0.009	-0.005	-0.030	-0.020	-0.001	-0.010	-0.001	-0.024	-0.031	-0.024	-0.031	-0.024	-0.054	-0.041	-0.038	-0.054	-0.045	-0.243	-0.239	-0.035	-0.041	-0.063	-0.028	-0.055	-0.036	-0.071	-0.020	-0.045	-0.024	-0.065
0.85	-0.062	-0.045	-0.045	-0.028	-0.035	-0.040	-0.045	-0.035	-0.003	-0.001	-0.032	-0.053	-0.053	-0.051	-0.053	-0.072	-0.058	-0.053	-0.110	-0.063	-0.053	-0.057	-0.062	-0.102	-0.057	-0.069	-0.083	-0.056	-0.050	-0.061
0.80	-0.073	-0.075	-0.059	-0.065	-0.065	-0.030	-0.075	-0.052	-0.139	0.002	-0.045	-0.055	-0.058	-0.062	-0.060	-0.093	-0.069	-0.089	-0.126	-0.064	-0.068	-0.068	-0.087	-0.105	-0.069	-0.107	-0.100	-0.071	-0.098	-0.090
0.75	-0.084	-0.099	-0.079	-0.080	-0.078	-0.045	-0.099	-0.069	0.003	-0.010	-0.055	-0.098	-0.074	-0.071	-0.075	-0.122	-0.074	-0.097	-0.129	-0.068	-0.077	-0.092	-0.092	-0.106	-0.096	-0.109	-0.108	-0.090	-0.157	-0.091
0.70	-0.095	-0.122	-0.038	-0.115	-0.055	-0.055	-0.122	-0.086	-0.098	-0.026	-0.078	-0.106	-0.079	-0.135	-0.094	-0.122	-0.104	-0.105	-0.136	-0.122	-0.085	-0.113	-0.169	-0.128	-0.099	-0.124	-0.119	-0.097	-0.179	-0.119
0.65	-0.106	-0.137	-0.121	-0.109	-0.048	-0.065	-0.137	-0.103	-0.116	-0.123	-0.120	-0.106	-0.083	-0.139	-0.105	-0.127	-0.124	-0.170	-0.154	-0.132	-0.089	-0.147	-0.182	-0.130	-0.132	-0.144	-0.137	-0.100	-0.155	-0.119
0.60	-0.117	-0.165	-0.085	-0.125	-0.098	-0.075	-0.165	-0.120	-0.134	-0.165	-0.221	-0.137	-0.104	-0.161	-0.134	-0.135	-0.136	-0.174	-0.163	-0.162	-0.103	-0.166	-0.209	-0.133	-0.132	-0.152	-0.137	-0.115	-0.165	-0.132
0.55	-0.128	-0.178	-0.098	-0.165	-0.125	-0.130	-0.178	-0.137	-0.080	-0.189	-0.209	-0.142	-0.105	-0.178	-0.139	-0.191	-0.161	-0.198	-0.167	-0.164	-0.131	-0.172	-0.223	-0.160	-0.142	-0.180	-0.149	-0.158	-0.178	-0.132
0.50	-0.139	-0.189	-0.059	-0.199	-0.138	-0.177	-0.189	-0.154	-0.144	-0.201	-0.230	-0.159	-0.159	-0.189	-0.153	-0.221	-0.182	-0.199	-0.167	-0.202	-0.134	-0.173	-0.232	-0.161	-0.161	-0.197	-0.176	-0.158	-0.198	-0.176
0.45	-0.150	-0.190	-0.111	-0.204	-0.165	-0.135	-0.200	-0.171	-0.160	-0.252	-0.256	-0.205	-0.186	-0.212	-0.172	-0.228	-0.201	-0.223	-0.176	-0.205	-0.134	-0.203	-0.242	-0.175	-0.185	-0.207	-0.178	-0.160	-0.201	-0.244
0.40	-0.161	-0.201	-0.124	-0.226	-0.202	-0.121	-0.211	-0.188	-0.176	-0.249	-0.245	-0.216	-0.189	-0.218	-0.189	-0.242	-0.206	-0.234	-0.180	-0.208	-0.151	-0.205	-0.252	-0.175	-0.222	-0.208	-0.183	-0.161	-0.235	-0.256
0.35	-0.172	-0.198	-0.137	-0.222	-0.215	-0.125	-0.222	-0.205	-0.192	-0.255	-0.251	-0.218	-0.199	-0.229	-0.192	-0.259	-0.213	-0.237	-0.210	-0.232	-0.180	-0.219	-0.262	-0.207	-0.227	-0.209	-0.189	-0.181	-0.259	-0.259
0.30	-0.194	-0.206	-0.163	-0.248	-0.245	-0.249	-0.244	-0.239	-0.224	-0.267	-0.259	-0.240	-0.229	-0.243	-0.199	-0.260	-0.241	-0.262	-0.210	-0.262	-0.187	-0.247	-0.270	-0.260	-0.230	-0.231	-0.194	-0.184	-0.288	-0.290
0.25	-0.205	-0.201	-0.176	-0.265	-0.265	-0.253	-0.255	-0.256	-0.245	-0.286	-0.265	-0.289	-0.247	-0.248	-0.210	-0.273	-0.254	-0.265	-0.217	-0.272	-0.252	-0.291	-0.292	-0.261	-0.248	-0.234	-0.207	-0.199	-0.292	-0.296
0.20	-0.216	-0.200	-0.189	-0.240	-0.278	-0.263	-0.266	-0.273	-0.264	-0.221	-0.235	-0.304	-0.268	-0.250	-0.242	-0.293	-0.260	-0.271	-0.243	-0.285	-0.267	-0.298	-0.302	-0.306	-0.269	-0.235	-0.235	-0.303	-0.304	
0.15	-0.227	-0.204	-0.202	-0.256	-0.299	-0.288	-0.291	-0.290	-0.283	-0.234	-0.250	-0.307	-0.291	-0.286	-0.275	-0.298	-0.278	-0.295	-0.265	-0.286	-0.305	-0.313	-0.303	-0.312	-0.273	-0.297	-0.239	-0.295	-0.307	-0.307
0.10	-0.238	-0.207	-0.215	-0.272	-0.310	-0.294	-0.303	-0.313	-0.284	-0.247	-0.265	-0.316	-0.295	-0.306	-0.317	-0.319	-0.282	-0.298	-0.259	-0.291	-0.306	-0.313	-0.320	-0.314	-0.290	-0.297	-0.313	-0.298	-0.308	-0.307

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 3/10

$\begin{matrix} \text{Kcm} \\ h (m) \end{matrix}$	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450
0.90	-0.042	-0.085	-0.084	-0.061	-0.014	-0.002	-0.047	-0.033	-0.065	-0.037	-0.024	-0.012	-0.016	-0.019	-0.007	-0.013	-0.034	-0.010	-0.008	-0.007	-0.099	-0.008	-0.030	-0.039	-0.026	-0.009	-0.020	-0.007	-0.005	-0.006
0.85	-0.050	-0.100	-0.082	-0.051	-0.061	-0.002	-0.049	-0.001	0.000	-0.045	-0.029	-0.024	-0.032	-0.057	-0.018	-0.035	-0.044	-0.016	-0.021	-0.051	-0.040	-0.011	-0.090	-0.050	-0.035	-0.027	-0.036	-0.008	-0.032	-0.006
0.80	-0.065	-0.112	-0.097	-0.056	-0.074	-0.015	-0.054	-0.003	-0.013	-0.048	-0.048	-0.028	-0.112	-0.072	-0.062	-0.064	-0.073	-0.031	-0.035	-0.061	-0.085	-0.085	-0.093	-0.065	-0.096	-0.058	-0.046	-0.012	-0.043	-0.029
0.75	-0.092	-0.112	-0.116	-0.089	-0.081	-0.049	-0.062	-0.010	-0.026	-0.065	-0.057	-0.053	-0.116	-0.075	-0.070	-0.074	-0.075	-0.031	-0.065	-0.061	-0.085	-0.091	-0.099	-0.069	-0.100	-0.071	-0.048	-0.022	-0.065	-0.050
0.70	-0.098	-0.112	-0.117	-0.093	-0.158	-0.057	-0.063	-0.016	-0.037	-0.066	-0.071	-0.058	-0.117	-0.104	-0.086	-0.078	-0.093	-0.041	-0.080	-0.065	-0.102	-0.093	-0.108	-0.069	-0.107	-0.077	-0.077	-0.022	-0.066	-0.080
0.65	-0.110	-0.121	-0.129	-0.098	-0.160	-0.070	-0.063	-0.070	-0.067	-0.066	-0.111	-0.073	-0.130	-0.116	-0.091	-0.082	-0.126	-0.045	-0.084	-0.065	-0.141	-0.102	-0.112	-0.070	-0.114	-0.081	-0.097	-0.052	-0.066	-0.084
0.60	-0.116	-0.183	-0.152	-0.128	-0.173	-0.078	-0.085	-0.081	-0.069	-0.071	-0.126	-0.081	-0.138	-0.116	-0.095	-0.132	-0.138	-0.077	-0.132	-0.081	-0.141	-0.115	-0.116	-0.080	-0.125	-0.083	-0.114	-0.090	-0.106	-0.093
0.55	-0.133	-0.196	-0.162	-0.134	-0.175	-0.085	-0.115	-0.095	-0.070	-0.075	-0.144	-0.085	-0.140	-0.158	-0.100	-0.150	-0.138	-0.094	-0.165	-0.086	-0.147	-0.128	-0.122	-0.132	-0.128	-0.084	-0.133	-0.098	-0.135	-0.112
0.50	-0.176	-0.212	-0.162	-0.139	-0.180	-0.099	-0.120	-0.130	-0.106	-0.118	-0.149	-0.103	-0.149	-0.211	-0.117	-0.150	-0.152	-0.096	-0.189	-0.092	-0.164	-0.139	-0.150	-0.170	-0.129	-0.086	-0.133	-0.145	-0.151	-0.189
0.45	-0.177	-0.228	-0.194	-0.182	-0.181	-0.104	-0.138	-0.130	-0.136	-0.131	-0.157	-0.120	-0.153	-0.219	-0.124	-0.168	-0.157	-0.130	-0.208	-0.115	-0.175	-0.161	-0.155	-0.177	-0.145	-0.087	-0.154	-0.153	-0.156	-0.192
0.40	-0.203	-0.242	-0.195	-0.193	-0.203	-0.129	-0.171	-0.139	-0.144	-0.143	-0.157	-0.120	-0.171	-0.219	-0.128	-0.174	-0.152	-0.102	-0.195	-0.114	-0.167	-0.140	-0.159	-0.185	-0.173	-0.103	-0.166	-0.162	-0.174	-0.208
0.35	-0.206	-0.253	-0.199	-0.199	-0.214	-0.171	-0.173	-0.175	-0.159	-0.149	-0.161	-0.125	-0.172	-0.220	-0.145	-0.179	-0.172	-0.150	-0.214	-0.153	-0.179	-0.166	-0.160	-0.193	-0.200	-0.127	-0.172	-0.210	-0.192	-0.209
0.30	-0.222	-0.263	-0.206	-0.222	-0.217	-0.217	-0.178	-0.204	-0.168	-0.152	-0.165	-0.161	-0.195	-0.224	-0.146	-0.192	-0.179	-0.159	-0.215	-0.180	-0.201	-0.169	-0.163	-0.202	-0.222	-0.127	-0.191	-0.217	-0.203	-0.232
0.25	-0.261	-0.264	-0.210	-0.244	-0.229	-0.231	-0.201	-0.238	-0.226	-0.169	-0.168	-0.182	-0.200	-0.237	-0.146	-0.230	-0.181	-0.205	-0.215	-0.180	-0.220	-0.178	-0.163	-0.210	-0.229	-0.129	-0.202	-0.232	-0.203	-0.235
0.20	-0.272	-0.286	-0.242	-0.245	-0.240	-0.233	-0.236	-0.242	-0.239	-0.195	-0.222	-0.184	-0.203	-0.242	-0.192	-0.231	-0.187	-0.239	-0.215	-0.200	-0.225	-0.240	-0.206	-0.212	-0.229	-0.183	-0.232	-0.233	-0.211	-0.242
0.15	-0.278	-0.289	-0.280	-0.258	-0.242	-0.263	-0.251	-0.255	-0.282	-0.202	-0.224	-0.229	-0.215	-0.247	-0.210	-0.243	-0.207	-0.252	-0.226	-0.227	-0.243	-0.249	-0.212	-0.223	-0.239	-0.203	-0.242	-0.238	-0.254	-0.250
0.10	-0.280	-0.291	-0.283	-0.272	-0.242	-0.289	-0.261	-0.262	-0.299	-0.211	-0.225	-0.241	-0.215	-0.250	-0.222	-0.246	-0.244	-0.260	-0.243	-0.228	-0.255	-0.249	-0.216	-0.242	-0.243	-0.241	-0.249	-0.249	-0.259	-0.256

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 4/10

$\begin{matrix} \text{Kcm} \\ h (m) \end{matrix}$	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600
0.90	-0.005	-0.005	-0.003	-0.014	-0.006	-0.030	-0.007	-0.006	-0.013	-0.006	-0.003	-0.019	-0.001	-0.033	-0.001	-0.010	-0.019	-0.030	-0.011	-0.015	-0.010	-0.004	-0.002	-0.007	-0.026	-0.013	-0.044	-0.018	-0.001	-0.010
0.85	-0.007	-0.015	-0.009	-0.027	-0.007	-0.031	-0.009	-0.008	-0.044	-0.010	-0.008	-0.019	-0.005	-0.055	-0.004	-0.020	-0.035	-0.066	-0.024	-0.041	-0.058	-0.019	-0.049	-0.010	-0.042	-0.023	-0.047	-0.020	-0.007	-0.010
0.80	-0.007	-0.061	-0.010	-0.027	-0.010	-0.041	-0.042	-0.010	-0.052	-0.011	-0.039	-0.024	-0.058	-0.059	-0.016	-0.022	-0.039	-0.072	-0.055	-0.044	-0.061	-0.033	-0.058	-0.024	-0.043	-0.024	-0.048	-0.032	-0.016	-0.028
0.75	-0.017	-0.069	-0.019	-0.028	-0.035	-0.046	-0.042	-0.047	-0.077	-0.080	-0.068	-0.045	-0.059	-0.089	-0.027	-0.029	-0.049	-0.076	-0.072	-0.054	-0.080	-0.053	-0.067	-0.029	-0.091	-0.041	-0.058	-0.073	-0.041	-0.052
0.70	-0.048	-0.070	-0.029	-0.068	-0.062	-0.052	-0.067	-0.061	-0.077	-0.096	-0.088	-0.046	-0.071	-0.090	-0.064	-0.063	-0.076	-0.082	-0.072	-0.062	-0.097	-0.057	-0.099	-0.036	-0.096	-0.043	-0.058	-0.076	-0.042	-0.082
0.65	-0.067	-0.072	-0.051	-0.093	-0.111	-0.062	-0.072	-0.070	-0.103	-0.119	-0.090	-0.050	-0.076	-0.092	-0.094	-0.067	-0.081	-0.089	-0.075	-0.066	-0.108	-0.074	-0.117	-0.063	-0.100	-0.045	-0.062	-0.098	-0.051	-0.088
0.60	-0.067	-0.075	-0.064	-0.095	-0.149	-0.069	-0.075	-0.078	-0.116	-0.119	-0.103	-0.053	-0.082	-0.097	-0.095	-0.076	-0.125	-0.100	-0.086	-0.072	-0.127	-0.075	-0.123	-0.082	-0.129	-0.079	-0.069	-0.112	-0.060	-0.099
0.55	-0.091	-0.093	-0.074	-0.096	-0.162	-0.069	-0.077	-0.087	-0.116	-0.126	-0.124	-0.056	-0.085	-0.160	-0.113	-0.098	-0.131	-0.108	-0.091	-0.094	-0.127	-0.091	-0.125	-0.096	-0.140	-0.090	-0.070	-0.137	-0.080	-0.102
0.50	-0.108	-0.120	-0.110	-0.108	-0.186	-0.084	-0.134	-0.102	-0.118	-0.133	-0.129	-0.070	-0.094	-0.164	-0.126	-0.104	-0.156	-0.111	-0.098	-0.105	-0.130	-0.112	-0.126	-0.105	-0.157	-0.116	-0.070	-0.144	-0.080	-0.103
0.45	-0.129	-0.139	-0.117	-0.125	-0.192	-0.088	-0.155	-0.171	-0.160	-0.171	-0.131	-0.102	-0.103	-0.165	-0.127	-0.124	-0.167	-0.113	-0.101	-0.105	-0.131	-0.118	-0.168	-0.120	-0.158	-0.136	-0.099	-0.145	-0.118	-0.165
0.40	-0.148	-0.141	-0.140	-0.151	-0.202	-0.090	-0.181	-0.141	-0.151	-0.158	-0.155	-0.111	-0.129	-0.174	-0.161	-0.174	-0.167	-0.138	-0.113	-0.105	-0.164	-0.123	-0.172	-0.128	-0.164	-0.161	-0.111	-0.154	-0.161	-0.184
0.35	-0.216	-0.154	-0.142	-0.154	-0.209	-0.095	-0.189	-0.133	-0.138	-0.147	-0.163	-0.147	-0.135	-0.179	-0.182	-0.177	-0.180	-0.141	-0.122	-0.105	-0.171	-0.148	-0.206	-0.139	-0.192	-0.162	-0.137	-0.188	-0.177	-0.197
0.30	-0.216	-0.155	-0.165	-0.154	-0.210	-0.150	-0.194	-0.114	-0.121	-0.136	-0.176	-0.158	-0.143	-0.186	-0.184	-0.178	-0.185	-0.143	-0.134	-0.124	-0.193	-0.150	-0.214	-0.179	-0.208	-0.186	-0.172	-0.202	-0.177	-0.235
0.25	-0.223	-0.183	-0.171	-0.162	-0.215	-0.168	-0.208	-0.184	-0.164	-0.177	-0.187	-0.176	-0.170	-0.210	-0.185	-0.181	-0.195	-0.160	-0.173	-0.145	-0.194	-0.163	-0.230	-0.179	-0.220	-0.195	-0.188	-0.204	-0.194	-0.242
0.20	-0.225	-0.205	-0.209	-0.206	-0.223	-0.182	-0.221	-0.187	-0.220	-0.186	-0.219	-0.214	-0.230	-0.236	-0.240	-0.214	-0.198	-0.183	-0.189	-0.169	-0.197	-0.176	-0.231	-0.204	-0.221	-0.209	-0.195	-0.204	-0.208	-0.249
0.15	-0.249	-0.213	-0.210	-0.231	-0.238	-0.204	-0.230	-0.187	-0.226	-0.206	-0.226	-0.211	-0.219	-0.216	-0.197	-0.225	-0.220	-0.187	-0.216	-0.176	-0.230	-0.176	-0.235	-0.208	-0.227	-0.222	-0.227	-0.218	-0.212	-0.249
0.10	-0.255	-0.224	-0.215	-0.240	-0.239	-0.226	-0.234	-0.200	-0.228	-0.212	-0.233	-0.202	-0.210	-0.212	-0.197	-0.229	-0.222	-0.233	-0.220	-0.218	-0.235	-0.178	-0.235	-0.236	-0.239	-0.233	-0.238	-0.220	-0.238	-0.256

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 5/10

$h(m)$ \ $k(m)$	605	610	615	620	625	630	635	640	645	650	655	660	665	670	675	680	685	690	695	700	705	710	715	720	725	730	735	740	745	750
0.90	-0.014	-0.005	-0.003	-0.002	-0.067	-0.023	-0.008	-0.005	-0.003	-0.005	-0.024	-0.011	-0.011	-0.010	-0.008	-0.016	-0.011	-0.020	-0.022	-0.049	-0.018	-0.006	-0.032	-0.003	-0.011	-0.027	-0.005	-0.009	-0.008	-0.027
0.85	-0.058	-0.037	-0.030	-0.040	-0.114	-0.043	-0.024	-0.011	-0.030	-0.055	-0.026	-0.011	-0.024	-0.024	-0.020	-0.043	-0.019	-0.036	-0.041	-0.054	-0.019	-0.009	-0.034	-0.007	-0.016	-0.047	-0.035	-0.010	-0.053	-0.028
0.80	-0.083	-0.058	-0.042	-0.041	-0.119	-0.054	-0.031	-0.018	-0.042	-0.076	-0.045	-0.042	-0.040	-0.025	-0.032	-0.094	-0.024	-0.060	-0.042	-0.060	-0.030	-0.018	-0.054	-0.027	-0.020	-0.060	-0.049	-0.014	-0.068	-0.044
0.75	-0.087	-0.076	-0.043	-0.067	-0.127	-0.056	-0.033	-0.027	-0.043	-0.081	-0.055	-0.074	-0.045	-0.025	-0.047	-0.102	-0.026	-0.072	-0.044	-0.078	-0.043	-0.022	-0.070	-0.032	-0.031	-0.081	-0.055	-0.021	-0.070	-0.061
0.70	-0.089	-0.078	-0.045	-0.067	-0.127	-0.060	-0.047	-0.060	-0.045	-0.093	-0.085	-0.083	-0.090	-0.043	-0.055	-0.113	-0.063	-0.107	-0.056	-0.079	-0.073	-0.053	-0.080	-0.045	-0.033	-0.081	-0.069	-0.021	-0.092	-0.081
0.65	-0.092	-0.120	-0.059	-0.068	-0.130	-0.063	-0.050	-0.061	-0.059	-0.094	-0.094	-0.086	-0.104	-0.045	-0.077	-0.114	-0.083	-0.112	-0.072	-0.110	-0.074	-0.080	-0.099	-0.054	-0.075	-0.086	-0.075	-0.025	-0.107	-0.092
0.60	-0.100	-0.123	-0.091	-0.089	-0.152	-0.083	-0.070	-0.091	-0.091	-0.110	-0.101	-0.097	-0.106	-0.045	-0.083	-0.122	-0.099	-0.147	-0.083	-0.128	-0.117	-0.089	-0.116	-0.072	-0.096	-0.122	-0.092	-0.037	-0.110	-0.143
0.55	-0.103	-0.151	-0.117	-0.150	-0.173	-0.102	-0.087	-0.091	-0.117	-0.116	-0.102	-0.110	-0.113	-0.052	-0.093	-0.163	-0.102	-0.165	-0.113	-0.136	-0.117	-0.099	-0.127	-0.110	-0.124	-0.140	-0.095	-0.041	-0.123	-0.150
0.50	-0.110	-0.151	-0.123	-0.172	-0.186	-0.107	-0.107	-0.132	-0.123	-0.122	-0.136	-0.146	-0.119	-0.053	-0.101	-0.166	-0.120	-0.180	-0.120	-0.151	-0.127	-0.115	-0.138	-0.118	-0.147	-0.171	-0.097	-0.045	-0.136	-0.160
0.45	-0.116	-0.178	-0.135	-0.181	-0.187	-0.138	-0.130	-0.144	-0.125	-0.140	-0.161	-0.154	-0.119	-0.063	-0.109	-0.172	-0.122	-0.181	-0.135	-0.153	-0.147	-0.141	-0.140	-0.141	-0.175	-0.182	-0.117	-0.066	-0.161	-0.169
0.40	-0.153	-0.182	-0.147	-0.182	-0.187	-0.140	-0.146	-0.146	-0.132	-0.158	-0.162	-0.172	-0.123	-0.093	-0.112	-0.177	-0.130	-0.190	-0.142	-0.155	-0.169	-0.161	-0.177	-0.141	-0.187	-0.185	-0.142	-0.075	-0.168	-0.177
0.35	-0.156	-0.186	-0.148	-0.210	-0.189	-0.170	-0.147	-0.147	-0.147	-0.176	-0.163	-0.181	-0.162	-0.093	-0.113	-0.184	-0.142	-0.195	-0.148	-0.198	-0.172	-0.164	-0.184	-0.155	-0.191	-0.214	-0.151	-0.143	-0.174	-0.179
0.30	-0.191	-0.212	-0.158	-0.219	-0.194	-0.176	-0.192	-0.163	-0.150	-0.186	-0.180	-0.181	-0.175	-0.143	-0.113	-0.194	-0.179	-0.196	-0.160	-0.209	-0.179	-0.169	-0.190	-0.175	-0.218	-0.217	-0.159	-0.149	-0.178	-0.180
0.25	-0.196	-0.226	-0.190	-0.230	-0.214	-0.195	-0.193	-0.171	-0.168	-0.209	-0.201	-0.186	-0.177	-0.167	-0.126	-0.204	-0.198	-0.201	-0.170	-0.221	-0.179	-0.171	-0.191	-0.203	-0.220	-0.220	-0.179	-0.161	-0.181	-0.181
0.20	-0.208	-0.229	-0.192	-0.235	-0.216	-0.218	-0.220	-0.179	-0.182	-0.218	-0.209	-0.199	-0.186	-0.186	-0.173	-0.215	-0.210	-0.209	-0.188	-0.228	-0.196	-0.174	-0.196	-0.206	-0.223	-0.225	-0.187	-0.186	-0.191	-0.183
0.15	-0.224	-0.253	-0.234	-0.239	-0.256	-0.234	-0.226	-0.189	-0.209	-0.231	-0.231	-0.214	-0.210	-0.192	-0.205	-0.231	-0.224	-0.218	-0.202	-0.228	-0.215	-0.213	-0.204	-0.208	-0.226	-0.229	-0.195	-0.196	-0.217	-0.187
0.10	-0.233	-0.254	-0.255	-0.251	-0.261	-0.237	-0.240	-0.202	-0.237	-0.235	-0.238	-0.237	-0.226	-0.239	-0.221	-0.232	-0.236	-0.234	-0.236	-0.231	-0.238	-0.223	-0.219	-0.232	-0.238	-0.232	-0.205	-0.219	-0.233	-0.212

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 6/10

$h(m)$ \ $k(m)$	755	760	765	770	775	780	785	790	795	800	805	810	815	820	825	830	835	840	845	850	855	860	865	870	875	880	885	890	895	900
0.90	-0.005	-0.008	-0.036	-0.004	-0.017	-0.002	-0.009	-0.003	-0.012	-0.009	-0.029	-0.028	-0.027	-0.005	-0.005	-0.057	-0.016	-0.017	-0.004	-0.015	-0.012	-0.007	-0.043	-0.031	-0.005	-0.005	-0.010	-0.013	-0.001	-0.026
0.85	-0.010	-0.028	-0.054	-0.007	-0.043	-0.029	-0.028	-0.015	-0.017	-0.019	-0.033	-0.034	-0.032	-0.008	-0.032	-0.062	-0.026	-0.032	-0.005	-0.016	-0.017	-0.023	-0.061	-0.069	-0.039	-0.029	-0.015	-0.022	-0.017	-0.034
0.80	-0.016	-0.040	-0.070	-0.012	-0.046	-0.044	-0.037	-0.033	-0.053	-0.021	-0.039	-0.034	-0.059	-0.015	-0.064	-0.063	-0.030	-0.034	-0.013	-0.023	-0.017	-0.026	-0.077	-0.080	-0.042	-0.031	-0.062	-0.041	-0.031	-0.073
0.75	-0.023	-0.050	-0.072	-0.019	-0.048	-0.047	-0.048	-0.034	-0.073	-0.028	-0.050	-0.037	-0.065	-0.024	-0.091	-0.076	-0.049	-0.056	-0.018	-0.024	-0.022	-0.035	-0.089	-0.103	-0.101	-0.039	-0.109	-0.056	-0.043	-0.083
0.70	-0.025	-0.055	-0.078	-0.021	-0.048	-0.051	-0.074	-0.042	-0.077	-0.031	-0.061	-0.037	-0.103	-0.031	-0.101	-0.080	-0.054	-0.057	-0.047	-0.030	-0.032	-0.048	-0.103	-0.112	-0.103	-0.041	-0.121	-0.057	-0.047	-0.113
0.65	-0.065	-0.063	-0.078	-0.034	-0.063	-0.063	-0.087	-0.068	-0.088	-0.051	-0.079	-0.039	-0.112	-0.039	-0.105	-0.087	-0.066	-0.065	-0.051	-0.040	-0.059	-0.055	-0.108	-0.112	-0.110	-0.058	-0.134	-0.078	-0.070	-0.122
0.60	-0.127	-0.069	-0.100	-0.047	-0.100	-0.070	-0.090	-0.101	-0.088	-0.072	-0.083	-0.044	-0.119	-0.043	-0.115	-0.111	-0.084	-0.074	-0.053	-0.050	-0.073	-0.101	-0.112	-0.115	-0.113	-0.106	-0.138	-0.123	-0.070	-0.141
0.55	-0.132	-0.075	-0.117	-0.062	-0.121	-0.089	-0.095	-0.125	-0.119	-0.090	-0.090	-0.051	-0.129	-0.102	-0.118	-0.122	-0.098	-0.078	-0.071	-0.117	-0.096	-0.124	-0.126	-0.125	-0.123	-0.133	-0.140	-0.125	-0.098	-0.160
0.50	-0.133	-0.095	-0.122	-0.074	-0.134	-0.111	-0.096	-0.131	-0.124	-0.099	-0.101	-0.084	-0.132	-0.132	-0.142	-0.133	-0.106	-0.082	-0.095	-0.137	-0.097	-0.131	-0.135	-0.134	-0.129	-0.151	-0.146	-0.133	-0.128	-0.193
0.45	-0.161	-0.126	-0.134	-0.085	-0.149	-0.138	-0.112	-0.134	-0.125	-0.103	-0.145	-0.097	-0.146	-0.162	-0.152	-0.133	-0.147	-0.118	-0.124	-0.137	-0.102	-0.141	-0.153	-0.161	-0.141	-0.179	-0.158	-0.147	-0.135	-0.205
0.40	-0.176	-0.148	-0.157	-0.172	-0.153	-0.148	-0.140	-0.150	-0.133	-0.125	-0.148	-0.103	-0.153	-0.174	-0.162	-0.138	-0.177	-0.139	-0.154	-0.152	-0.144	-0.165	-0.170	-0.164	-0.141	-0.185	-0.168	-0.159	-0.140	-0.212
0.35	-0.179	-0.155	-0.177	-0.180	-0.207	-0.162	-0.152	-0.154	-0.143	-0.139	-0.179	-0.107	-0.156	-0.182	-0.168	-0.145	-0.189	-0.158	-0.170	-0.153	-0.151	-0.166	-0.176	-0.176	-0.189	-0.187	-0.201	-0.163	-0.162	-0.216
0.30	-0.179	-0.163	-0.180	-0.184	-0.213	-0.162	-0.163	-0.167	-0.143	-0.188	-0.198	-0.125	-0.171	-0.194	-0.170	-0.189	-0.197	-0.181	-0.178	-0.162	-0.158	-0.167	-0.191	-0.186	-0.200	-0.201	-0.211	-0.200	-0.164	-0.218
0.25	-0.195	-0.180	-0.203	-0.194	-0.225	-0.168	-0.165	-0.175	-0.159	-0.205	-0.210	-0.140	-0.181	-0.202	-0.208	-0.190	-0.216	-0.194	-0.183	-0.178	-0.164	-0.183	-0.192	-0.189	-0.206	-0.203	-0.223	-0.211	-0.192	-0.226
0.20	-0.196	-0.181	-0.221	-0.214	-0.226	-0.179	-0.171	-0.201	-0.187	-0.221	-0.224	-0.145	-0.198	-0.226	-0.209	-0.192	-0.219	-0.217	-0.231	-0.195	-0.175	-0.198	-0.207	-0.221	-0.227	-0.207	-0.227	-0.221	-0.217	-0.237
0.15	-0.200	-0.193	-0.228	-0.218	-0.233	-0.208	-0.190	-0.213	-0.201	-0.228	-0.228	-0.237	-0.206	-0.229	-0.215	-0.222	-0.225	-0.234	-0.232	-0.200	-0.198	-0.203	-0.223	-0.228	-0.228	-0.211	-0.240	-0.233	-0.226	-0.245
0.10	-0.207	-0.208	-0.232	-0.239	-0.236	-0.228	-0.214	-0.228	-0.210	-0.237	-0.233	-0.239	-0.221	-0.230	-0.219	-0.228	-0.232	-0.239	-0.237	-0.213	-0.224	-0.217	-0.235	-0.229	-0.238	-0.244	-0.241	-0.241	-0.248	-0.247

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 7/10

h (m) \ km	905	910	915	920	925	930	935	940	945	950	955	960	965	970	975	980	985	990	995	1000	1005	1010	1015	1020	1025	1030	1035	1040	1045	1050
0.90	-0.005	-0.003	-0.008	-0.004	-0.001	-0.005	-0.042	-0.013	-0.003	-0.051	-0.022	-0.003	-0.006	-0.012	-0.032	-0.010	-0.024	-0.028	-0.002	-0.016	-0.010	-0.019	-0.048	-0.004	-0.004	-0.001	-0.012	-0.022	-0.008	-0.009
0.85	-0.014	-0.011	-0.023	-0.021	-0.007	-0.034	-0.047	-0.042	-0.021	-0.051	-0.030	-0.021	-0.009	-0.037	-0.040	-0.019	-0.051	-0.052	-0.028	-0.069	-0.043	-0.035	-0.072	-0.021	-0.011	-0.029	-0.016	-0.050	-0.024	-0.016
0.80	-0.030	-0.024	-0.028	-0.057	-0.009	-0.041	-0.054	-0.045	-0.029	-0.080	-0.036	-0.040	-0.019	-0.083	-0.050	-0.021	-0.078	-0.063	-0.055	-0.094	-0.050	-0.035	-0.089	-0.033	-0.018	-0.056	-0.057	-0.060	-0.033	-0.038
0.75	-0.057	-0.044	-0.036	-0.070	-0.012	-0.077	-0.065	-0.059	-0.042	-0.098	-0.041	-0.070	-0.020	-0.084	-0.057	-0.052	-0.091	-0.065	-0.065	-0.107	-0.061	-0.038	-0.093	-0.056	-0.020	-0.086	-0.059	-0.065	-0.050	-0.068
0.70	-0.058	-0.089	-0.051	-0.072	-0.012	-0.093	-0.087	-0.062	-0.046	-0.101	-0.055	-0.152	-0.065	-0.119	-0.069	-0.096	-0.107	-0.073	-0.075	-0.124	-0.078	-0.038	-0.099	-0.081	-0.031	-0.122	-0.077	-0.070	-0.067	-0.075
0.65	-0.088	-0.104	-0.103	-0.096	-0.017	-0.101	-0.096	-0.064	-0.089	-0.107	-0.112	-0.159	-0.070	-0.124	-0.070	-0.098	-0.120	-0.079	-0.081	-0.138	-0.085	-0.060	-0.108	-0.100	-0.052	-0.159	-0.079	-0.099	-0.087	-0.089
0.60	-0.090	-0.113	-0.107	-0.111	-0.044	-0.112	-0.113	-0.072	-0.093	-0.129	-0.116	-0.169	-0.077	-0.129	-0.077	-0.112	-0.120	-0.115	-0.093	-0.138	-0.109	-0.102	-0.108	-0.101	-0.102	-0.162	-0.082	-0.104	-0.095	-0.093
0.55	-0.093	-0.118	-0.119	-0.127	-0.087	-0.134	-0.129	-0.081	-0.095	-0.154	-0.142	-0.173	-0.087	-0.150	-0.105	-0.145	-0.126	-0.127	-0.093	-0.144	-0.126	-0.102	-0.150	-0.115	-0.105	-0.163	-0.084	-0.108	-0.110	-0.130
0.50	-0.098	-0.131	-0.130	-0.143	-0.092	-0.136	-0.149	-0.095	-0.108	-0.186	-0.154	-0.190	-0.094	-0.199	-0.119	-0.155	-0.129	-0.130	-0.093	-0.147	-0.138	-0.122	-0.154	-0.126	-0.118	-0.194	-0.136	-0.125	-0.113	-0.131
0.45	-0.147	-0.135	-0.145	-0.145	-0.112	-0.136	-0.160	-0.133	-0.131	-0.198	-0.180	-0.194	-0.098	-0.202	-0.132	-0.161	-0.142	-0.135	-0.108	-0.154	-0.157	-0.130	-0.176	-0.126	-0.119	-0.208	-0.155	-0.136	-0.151	-0.145
0.40	-0.166	-0.153	-0.155	-0.163	-0.132	-0.136	-0.175	-0.138	-0.155	-0.213	-0.211	-0.215	-0.166	-0.203	-0.145	-0.172	-0.149	-0.142	-0.109	-0.160	-0.172	-0.150	-0.200	-0.127	-0.122	-0.210	-0.160	-0.185	-0.158	-0.217
0.35	-0.202	-0.160	-0.166	-0.184	-0.136	-0.138	-0.175	-0.150	-0.188	-0.216	-0.217	-0.217	-0.224	-0.217	-0.192	-0.206	-0.162	-0.174	-0.184	-0.195	-0.187	-0.151	-0.214	-0.127	-0.124	-0.211	-0.162	-0.187	-0.185	-0.220
0.30	-0.205	-0.184	-0.171	-0.210	-0.162	-0.180	-0.229	-0.152	-0.197	-0.237	-0.229	-0.228	-0.230	-0.233	-0.208	-0.208	-0.186	-0.178	-0.207	-0.215	-0.190	-0.158	-0.230	-0.128	-0.180	-0.225	-0.224	-0.191	-0.196	-0.227
0.25	-0.230	-0.187	-0.190	-0.226	-0.172	-0.217	-0.246	-0.198	-0.207	-0.241	-0.242	-0.229	-0.237	-0.249	-0.229	-0.210	-0.200	-0.216	-0.223	-0.231	-0.238	-0.171	-0.259	-0.133	-0.206	-0.229	-0.249	-0.224	-0.235	-0.232
0.20	-0.235	-0.193	-0.208	-0.228	-0.199	-0.220	-0.253	-0.208	-0.233	-0.267	-0.257	-0.247	-0.247	-0.254	-0.231	-0.254	-0.208	-0.220	-0.256	-0.268	-0.260	-0.231	-0.272	-0.229	-0.208	-0.241	-0.252	-0.271	-0.247	-0.254
0.15	-0.254	-0.212	-0.233	-0.229	-0.232	-0.246	-0.277	-0.252	-0.234	-0.272	-0.268	-0.258	-0.266	-0.272	-0.237	-0.256	-0.231	-0.267	-0.262	-0.274	-0.272	-0.237	-0.280	-0.252	-0.221	-0.244	-0.258	-0.277	-0.254	-0.265
0.10	-0.257	-0.213	-0.259	-0.234	-0.252	-0.247	-0.285	-0.259	-0.266	-0.278	-0.270	-0.265	-0.269	-0.282	-0.249	-0.273	-0.240	-0.282	-0.262	-0.281	-0.274	-0.266	-0.283	-0.262	-0.285	-0.252	-0.281	-0.286	-0.271	-0.265

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 8/10

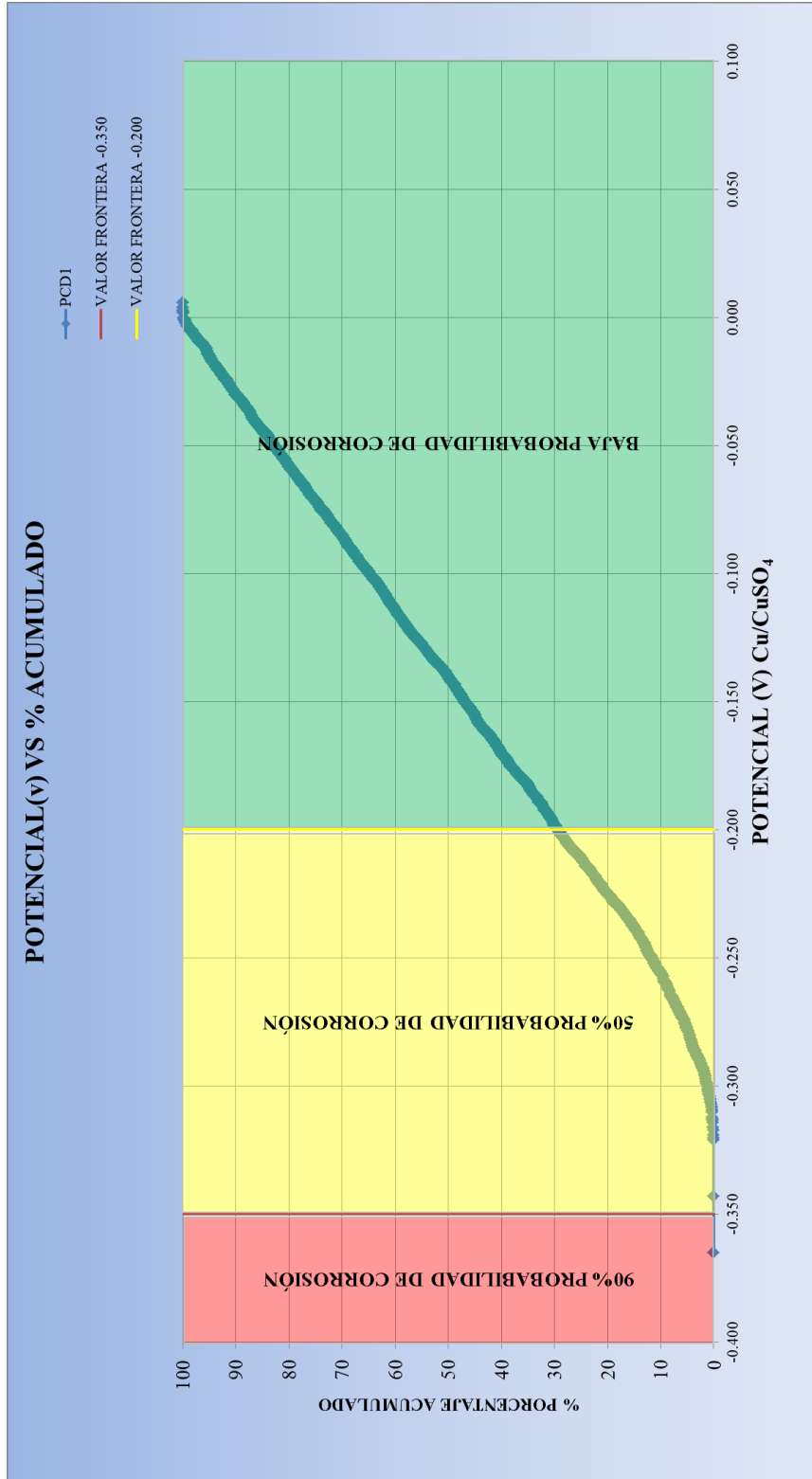
h (m) \ km	1055	1060	1065	1070	1075	1080	1085	1090	1095	1100	1105	1110	1115	1120	1125	1130	1135	1140	1145	1150	1155	1160	1165	1170	1175	1180	1185	1190	1195	1200
0.90	-0.024	-0.018	-0.002	-0.030	-0.010	-0.022	-0.007	-0.023	-0.002	-0.002	-0.009	-0.041	-0.011	-0.015	-0.051	-0.004	-0.018	-0.018	-0.061	-0.025	-0.023	-0.044	-0.050	-0.005	-0.010	0.000	-0.014	-0.011	-0.003	-0.002
0.85	-0.027	-0.045	-0.011	-0.037	-0.024	-0.050	-0.013	-0.036	-0.083	-0.005	-0.010	-0.044	-0.028	-0.018	-0.053	-0.098	-0.020	-0.032	-0.092	-0.054	-0.067	-0.054	-0.059	-0.029	-0.015	-0.028	-0.016	-0.062	-0.007	-0.033
0.80	-0.051	-0.059	-0.019	-0.054	-0.026	-0.055	-0.024	-0.060	-0.104	-0.038	-0.016	-0.051	-0.032	-0.032	-0.075	-0.104	-0.053	-0.041	-0.093	-0.067	-0.079	-0.056	-0.069	-0.035	-0.020	-0.066	-0.018	-0.065	-0.009	-0.046
0.75	-0.066	-0.063	-0.035	-0.067	-0.036	-0.098	-0.038	-0.074	-0.106	-0.039	-0.038	-0.091	-0.060	-0.032	-0.082	-0.106	-0.066	-0.050	-0.114	-0.070	-0.084	-0.071	-0.079	-0.046	-0.034	-0.099	-0.031	-0.093	-0.015	-0.084
0.70	-0.079	-0.110	-0.041	-0.076	-0.040	-0.108	-0.067	-0.076	-0.118	-0.060	-0.046	-0.095	-0.064	-0.049	-0.127	-0.108	-0.069	-0.137	-0.121	-0.074	-0.128	-0.075	-0.085	-0.072	-0.038	-0.128	-0.075	-0.106	-0.025	-0.112
0.65	-0.125	-0.118	-0.052	-0.083	-0.044	-0.113	-0.076	-0.077	-0.133	-0.065	-0.052	-0.130	-0.109	-0.061	-0.146	-0.132	-0.084	-0.150	-0.156	-0.084	-0.157	-0.088	-0.096	-0.087	-0.080	-0.156	-0.088	-0.116	-0.034	-0.120
0.60	-0.214	-0.135	-0.066	-0.091	-0.050	-0.126	-0.081	-0.081	-0.134	-0.096	-0.101	-0.131	-0.110	-0.080	-0.158	-0.133	-0.126	-0.150	-0.163	-0.089	-0.178	-0.109	-0.105	-0.089	-0.085	-0.170	-0.101	-0.127	-0.036	-0.128
0.55	-0.215	-0.144	-0.082	-0.118	-0.083	-0.142	-0.098	-0.097	-0.148	-0.102	-0.127	-0.171	-0.135	-0.081	-0.165	-0.170	-0.143	-0.153	-0.167	-0.099	-0.185	-0.146	-0.130	-0.095	-0.093	-0.179	-0.102	-0.134	-0.073	-0.166
0.50	-0.223	-0.151	-0.132	-0.149	-0.084	-0.166	-0.102	-0.101	-0.189	-0.134	-0.132	-0.203	-0.173	-0.088	-0.175	-0.182	-0.147	-0.175	-0.192	-0.120	-0.193	-0.147	-0.142	-0.108	-0.107	-0.182	-0.136	-0.178	-0.112	-0.183
0.45	-0.230	-0.152	-0.154	-0.152	-0.089	-0.169	-0.152	-0.102	-0.200	-0.143	-0.163	-0.205	-0.191	-0.138	-0.197	-0.189	-0.158	-0.180	-0.198	-0.135	-0.198	-0.156	-0.155	-0.113	-0.117	-0.206	-0.152	-0.187	-0.122	-0.185
0.40	-0.230	-0.175	-0.181	-0.159	-0.095	-0.196	-0.170	-0.108	-0.224	-0.180	-0.172	-0.208	-0.193	-0.138	-0.209	-0.208	-0.175	-0.221	-0.209	-0.136	-0.208	-0.183	-0.158	-0.166	-0.149	-0.206	-0.167	-0.207	-0.136	-0.190
0.35	-0.242	-0.187	-0.185	-0.205	-0.097	-0.218	-0.173	-0.125	-0.225	-0.198	-0.174	-0.217	-0.216	-0.148	-0.228	-0.221	-0.180	-0.224	-0.252	-0.169	-0.210	-0.187	-0.176	-0.188	-0.173	-0.208	-0.213	-0.212	-0.178	-0.214
0.30	-0.250	-0.198	-0.187	-0.218	-0.108	-0.247	-0.178	-0.190	-0.229	-0.222	-0.195	-0.239	-0.221	-0.177	-0.252	-0.232	-0.194	-0.234	-0.271	-0.183	-0.215	-0.208	-0.182	-0.191	-0.181	-0.228	-0.227	-0.254	-0.192	-0.233
0.25	-0.265	-0.218	-0.212	-0.238	-0.114	-0.272	-0.181	-0.194	-0.242	-0.229	-0.283	-0.240	-0.229	-0.267	-0.271	-0.254	-0.199	-0.269	-0.283	-0.189	-0.219	-0.236	-0.193	-0.202	-0.188	-0.232	-0.229	-0.273	-0.197	-0.234
0.20	-0.289	-0.231	-0.252	-0.252	-0.143	-0.273	-0.233	-0.226	-0.260	-0.230	-0.286	-0.252	-0.230	-0.271	-0.282	-0.261	-0.211	-0.272	-0.287	-0.234	-0.223	-0.258	-0.244	-0.217	-0.189	-0.234	-0.267	-0.278	-0.204	-0.237
0.15	-0.292	-0.238	-0.270	-0.277	-0.234	-0.286	-0.281	-0.229	-0.268	-0.232	-0.287	-0.254	-0.260	-0.277	-0.290	-0.275	-0.215	-0.275	-0.290	-0.236	-0.224	-0.293	-0.260	-0.249	-0.227	-0.257	-0.280	-0.282	-0.208	-0.283
0.10	-0.292	-0.256	-0.280	-0.286	-0.286	-0.288	-0.295	-0.248	-0.269	-0.240	-0.293	-0.289	-0.282	-0.285	-0.291	-0.276	-0.256	-0.292	-0.293	-0.293	-0.240	-0.294	-0.288	-0.288	-0.255	-0.284	-0.287	-0.285	-0.235	-0.294

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 9/10

h (m) \ k (m)	1205	1210	1215	1220	1225	1230	1235	1240	1245	1250	1255	1260	1265	1270	1275	1280	1285	1290	1295	1300	1305	1310	1315	1320	1325	1330	1335	1340	1345	1350
0.90	0.000	-0.007	-0.017	-0.011	-0.006	-0.020	-0.007	-0.022	-0.027	-0.008	-0.004	-0.020	-0.003	-0.003	-0.028	-0.010	-0.017	-0.004	-0.007	-0.024	-0.004	-0.014	-0.004	-0.003	-0.036	-0.010	-0.001	-0.018	-0.008	-0.030
0.85	-0.006	-0.022	-0.022	-0.042	-0.008	-0.027	-0.009	-0.026	-0.037	-0.022	-0.014	-0.043	-0.026	-0.007	-0.036	-0.023	-0.027	-0.012	-0.014	-0.028	-0.023	-0.017	-0.019	-0.011	-0.060	-0.026	-0.048	-0.042	-0.035	-0.034
0.80	-0.012	-0.027	-0.029	-0.067	-0.014	-0.043	-0.034	-0.031	-0.044	-0.039	-0.047	-0.052	-0.027	-0.014	-0.038	-0.064	-0.041	-0.012	-0.043	-0.075	-0.033	-0.022	-0.025	-0.066	-0.040	-0.055	-0.043	-0.048	-0.044	
0.75	-0.032	-0.041	-0.076	-0.072	-0.015	-0.047	-0.036	-0.046	-0.046	-0.058	-0.059	-0.071	-0.071	-0.030	-0.045	-0.091	-0.102	-0.024	-0.059	-0.061	-0.100	-0.056	-0.036	-0.034	-0.124	-0.071	-0.118	-0.054	-0.058	-0.086
0.70	-0.037	-0.086	-0.084	-0.088	-0.031	-0.072	-0.041	-0.048	-0.076	-0.064	-0.064	-0.080	-0.075	-0.032	-0.053	-0.092	-0.117	-0.046	-0.064	-0.075	-0.108	-0.070	-0.075	-0.075	-0.129	-0.074	-0.127	-0.056	-0.079	-0.097
0.65	-0.044	-0.109	-0.143	-0.146	-0.037	-0.072	-0.053	-0.083	-0.114	-0.068	-0.081	-0.087	-0.111	-0.033	-0.059	-0.107	-0.136	-0.052	-0.075	-0.091	-0.136	-0.075	-0.082	-0.102	-0.147	-0.082	-0.135	-0.082	-0.106	-0.123
0.60	-0.060	-0.110	-0.143	-0.176	-0.103	-0.077	-0.067	-0.089	-0.133	-0.083	-0.107	-0.122	-0.119	-0.040	-0.131	-0.143	-0.139	-0.052	-0.084	-0.094	-0.137	-0.103	-0.088	-0.102	-0.155	-0.104	-0.137	-0.105	-0.126	-0.136
0.55	-0.062	-0.126	-0.143	-0.177	-0.110	-0.077	-0.087	-0.096	-0.155	-0.161	-0.114	-0.124	-0.140	-0.049	-0.131	-0.148	-0.143	-0.071	-0.090	-0.124	-0.146	-0.141	-0.114	-0.135	-0.170	-0.117	-0.149	-0.125	-0.142	-0.173
0.50	-0.069	-0.130	-0.167	-0.180	-0.129	-0.079	-0.133	-0.131	-0.177	-0.207	-0.117	-0.126	-0.143	-0.115	-0.136	-0.178	-0.159	-0.116	-0.113	-0.133	-0.150	-0.151	-0.166	-0.162	-0.181	-0.172	-0.161	-0.154	-0.162	-0.199
0.45	-0.095	-0.135	-0.181	-0.193	-0.141	-0.093	-0.155	-0.203	-0.180	-0.212	-0.134	-0.141	-0.166	-0.116	-0.171	-0.181	-0.167	-0.127	-0.133	-0.142	-0.161	-0.152	-0.168	-0.190	-0.199	-0.197	-0.166	-0.159	-0.163	-0.205
0.40	-0.101	-0.165	-0.193	-0.219	-0.160	-0.108	-0.157	-0.209	-0.219	-0.214	-0.217	-0.145	-0.171	-0.127	-0.189	-0.183	-0.176	-0.156	-0.186	-0.185	-0.181	-0.163	-0.170	-0.194	-0.203	-0.202	-0.216	-0.172	-0.181	-0.231
0.35	-0.115	-0.167	-0.222	-0.226	-0.193	-0.146	-0.202	-0.214	-0.221	-0.232	-0.220	-0.181	-0.187	-0.134	-0.211	-0.226	-0.224	-0.182	-0.196	-0.199	-0.255	-0.169	-0.174	-0.202	-0.215	-0.214	-0.244	-0.181	-0.189	-0.246
0.30	-0.192	-0.185	-0.223	-0.248	-0.195	-0.171	-0.212	-0.225	-0.235	-0.236	-0.228	-0.194	-0.204	-0.211	-0.216	-0.268	-0.236	-0.221	-0.202	-0.206	-0.261	-0.169	-0.205	-0.211	-0.260	-0.226	-0.271	-0.201	-0.194	-0.250
0.25	-0.201	-0.186	-0.230	-0.276	-0.214	-0.248	-0.240	-0.230	-0.277	-0.268	-0.259	-0.211	-0.219	-0.213	-0.217	-0.269	-0.255	-0.221	-0.209	-0.216	-0.265	-0.170	-0.236	-0.225	-0.262	-0.241	-0.286	-0.244	-0.247	-0.255
0.20	-0.226	-0.244	-0.243	-0.289	-0.226	-0.250	-0.242	-0.273	-0.285	-0.288	-0.285	-0.214	-0.247	-0.223	-0.222	-0.285	-0.257	-0.248	-0.253	-0.222	-0.295	-0.225	-0.237	-0.235	-0.267	-0.246	-0.297	-0.249	-0.259	-0.265
0.15	-0.270	-0.254	-0.262	-0.290	-0.281	-0.277	-0.246	-0.295	-0.288	-0.291	-0.288	-0.278	-0.269	-0.253	-0.224	-0.288	-0.265	-0.254	-0.260	-0.230	-0.299	-0.248	-0.270	-0.251	-0.289	-0.300	-0.302	-0.266	-0.274	-0.274
0.10	-0.283	-0.275	-0.273	-0.293	-0.281	-0.278	-0.250	-0.302	-0.296	-0.304	-0.300	-0.282	-0.286	-0.255	-0.245	-0.294	-0.293	-0.274	-0.280	-0.293	-0.303	-0.278	-0.293	-0.299	-0.297	-0.301	-0.304	-0.293	-0.305	-0.275

Tabla VII.19 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD1 10/10

h (m) \ k (m)	1355	1360	1365	1370	1375	1380	1385	1390	1395	1400
0.90	-0.007	-0.005	-0.023	-0.009	-0.003	0.000	-0.006	-0.052	-0.039	-0.017
0.85	-0.041	-0.014	-0.024	-0.017	-0.043	-0.006	-0.032	-0.067	-0.045	-0.018
0.80	-0.053	-0.021	-0.128	-0.018	-0.048	-0.019	-0.040	-0.068	-0.048	-0.023
0.75	-0.058	-0.032	-0.129	-0.058	-0.083	-0.036	-0.052	-0.069	-0.081	-0.049
0.70	-0.061	-0.050	-0.135	-0.058	-0.085	-0.039	-0.074	-0.097	-0.087	-0.063
0.65	-0.080	-0.088	-0.142	-0.059	-0.086	-0.050	-0.075	-0.104	-0.124	-0.063
0.60	-0.084	-0.115	-0.171	-0.078	-0.089	-0.083	-0.094	-0.121	-0.179	-0.124
0.55	-0.102	-0.123	-0.184	-0.107	-0.122	-0.101	-0.103	-0.127	-0.185	-0.148
0.50	-0.141	-0.141	-0.200	-0.112	-0.123	-0.116	-0.122	-0.153	-0.201	-0.171
0.45	-0.159	-0.151	-0.228	-0.114	-0.124	-0.140	-0.153	-0.158	-0.203	-0.197
0.40	-0.205	-0.179	-0.230	-0.117	-0.151	-0.163	-0.161	-0.165	-0.214	-0.227
0.35	-0.207	-0.180	-0.241	-0.159	-0.168	-0.199	-0.253	-0.191	-0.225	-0.262
0.30	-0.216	-0.228	-0.245	-0.179	-0.169	-0.212	-0.276	-0.215	-0.255	-0.265
0.25	-0.248	-0.251	-0.267	-0.225	-0.204	-0.231	-0.287	-0.221	-0.263	-0.280
0.20	-0.253	-0.251	-0.277	-0.226	-0.217	-0.254	-0.287	-0.243	-0.288	-0.284
0.15	-0.255	-0.264	-0.300	-0.229	-0.243	-0.256	-0.298	-0.270	-0.303	-0.293
0.10	-0.274	-0.293	-0.301	-0.303	-0.257	-0.268	-0.305	-0.270	-0.305	-0.303



Gráfica VII.18 Resultados de la prueba Potenciales PCD1.

Los resultados obtenidos de la medición de potenciales de media celda en el PCD2, fueron los siguientes:

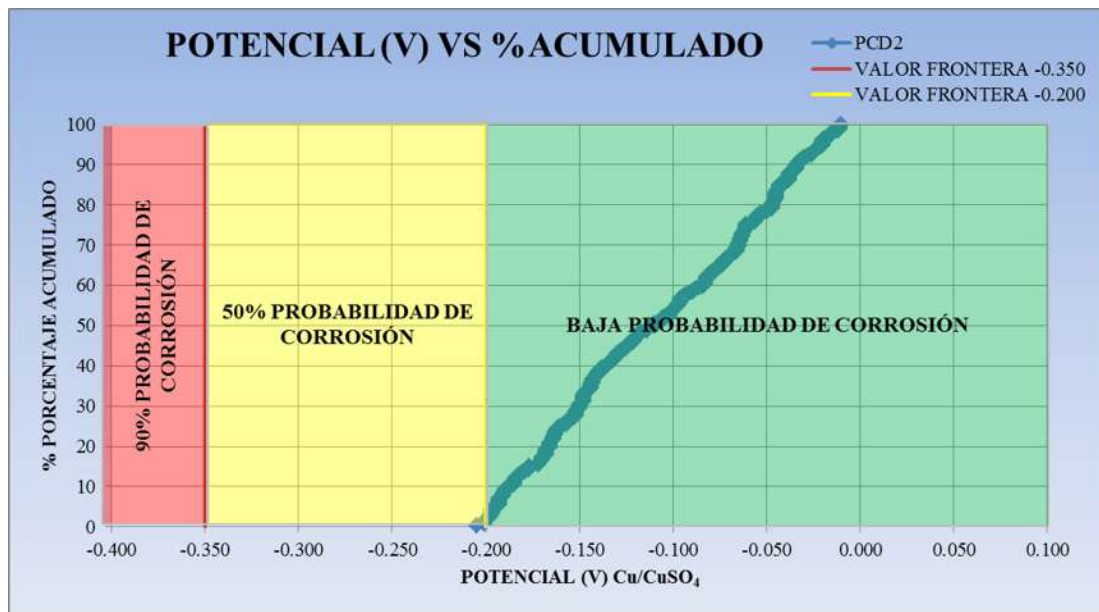
Donde:

l= longitud (m)

h= altura (m)

Tabla VII.20 Resultados de Medición de Potenciales en el PCD2.

h (m) \ l (m)	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.95	-0.016	-0.046	-0.028	-0.054	-0.076	-0.083	-0.041	-0.034	-0.060	-0.067	-0.012	-0.017	-0.025	-0.033	-0.010
0.90	-0.022	-0.053	-0.045	-0.076	-0.086	-0.090	-0.119	-0.075	-0.090	-0.080	-0.021	-0.028	-0.090	-0.050	-0.115
0.85	-0.025	-0.082	-0.057	-0.079	-0.109	-0.095	-0.118	-0.077	-0.102	-0.089	-0.029	-0.035	-0.097	-0.079	-0.093
0.80	-0.055	-0.108	-0.057	-0.089	-0.113	-0.098	-0.102	-0.085	-0.104	-0.089	-0.029	-0.095	-0.100	-0.113	-0.088
0.75	-0.056	-0.116	-0.079	-0.108	-0.116	-0.112	-0.073	-0.099	-0.138	-0.115	-0.055	-0.114	-0.133	-0.117	-0.075
0.70	-0.063	-0.118	-0.117	-0.111	-0.116	-0.116	-0.060	-0.124	-0.170	-0.115	-0.091	-0.134	-0.135	-0.132	-0.075
0.65	-0.074	-0.142	-0.133	-0.120	-0.133	-0.130	-0.055	-0.134	-0.173	-0.135	-0.100	-0.147	-0.156	-0.146	-0.043
0.60	-0.131	-0.146	-0.146	-0.137	-0.134	-0.183	-0.145	-0.042	-0.066	-0.073	-0.013	-0.019	-0.086	-0.037	-0.165
0.55	-0.168	-0.160	-0.147	-0.138	-0.276	-0.251	-0.228	-0.259	-0.278	-0.262	-0.247	-0.219	-0.231	-0.223	-0.180
0.50	-0.201	-0.166	-0.151	-0.145	-0.264	-0.246	-0.228	-0.245	-0.276	-0.252	-0.234	-0.211	-0.219	-0.221	-0.187
0.45	-0.208	-0.168	-0.167	-0.154	-0.251	-0.226	-0.226	-0.220	-0.242	-0.248	-0.229	-0.211	-0.212	-0.201	-0.205
0.40	-0.242	-0.183	-0.193	-0.160	-0.242	-0.211	-0.198	-0.207	-0.227	-0.243	-0.227	-0.186	-0.198	-0.197	-0.213
0.35	-0.243	-0.222	-0.209	-0.212	-0.232	-0.204	-0.183	-0.197	-0.220	-0.224	-0.194	-0.182	-0.191	-0.179	-0.219
0.30	-0.264	-0.249	-0.215	-0.259	-0.176	-0.197	-0.164	-0.155	-0.212	-0.211	-0.168	-0.176	-0.188	-0.169	-0.224
0.25	-0.272	-0.251	-0.235	-0.264	-0.138	-0.187	-0.159	-0.136	-0.185	-0.188	-0.100	-0.161	-0.163	-0.153	-0.228
0.20	-0.273	-0.272	-0.252	-0.284	-0.282	-0.264	-0.270	-0.272	-0.278	-0.262	-0.247	-0.219	-0.253	-0.225	-0.255
0.15	-0.283	-0.276	-0.277	-0.286	-0.284	-0.279	-0.286	-0.283	-0.279	-0.279	-0.260	-0.258	-0.260	-0.239	-0.261



Gráfica VII.19 Resultados de la prueba Potenciales PCD2.

Los resultados obtenidos de la medición de potenciales de media celda en la PCT1, fueron los siguientes:

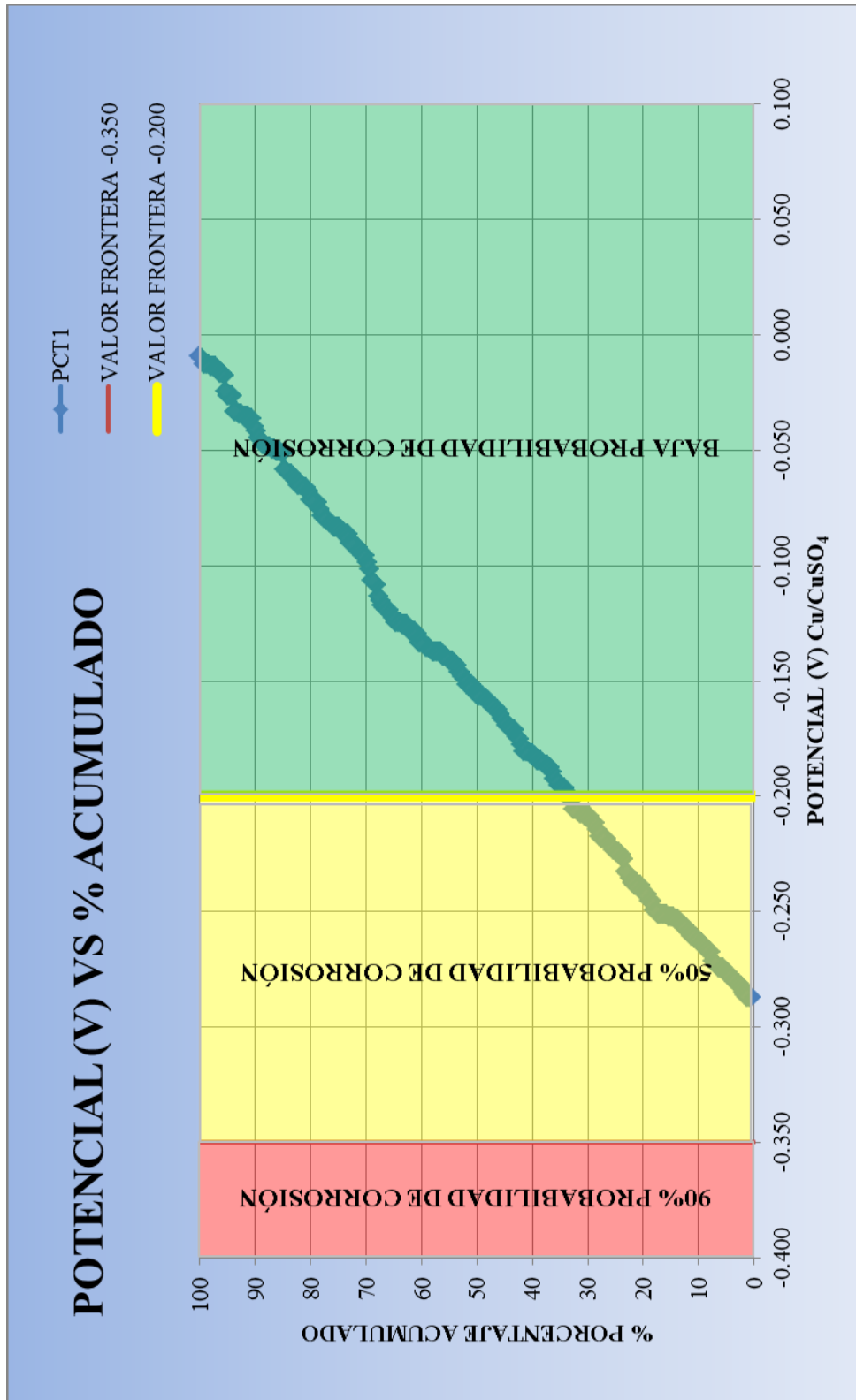
Donde:

l= longitud (m)

h= altura (m)

Tabla VII.21 Resultados de Medición de Potenciales PCT1

$\frac{l(m)}{h(m)}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.90	-0.218	-0.287	-0.205	-0.107	-0.184	-0.151	-0.208	-0.161	-0.152	-0.195	-0.049	-0.010	-0.080	-0.276	-0.255
0.85	-0.095	-0.251	-0.128	-0.137	-0.086	-0.039	-0.251	-0.256	-0.160	-0.094	-0.221	-0.186	-0.208	-0.034	-0.125
0.80	-0.118	-0.260	-0.108	-0.262	-0.137	-0.224	-0.263	-0.252	-0.218	-0.034	-0.060	-0.238	-0.181	-0.271	-0.133
0.75	-0.121	-0.223	-0.177	-0.098	-0.245	-0.135	-0.151	-0.058	-0.157	-0.137	-0.180	-0.281	-0.137	-0.202	-0.012
0.70	-0.124	-0.081	-0.083	-0.224	-0.161	-0.287	-0.223	-0.251	-0.208	-0.287	-0.060	-0.035	-0.253	-0.117	-0.066
0.65	-0.129	-0.237	-0.280	-0.245	-0.267	-0.257	-0.119	-0.273	-0.196	-0.092	-0.235	-0.050	-0.146	-0.083	-0.090
0.60	-0.140	-0.095	-0.169	-0.260	-0.156	-0.211	-0.180	-0.050	-0.075	-0.182	-0.272	-0.026	-0.233	-0.133	-0.113
0.55	-0.141	-0.265	-0.206	-0.013	-0.135	-0.167	-0.044	-0.218	-0.174	-0.014	-0.192	-0.033	-0.151	-0.238	-0.048
0.50	-0.143	-0.211	-0.026	-0.142	-0.071	-0.214	-0.115	-0.156	-0.072	-0.012	-0.065	-0.017	-0.181	-0.274	-0.238
0.45	-0.148	-0.084	-0.207	-0.061	-0.279	-0.071	-0.086	-0.205	-0.139	-0.241	-0.091	-0.050	-0.125	-0.033	-0.186
0.40	-0.156	-0.166	-0.195	-0.106	-0.035	-0.035	-0.193	-0.265	-0.136	-0.286	-0.220	-0.048	-0.171	-0.252	-0.274
0.35	-0.162	-0.274	-0.141	-0.066	-0.049	-0.159	-0.281	-0.232	-0.285	-0.146	-0.137	-0.282	-0.196	-0.180	-0.133
0.30	-0.164	-0.259	-0.249	-0.041	-0.080	-0.199	-0.253	-0.278	-0.063	-0.175	-0.067	-0.238	-0.091	-0.083	-0.086
0.25	-0.170	-0.261	-0.149	-0.059	-0.207	-0.036	-0.125	-0.013	-0.047	-0.261	-0.026	-0.079	-0.016	-0.256	-0.252
0.20	-0.184	-0.119	-0.024	-0.249	-0.090	-0.072	-0.065	-0.122	-0.251	-0.155	-0.276	-0.225	-0.082	-0.210	-0.128
0.15	-0.185	-0.128	-0.251	-0.124	-0.157	-0.047	-0.065	-0.012	-0.189	-0.016	-0.126	-0.051	-0.171	-0.013	-0.124
0.10	-0.187	-0.036	-0.009	-0.170	-0.267	-0.184	-0.242	-0.078	-0.242	-0.198	-0.217	-0.045	-0.227	-0.101	-0.139



Gráfica VII.20 Resultados de la prueba Potenciales PCT1.

Los resultados obtenidos de la medición de potenciales de media celda en la **PCC1**, fueron los siguientes:

Donde:

l= longitud (m)

h= altura (m)

Tabla VII.22 Resultados de Medición de Potenciales en la **PCC1 1/4**

h (m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	
2.00	0.024	0.022	0.029	0.030	0.038	0.024	0.003	0.028	0.038	0.038	0.032	0.035	0.037	0.032	0.036	0.039	0.036	0.026	0.034	0.019	0.029	0.035	0.031	0.033	0.036	0.039	0.036	0.029	0.025	0.036	0.029	
1.95	0.037	0.022	0.019	0.025	0.035	0.018	0.001	0.016	0.035	0.037	0.031	0.027	0.037	0.022	0.036	0.036	0.028	0.023	0.027	0.019	0.027	0.033	0.029	0.024	0.026	0.028	0.024	0.026	0.017	0.026	0.024	
1.90	0.036	0.016	0.016	0.020	0.018	0.016	-0.013	0.013	0.029	0.036	0.028	0.020	0.033	0.019	0.032	0.031	0.019	0.021	0.012	0.018	0.027	0.027	0.022	0.023	0.016	0.024	0.022	0.023	0.016	0.019	0.021	
1.85	0.032	0.015	0.012	0.020	0.016	0.004	-0.017	0.011	0.025	0.024	0.022	0.001	0.031	0.011	0.023	0.030	0.017	0.020	-0.003	0.017	0.025	0.015	0.018	0.020	0.011	0.022	0.019	0.022	0.016	0.018	0.019	
1.80	0.031	0.011	0.010	0.008	0.007	0.001	-0.020	-0.001	0.009	0.024	0.005	0.001	0.030	0.009	0.021	0.021	0.017	0.001	-0.008	0.016	0.019	-0.018	0.011	0.017	0.007	0.020	0.012	0.020	0.003	0.013	0.018	
1.75	0.023	-0.018	0.009	0.007	-0.005	-0.002	-0.021	-0.001	0.007	0.022	-0.007	-0.003	0.027	0.007	0.019	0.016	0.011	0.001	-0.015	0.015	0.018	-0.023	0.010	0.004	0.006	0.012	0.008	0.012	-0.006	0.006	0.006	
1.70	0.019	-0.019	-0.002	0.006	-0.007	-0.007	-0.024	-0.003	-0.001	0.021	-0.009	-0.008	0.021	-0.018	0.015	0.015	-0.002	-0.003	-0.032	0.008	0.009	-0.024	0.010	0.002	0.003	0.011	0.002	0.009	-0.019	0.005	0.006	
1.65	0.018	-0.027	-0.004	-0.002	-0.010	-0.012	-0.027	-0.006	-0.003	0.021	-0.019	-0.014	0.018	-0.019	0.006	-0.006	-0.003	-0.004	-0.053	0.001	0.006	-0.030	-0.003	-0.006	0.002	0.004	0.001	-0.003	-0.022	0.002	0.005	
1.60	0.011	-0.028	-0.009	-0.003	-0.010	-0.015	-0.030	-0.018	-0.006	0.021	-0.022	-0.014	0.011	-0.019	0.004	-0.008	-0.014	-0.007	-0.054	-0.014	0.006	-0.030	-0.007	-0.011	-0.001	0.002	-0.001	-0.005	-0.033	-0.004	0.002	
1.55	0.009	-0.044	-0.014	-0.005	-0.013	-0.019	-0.031	-0.025	-0.006	0.009	-0.030	-0.015	0.011	-0.022	0.001	-0.010	-0.020	-0.010	-0.055	-0.028	0.004	-0.040	-0.009	-0.019	-0.017	-0.012	-0.012	-0.001	-0.010	-0.035	-0.015	-0.005
1.50	0.003	-0.045	-0.017	-0.011	-0.026	-0.029	-0.037	-0.027	-0.025	0.006	-0.040	-0.021	0.001	-0.039	-0.018	-0.016	-0.020	-0.037	-0.058	-0.039	-0.005	-0.041	-0.012	-0.021	-0.022	-0.017	-0.022	-0.002	-0.012	-0.045	-0.017	-0.011
1.45	0.003	-0.062	-0.020	-0.013	-0.027	-0.030	-0.041	-0.028	-0.025	0.005	-0.050	-0.026	-0.021	-0.041	-0.018	-0.016	-0.021	-0.039	-0.067	-0.040	-0.010	-0.047	-0.013	-0.037	-0.025	-0.019	-0.003	-0.025	-0.050	-0.017	-0.014	
1.40	-0.005	-0.067	-0.021	-0.023	-0.038	-0.031	-0.050	-0.028	-0.049	0.005	-0.050	-0.029	-0.028	-0.045	-0.022	-0.027	-0.022	-0.045	-0.075	-0.045	-0.017	-0.053	-0.019	-0.040	-0.034	-0.022	-0.006	-0.025	-0.055	-0.021	-0.015	
1.35	-0.007	-0.070	-0.026	-0.031	-0.042	-0.033	-0.071	-0.033	-0.051	-0.004	-0.056	-0.038	-0.042	-0.051	-0.037	-0.037	-0.024	-0.046	-0.079	-0.046	-0.020	-0.056	-0.021	-0.041	-0.036	-0.022	-0.014	-0.029	-0.058	-0.030	-0.025	
1.30	-0.018	-0.073	-0.036	-0.050	-0.044	-0.035	-0.072	-0.037	-0.051	-0.015	-0.058	-0.041	-0.053	-0.052	-0.047	-0.037	-0.031	-0.052	-0.082	-0.054	-0.025	-0.060	-0.030	-0.043	-0.042	-0.025	-0.018	-0.032	-0.065	-0.040	-0.026	
1.25	-0.021	-0.075	-0.037	-0.052	-0.047	-0.060	-0.072	-0.046	-0.059	-0.017	-0.059	-0.042	-0.059	-0.053	-0.060	-0.044	-0.031	-0.066	-0.091	-0.055	-0.029	-0.060	-0.043	-0.050	-0.046	-0.028	-0.023	-0.033	-0.072	-0.053	-0.031	
1.20	-0.022	-0.075	-0.040	-0.054	-0.049	-0.065	-0.076	-0.050	-0.065	-0.022	-0.070	-0.042	-0.059	-0.056	-0.062	-0.061	-0.043	-0.071	-0.095	-0.057	-0.041	-0.062	-0.062	-0.062	-0.051	-0.029	-0.039	-0.038	-0.095	-0.065	-0.035	
1.15	-0.030	-0.092	-0.043	-0.055	-0.050	-0.072	-0.080	-0.051	-0.077	-0.037	-0.075	-0.049	-0.066	-0.060	-0.064	-0.062	-0.048	-0.074	-0.098	-0.061	-0.050	-0.068	-0.063	-0.063	-0.062	-0.031	-0.074	-0.039	-0.095	-0.068	-0.038	
1.10	-0.033	-0.094	-0.044	-0.080	-0.060	-0.077	-0.084	-0.059	-0.079	-0.040	-0.079	-0.055	-0.071	-0.061	-0.070	-0.080	-0.078	-0.078	-0.099	-0.062	-0.051	-0.079	-0.067	-0.069	-0.068	-0.037	-0.079	-0.040	-0.105	-0.078	-0.042	
1.05	-0.043	-0.104	-0.061	-0.083	-0.069	-0.083	-0.098	-0.059	-0.086	-0.056	-0.093	-0.064	-0.072	-0.065	-0.072	-0.080	-0.080	-0.084	-0.109	-0.066	-0.058	-0.084	-0.071	-0.070	-0.083	-0.039	-0.079	-0.047	-0.106	-0.079	-0.050	
1.00	-0.065	-0.109	-0.074	-0.083	-0.079	-0.095	-0.102	-0.059	-0.086	-0.072	-0.094	-0.083	-0.075	-0.069	-0.073	-0.082	-0.084	-0.087	-0.110	-0.075	-0.061	-0.088	-0.109	-0.082	-0.090	-0.040	-0.083	-0.051	-0.112	-0.082	-0.057	
0.95	-0.095	-0.117	-0.079	-0.091	-0.082	-0.096	-0.102	-0.059	-0.090	-0.075	-0.104	-0.084	-0.078	-0.071	-0.074	-0.086	-0.091	-0.090	-0.111	-0.076	-0.063	-0.094	-0.110	-0.083	-0.097	-0.045	-0.087	-0.052	-0.113	-0.090	-0.059	
0.90	-0.098	-0.117	-0.084	-0.106	-0.094	-0.109	-0.103	-0.066	-0.110	-0.083	-0.106	-0.086	-0.083	-0.072	-0.075	-0.101	-0.092	-0.092	-0.114	-0.084	-0.070	-0.094	-0.114	-0.100	-0.101	-0.048	-0.096	-0.054	-0.116	-0.091	-0.060	
0.85	-0.114	-0.118	-0.086	-0.108	-0.099	-0.116	-0.104	-0.067	-0.124	-0.084	-0.111	-0.090	-0.091	-0.078	-0.077	-0.105	-0.096	-0.098	-0.123	-0.086	-0.071	-0.099	-0.116	-0.106	-0.109	-0.066	-0.124	-0.054	-0.118	-0.100	-0.066	
0.80	-0.115	-0.121	-0.087	-0.111	-0.103	-0.119	-0.108	-0.068	-0.133	-0.086	-0.118	-0.104	-0.091	-0.079	-0.080	-0.108	-0.102	-0.111	-0.124	-0.097	-0.091	-0.103	-0.127	-0.118	-0.109	-0.080	-0.124	-0.063	-0.133	-0.114	-0.073	
0.75	-0.129	-0.122	-0.093	-0.112	-0.122	-0.121	-0.112	-0.069	-0.135	-0.092	-0.123	-0.107	-0.101	-0.081	-0.082	-0.111	-0.111	-0.131	-0.126	-0.101	-0.099	-0.103	-0.127	-0.132	-0.115	-0.093	-0.127	-0.067	-0.152	-0.119	-0.073	
0.70	-0.137	-0.127	-0.103	-0.126	-0.123	-0.121	-0.113	-0.083	-0.142	-0.093	-0.132	-0.113	-0.107	-0.086	-0.091	-0.116	-0.132	-0.137	-0.129	-0.112	-0.104	-0.114	-0.137	-0.153	-0.117	-0.101	-0.132	-0.069	-0.161	-0.120	-0.081	
0.65	-0.142	-0.127	-0.108	-0.132	-0.130	-0.131	-0.115	-0.086	-0.144	-0.093	-0.137	-0.117	-0.142	-0.094	-0.091	-0.123	-0.138	-0.139	-0.130	-0.112	-0.127	-0.125	-0.139	-0.164	-0.120	-0.106	-0.138	-0.071	-0.162	-0.128	-0.087	
0.60	-0.147	-0.128	-0.112	-0.134	-0.151	-0.135	-0.115	-0.092	-0.147	-0.105	-0.138	-0.140	-0.143	-0.132	-0.095	-0.125	-0.140	-0.152	-0.132	-0.115	-0.128	-0.128	-0.151	-0.166	-0.126	-0.107	-0.143	-0.077	-0.164	-0.133	-0.100	
0.55	-0.163	-0.134	-0.126	-0.137	-0.156	-0.140	-0.123	-0.123	-0.147	-0.115	-0.142	-0.142	-0.148	-0.136	-0.096	-0.140	-0.140	-0.159	-0.147	-0.121	-0.135	-0.129	-0.156	-0.168	-0.151	-0.116	-0.146	-0.085	-0.168	-0.134	-0.100	
0.50	-0.169	-0.152	-0.131	-0.143	-0.158	-0.144	-0.129	-0.144	-0.153	-0.122	-0.147	-0.146	-0.150	-0.151	-0.098	-0.143	-0.147	-0.160	-0.155	-0.148	-0.141	-0.133	-0.161	-0.173	-0.164	-0.147	-0.151	-0.089	-0.170	-0.137	-0.126	
0.45	-0.172	-0.160	-0.140	-0.148	-0.158	-0.151	-0.130	-0.158	-0.167	-0.126	-0.152	-0.155	-0.154	-0.156	-0.107	-0.148	-0.153	-0.167	-0.160	-0.158	-0.156	-0.138	-0.172	-0.176	-0.170	-0.150	-0.151	-0.098	-0.171	-0.164	-0.135	
0.40	-0.172	-0.165	-0.156	-0.163	-0.170	-0.164	-0.138	-0.158	-0.170	-0.130	-0.161	-0.157	-0.161	-0.156	-0.125	-0.150	-0.156	-0.172	-0.165	-0.158	-0.160	-0.150	-0.173	-0.177	-0.173	-0.150	-0.156	-0.105	-0.172	-0.166	-0.143	
0.35	-0.175	-0.173	-0.179	-0.173	-0.177	-0.183	-0.141	-0.162	-0.171	-0.131	-0.163	-0.158	-0.162	-0.158	-0.127	-0.152	-0.164	-0.178	-0.166	-0.166	-0.164	-0.164	-0.173	-0.183	-0.176	-0.154	-0.159	-0.106	-0.179	-0.172	-0.144	
0.30	-0.180	-0.187	-0.179	-0.182	-0.178	-0.189	-0.160	-0.163	-0.175	-0.155	-0.167	-0.168	-0.164	-0.158	-0.129	-0.156	-0.164	-0.179	-0.170	-0.169	-0.168	-0.166	-0.175	-0.184	-0.176	-0.161	-0.170	-0.116	-0.180	-0.172	-0.150	
0.25	-0.182	-0.189	-0.186	-0.184	-0.182	-0.190	-0.163	-0.167	-0.184	-0.171	-0.168	-0.180	-0.165	-0.166	-0.131	-0.165	-0.170	-0.185	-0.171	-0.180	-0.170	-0.179	-0.179	-0.186	-0.191	-0.175	-0.172	-0.118	-0.185	-0.180	-0.166	
0.20	-0.194	-0.190	-0.187	-0.19																												

Tabla VII.22 Resultados de Medición de Potenciales en la PCC1 2/4

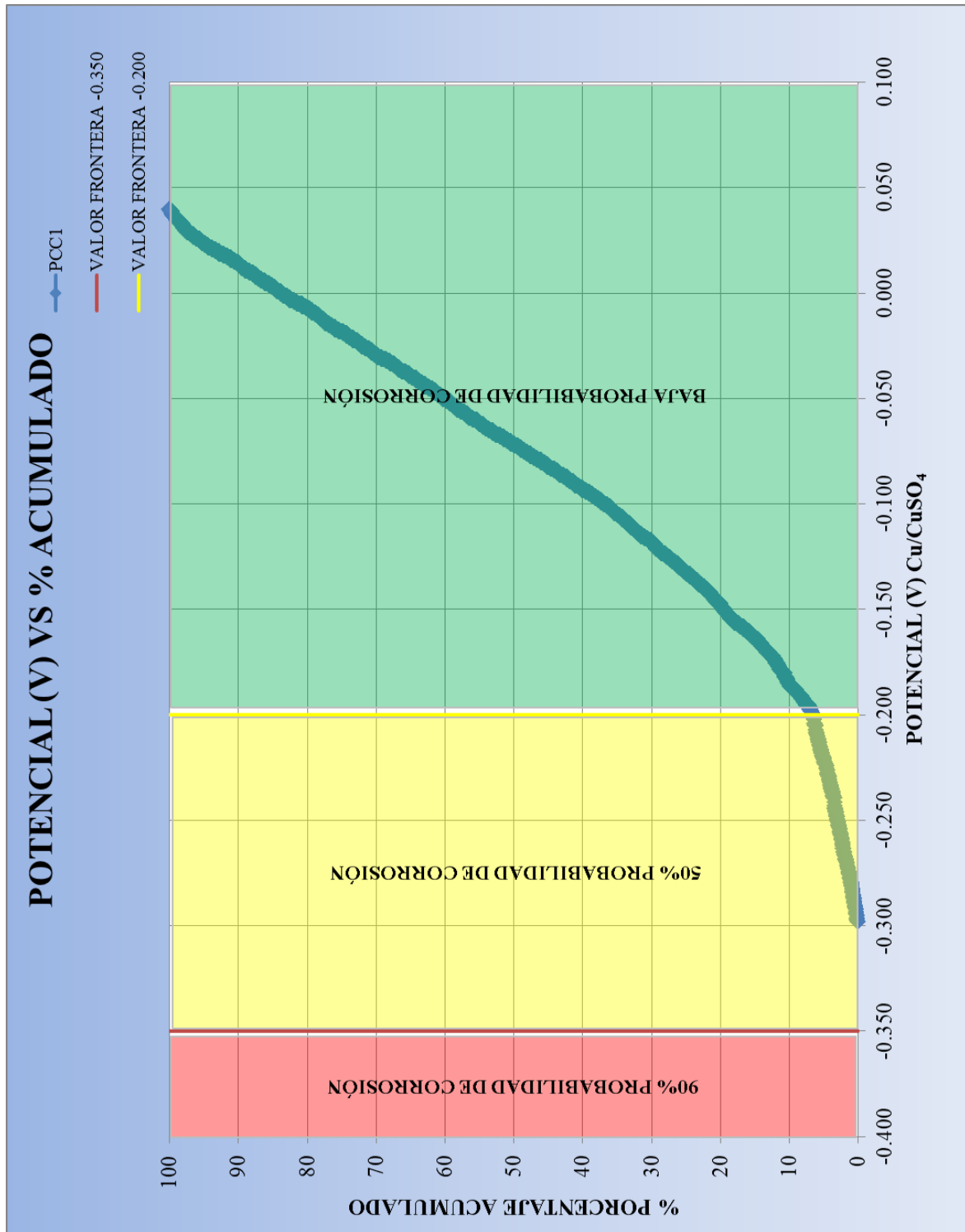
h (m) / I_c (kg)	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
2.00	0.024	0.035	0.031	0.035	0.039	0.025	0.039	0.028	0.023	0.028	0.021	0.031	0.036	0.028	0.038	0.030	0.028	0.009	0.037	0.021	0.026	0.040	0.033	0.040	0.027	0.028	0.035	0.021	0.020	0.035
1.95	0.023	0.035	0.027	0.032	0.037	0.023	0.032	0.024	0.010	0.027	0.016	0.028	0.026	0.024	0.034	0.023	0.027	0.005	0.033	0.015	0.025	0.038	0.028	0.036	0.020	0.023	0.035	0.020	0.017	0.034
1.90	0.015	0.034	0.023	0.029	0.031	0.021	0.028	0.021	0.006	0.022	0.011	0.026	0.018	0.018	0.034	0.021	0.025	-0.006	0.030	0.012	0.021	0.037	0.028	0.031	0.013	0.017	0.031	0.015	0.010	0.025
1.85	0.013	0.030	0.016	0.027	0.029	0.018	0.018	0.005	-0.004	0.022	0.011	0.025	0.012	0.012	0.033	0.018	0.020	-0.013	0.030	0.011	0.019	0.017	0.026	0.024	0.009	-0.001	0.028	0.014	0.010	0.021
1.80	0.008	0.011	0.006	0.023	0.028	0.015	0.017	-0.001	-0.008	0.017	0.010	0.020	0.011	0.011	0.032	0.010	0.007	-0.020	0.018	0.010	0.018	0.013	0.022	0.022	-0.005	-0.003	0.027	0.011	0.005	0.018
1.75	0.003	0.005	0.003	0.018	0.027	0.014	-0.003	-0.006	-0.009	0.012	0.003	0.014	0.005	0.011	0.016	0.010	0.006	-0.022	0.016	0.008	0.016	0.009	0.015	0.019	-0.005	-0.007	0.027	-0.008	-0.013	0.015
1.70	-0.001	0.003	-0.007	-0.017	0.026	0.008	-0.007	-0.008	-0.009	0.012	0.000	0.006	0.001	0.008	-0.012	0.007	0.005	-0.027	0.014	0.003	0.013	0.000	-0.003	0.010	-0.005	-0.009	0.015	-0.018	-0.017	0.012
1.65	-0.002	0.001	-0.010	-0.020	0.013	0.002	-0.010	-0.008	-0.011	0.004	-0.007	-0.010	-0.005	0.003	-0.013	0.005	-0.002	-0.029	0.013	-0.001	0.008	-0.001	-0.005	0.006	-0.007	-0.009	0.010	-0.028	-0.018	0.006
1.60	-0.012	-0.009	-0.013	-0.026	0.010	-0.005	-0.017	-0.009	-0.016	-0.003	-0.013	-0.016	-0.005	-0.002	-0.014	-0.005	-0.006	-0.032	0.012	-0.003	0.006	-0.004	-0.014	-0.021	-0.010	-0.009	0.003	-0.029	-0.028	0.000
1.55	-0.014	-0.017	-0.026	-0.030	-0.001	-0.006	-0.020	-0.016	-0.021	-0.004	-0.015	-0.022	-0.006	-0.009	-0.016	-0.012	-0.010	-0.033	0.004	-0.011	0.005	-0.006	-0.030	-0.023	-0.021	-0.010	-0.005	-0.030	-0.031	-0.006
1.50	-0.022	-0.023	-0.033	-0.040	-0.003	-0.009	-0.031	-0.018	-0.026	-0.008	-0.020	-0.022	-0.016	-0.011	-0.017	-0.014	-0.021	-0.040	0.001	-0.017	-0.003	-0.009	-0.032	-0.031	-0.031	-0.018	-0.017	-0.032	-0.031	-0.009
1.45	-0.022	-0.024	-0.035	-0.044	-0.007	-0.014	-0.033	-0.020	-0.030	-0.013	-0.034	-0.022	-0.018	-0.019	-0.020	-0.021	-0.025	-0.045	-0.009	-0.019	-0.003	-0.013	-0.044	-0.037	-0.031	-0.029	-0.024	-0.038	-0.036	-0.015
1.40	-0.026	-0.026	-0.036	-0.044	-0.008	-0.016	-0.035	-0.025	-0.034	-0.018	-0.035	-0.025	-0.021	-0.021	-0.028	-0.030	-0.031	-0.048	-0.012	-0.026	-0.007	-0.017	-0.049	-0.037	-0.034	-0.030	-0.025	-0.045	-0.046	-0.018
1.35	-0.029	-0.027	-0.042	-0.045	-0.019	-0.018	-0.039	-0.026	-0.040	-0.026	-0.038	-0.029	-0.024	-0.030	-0.041	-0.036	-0.036	-0.057	-0.012	-0.027	-0.007	-0.019	-0.051	-0.041	-0.038	-0.033	-0.026	-0.050	-0.056	-0.022
1.30	-0.045	-0.030	-0.042	-0.069	-0.024	-0.020	-0.041	-0.031	-0.046	-0.031	-0.054	-0.033	-0.026	-0.033	-0.044	-0.037	-0.037	-0.060	-0.037	-0.036	-0.011	-0.022	-0.055	-0.050	-0.039	-0.047	-0.027	-0.050	-0.062	-0.043
1.25	-0.065	-0.044	-0.042	-0.070	-0.027	-0.022	-0.050	-0.034	-0.048	-0.043	-0.058	-0.045	-0.032	-0.035	-0.046	-0.042	-0.048	-0.077	-0.041	-0.043	-0.018	-0.032	-0.055	-0.060	-0.052	-0.049	-0.037	-0.051	-0.064	-0.044
1.20	-0.072	-0.063	-0.045	-0.074	-0.036	-0.026	-0.053	-0.040	-0.050	-0.051	-0.062	-0.054	-0.035	-0.037	-0.049	-0.055	-0.063	-0.084	-0.043	-0.044	-0.021	-0.034	-0.056	-0.064	-0.053	-0.051	-0.038	-0.067	-0.065	-0.046
1.15	-0.081	-0.069	-0.062	-0.075	-0.048	-0.030	-0.054	-0.044	-0.056	-0.052	-0.065	-0.060	-0.040	-0.044	-0.054	-0.058	-0.072	-0.087	-0.047	-0.053	-0.037	-0.036	-0.057	-0.065	-0.055	-0.053	-0.051	-0.068	-0.071	-0.059
1.10	-0.088	-0.083	-0.076	-0.076	-0.049	-0.035	-0.063	-0.060	-0.057	-0.054	-0.069	-0.065	-0.064	-0.052	-0.055	-0.060	-0.078	-0.092	-0.048	-0.053	-0.039	-0.042	-0.066	-0.066	-0.060	-0.054	-0.064	-0.069	-0.074	-0.062
1.05	-0.088	-0.089	-0.077	-0.080	-0.054	-0.035	-0.066	-0.060	-0.058	-0.055	-0.073	-0.066	-0.068	-0.058	-0.055	-0.066	-0.082	-0.093	-0.067	-0.056	-0.040	-0.046	-0.067	-0.074	-0.062	-0.061	-0.066	-0.070	-0.077	-0.063
1.00	-0.093	-0.095	-0.084	-0.082	-0.054	-0.037	-0.067	-0.060	-0.067	-0.062	-0.077	-0.067	-0.071	-0.063	-0.059	-0.074	-0.083	-0.095	-0.088	-0.056	-0.042	-0.052	-0.068	-0.076	-0.062	-0.062	-0.079	-0.072	-0.078	-0.070
0.95	-0.100	-0.097	-0.088	-0.083	-0.059	-0.043	-0.073	-0.069	-0.069	-0.064	-0.079	-0.077	-0.073	-0.063	-0.060	-0.076	-0.086	-0.108	-0.088	-0.062	-0.045	-0.067	-0.071	-0.083	-0.068	-0.065	-0.080	-0.086	-0.085	-0.072
0.90	-0.105	-0.099	-0.088	-0.085	-0.064	-0.047	-0.074	-0.078	-0.079	-0.065	-0.080	-0.078	-0.089	-0.068	-0.061	-0.086	-0.087	-0.109	-0.096	-0.064	-0.045	-0.068	-0.076	-0.087	-0.068	-0.079	-0.081	-0.087	-0.085	-0.076
0.85	-0.107	-0.103	-0.089	-0.093	-0.076	-0.065	-0.079	-0.079	-0.081	-0.067	-0.087	-0.080	-0.091	-0.077	-0.068	-0.092	-0.092	-0.111	-0.098	-0.069	-0.047	-0.069	-0.082	-0.091	-0.079	-0.090	-0.082	-0.094	-0.087	-0.081
0.80	-0.107	-0.105	-0.091	-0.093	-0.077	-0.068	-0.094	-0.084	-0.082	-0.078	-0.096	-0.084	-0.102	-0.078	-0.068	-0.098	-0.097	-0.111	-0.100	-0.078	-0.052	-0.071	-0.092	-0.092	-0.081	-0.095	-0.089	-0.097	-0.093	-0.089
0.75	-0.107	-0.113	-0.095	-0.097	-0.096	-0.069	-0.095	-0.086	-0.085	-0.089	-0.098	-0.094	-0.112	-0.088	-0.090	-0.102	-0.109	-0.120	-0.101	-0.079	-0.055	-0.081	-0.101	-0.093	-0.083	-0.096	-0.093	-0.187	-0.237	-0.280
0.70	-0.114	-0.119	-0.101	-0.097	-0.097	-0.072	-0.099	-0.087	-0.089	-0.093	-0.098	-0.094	-0.117	-0.099	-0.095	-0.116	-0.110	-0.122	-0.103	-0.085	-0.055	-0.083	-0.104	-0.094	-0.087	-0.101	-0.093	-0.209	-0.233	-0.192
0.65	-0.127	-0.127	-0.114	-0.098	-0.098	-0.073	-0.104	-0.103	-0.090	-0.099	-0.099	-0.108	-0.120	-0.105	-0.107	-0.123	-0.114	-0.131	-0.115	-0.089	-0.060	-0.087	-0.104	-0.101	-0.087	-0.106	-0.097	-0.249	-0.244	-0.247
0.60	-0.134	-0.140	-0.116	-0.105	-0.102	-0.073	-0.106	-0.107	-0.093	-0.109	-0.109	-0.108	-0.125	-0.108	-0.115	-0.126	-0.115	-0.133	-0.126	-0.091	-0.069	-0.089	-0.106	-0.107	-0.089	-0.113	-0.100	-0.265	-0.229	-0.223
0.55	-0.136	-0.145	-0.118	-0.105	-0.117	-0.075	-0.118	-0.109	-0.104	-0.113	-0.118	-0.109	-0.127	-0.111	-0.117	-0.126	-0.115	-0.133	-0.134	-0.096	-0.071	-0.090	-0.124	-0.108	-0.090	-0.117	-0.104	-0.205	-0.259	-0.232
0.50	-0.136	-0.154	-0.123	-0.112	-0.134	-0.077	-0.118	-0.121	-0.115	-0.113	-0.121	-0.119	-0.129	-0.121	-0.125	-0.126	-0.123	-0.135	-0.138	-0.114	-0.080	-0.093	-0.125	-0.110	-0.096	-0.119	-0.109	-0.279	-0.249	-0.272
0.45	-0.139	-0.164	-0.125	-0.113	-0.134	-0.083	-0.121	-0.123	-0.116	-0.115	-0.123	-0.128	-0.131	-0.130	-0.126	-0.136	-0.124	-0.141	-0.140	-0.125	-0.086	-0.100	-0.130	-0.117	-0.106	-0.121	-0.122	-0.268	-0.296	-0.255
0.40	-0.154	-0.167	-0.128	-0.114	-0.134	-0.112	-0.122	-0.125	-0.132	-0.118	-0.134	-0.134	-0.134	-0.137	-0.126	-0.136	-0.128	-0.147	-0.141	-0.133	-0.088	-0.114	-0.134	-0.120	-0.131	-0.123	-0.130	-0.186	-0.228	-0.250
0.35	-0.160	-0.181	-0.140	-0.122	-0.137	-0.121	-0.122	-0.128	-0.134	-0.136	-0.136	-0.138	-0.135	-0.139	-0.133	-0.146	-0.131	-0.147	-0.142	-0.139	-0.097	-0.121	-0.140	-0.136	-0.133	-0.131	-0.132	-0.265	-0.205	-0.246
0.30	-0.160	-0.182	-0.147	-0.123	-0.140	-0.123	-0.122	-0.130	-0.143	-0.137	-0.138	-0.145	-0.140	-0.140	-0.137	-0.148	-0.136	-0.155	-0.156	-0.143	-0.100	-0.128	-0.153	-0.138	-0.145	-0.131	-0.152	-0.253	-0.234	-0.279
0.25	-0.162	-0.183	-0.154	-0.132	-0.143	-0.133	-0.123	-0.131	-0.157	-0.140	-0.139	-0.146	-0.140	-0.141	-0.144	-0.153	-0.141	-0.156	-0.157	-0.147	-0.106	-0.131	-0.154	-0.139	-0.150	-0.132	-0.160	-0.195	-0.236	-0.236
0.20	-0.184	-0.188	-0.156	-0.142	-0.147	-0.139	-0.134	-0.141	-0.158	-0.143	-0.151	-0.155	-0.146	-0.144	-0.158	-0.158	-0.155	-0.156	-0.158	-0.153	-0.147	-0.141	-0.154	-0.157	-0.156	-0.138	-0.160	-0.222	-0.224	-0.186
0.15	-0.189	-0.190	-0.158	-0.156	-0.154	-0.141	-0.150	-0.150	-0.158	-0.154	-0.159	-0.159	-0.154	-0.152	-0.159	-0.160	-0.158	-0.157	-0.160	-0.155	-0.158	-0.154	-0.156	-0.157	-0.159	-0.162	-0.1			

Tabla VII.22 Resultados de Medición de Potenciales en la PCC1 3/4

h (m) (kg)	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450
2.00	0.029	0.031	0.038	0.031	0.009	0.039	0.039	0.040	0.022	0.023	0.036	0.038	0.038	0.024	0.039	0.029	0.034	0.024	0.034	0.040	0.036	0.037	0.021	0.023	0.035	0.025	0.026	0.035	0.036	0.033
1.95	0.026	0.029	0.037	0.029	0.005	0.034	0.033	0.038	0.020	0.011	0.030	0.022	0.029	0.019	0.036	0.027	0.029	0.023	0.031	0.029	0.034	0.034	0.012	0.014	0.035	0.022	0.023	0.033	0.033	0.031
1.90	0.020	0.026	0.029	0.024	0.001	0.015	0.032	0.034	0.019	0.008	0.030	0.019	0.022	0.010	0.025	0.025	0.027	0.018	0.029	0.023	0.021	0.028	0.009	0.010	0.035	0.014	0.021	0.022	0.025	0.029
1.85	0.014	0.020	0.025	0.024	-0.006	0.012	0.029	0.026	0.010	0.005	0.027	0.014	0.022	0.008	0.025	0.019	0.026	0.003	0.024	0.019	0.019	0.023	-0.001	0.006	0.030	0.000	0.004	0.022	0.019	0.023
1.80	0.012	0.016	0.024	0.014	-0.009	-0.004	0.026	0.017	0.004	0.004	0.018	0.012	0.006	0.001	0.023	0.016	0.016	-0.002	0.021	0.009	0.018	0.016	-0.004	0.001	0.028	-0.004	0.000	0.022	0.017	0.019
1.75	0.012	0.008	0.021	0.006	-0.012	-0.009	0.015	0.016	-0.003	0.003	0.017	0.009	0.006	0.001	0.019	0.016	-0.003	-0.004	0.020	0.003	0.008	0.010	-0.016	0.001	0.026	-0.004	-0.003	0.016	0.015	0.018
1.70	0.007	0.008	0.020	-0.005	-0.014	-0.011	0.010	0.015	-0.006	0.000	0.017	0.006	0.006	-0.002	0.012	0.007	-0.011	-0.005	0.005	-0.009	-0.004	0.006	-0.020	0.000	0.024	-0.007	-0.012	0.014	0.000	0.015
1.65	0.007	0.007	0.018	-0.014	-0.015	-0.014	0.003	0.015	-0.007	-0.001	0.012	-0.010	0.005	-0.003	0.009	0.007	-0.019	-0.005	0.004	-0.012	-0.005	0.005	-0.020	-0.001	0.024	-0.011	-0.014	0.008	0.000	0.015
1.60	0.005	0.004	0.010	-0.014	-0.016	-0.022	-0.005	0.012	-0.188	-0.001	0.003	-0.017	0.002	-0.010	0.009	0.005	-0.030	-0.012	0.004	-0.014	-0.006	-0.004	-0.024	-0.004	0.022	-0.014	-0.014	0.006	-0.006	0.011
1.55	0.003	0.002	-0.003	-0.017	-0.022	-0.026	-0.005	0.004	-0.016	-0.005	0.001	-0.021	0.001	-0.018	0.008	-0.001	-0.030	-0.018	-0.002	-0.016	-0.007	-0.004	-0.029	-0.023	0.022	-0.027	-0.015	0.006	-0.020	0.000
1.50	-0.014	0.000	-0.010	-0.029	-0.032	-0.034	-0.007	-0.003	-0.031	-0.012	-0.007	-0.023	-0.005	-0.018	-0.003	-0.004	-0.033	-0.019	-0.005	-0.020	-0.014	-0.005	-0.039	-0.025	0.017	-0.031	-0.023	-0.023	-0.041	-0.001
1.45	-0.028	-0.002	-0.022	-0.038	-0.032	-0.046	-0.017	-0.006	-0.026	-0.012	-0.016	-0.024	-0.006	-0.036	-0.005	-0.007	-0.035	-0.028	-0.009	-0.030	-0.014	-0.010	-0.042	-0.030	-0.003	-0.043	-0.031	-0.023	-0.046	-0.002
1.40	-0.035	-0.008	-0.037	-0.040	-0.034	-0.050	-0.022	-0.012	-0.173	-0.022	-0.016	-0.024	-0.009	-0.042	-0.006	-0.019	-0.047	-0.037	-0.015	-0.033	-0.016	-0.013	-0.044	-0.033	-0.008	-0.051	-0.031	-0.044	-0.048	-0.003
1.35	-0.043	-0.018	-0.040	-0.041	-0.036	-0.051	-0.022	-0.015	-0.183	-0.032	-0.028	-0.027	-0.009	-0.046	-0.009	-0.027	-0.056	-0.037	-0.024	-0.037	-0.016	-0.017	-0.048	-0.036	-0.016	-0.058	-0.036	-0.056	-0.060	-0.011
1.30	-0.044	-0.030	-0.048	-0.049	-0.048	-0.051	-0.024	-0.016	-0.124	-0.036	-0.033	-0.032	-0.019	-0.049	-0.021	-0.028	-0.056	-0.039	-0.030	-0.043	-0.017	-0.025	-0.050	-0.038	-0.018	-0.059	-0.054	-0.056	-0.068	-0.015
1.25	-0.044	-0.031	-0.048	-0.059	-0.051	-0.063	-0.031	-0.018	-0.041	-0.038	-0.037	-0.037	-0.026	-0.052	-0.025	-0.029	-0.057	-0.045	-0.034	-0.045	-0.025	-0.029	-0.051	-0.039	-0.023	-0.059	-0.064	-0.069	-0.071	-0.019
1.20	-0.045	-0.031	-0.050	-0.060	-0.059	-0.066	-0.033	-0.018	-0.162	-0.040	-0.052	-0.041	-0.031	-0.052	-0.033	-0.029	-0.057	-0.046	-0.043	-0.047	-0.034	-0.032	-0.057	-0.039	-0.033	-0.066	-0.066	-0.074	-0.072	-0.021
1.15	-0.046	-0.057	-0.055	-0.069	-0.074	-0.071	-0.038	-0.025	-0.169	-0.047	-0.059	-0.046	-0.031	-0.057	-0.035	-0.031	-0.068	-0.048	-0.047	-0.056	-0.035	-0.032	-0.060	-0.040	-0.044	-0.069	-0.067	-0.075	-0.072	-0.028
1.10	-0.050	-0.064	-0.062	-0.072	-0.074	-0.072	-0.038	-0.039	-0.012	-0.048	-0.061	-0.064	-0.036	-0.061	-0.039	-0.043	-0.070	-0.055	-0.083	-0.060	-0.037	-0.038	-0.068	-0.047	-0.067	-0.070	-0.071	-0.082	-0.073	-0.030
1.05	-0.055	-0.067	-0.065	-0.078	-0.077	-0.078	-0.039	-0.040	-0.066	-0.053	-0.063	-0.065	-0.046	-0.070	-0.042	-0.050	-0.070	-0.060	-0.088	-0.065	-0.037	-0.040	-0.085	-0.048	-0.072	-0.070	-0.072	-0.087	-0.077	-0.032
1.00	-0.056	-0.072	-0.071	-0.083	-0.080	-0.081	-0.044	-0.046	-0.033	-0.073	-0.069	-0.089	-0.047	-0.075	-0.056	-0.056	-0.075	-0.066	-0.093	-0.066	-0.042	-0.051	-0.092	-0.057	-0.073	-0.080	-0.076	-0.091	-0.080	-0.032
0.95	-0.058	-0.080	-0.075	-0.098	-0.085	-0.092	-0.051	-0.048	-0.144	-0.075	-0.070	-0.095	-0.060	-0.080	-0.059	-0.060	-0.077	-0.077	-0.097	-0.067	-0.044	-0.054	-0.095	-0.059	-0.077	-0.082	-0.086	-0.091	-0.094	-0.036
0.90	-0.067	-0.083	-0.076	-0.098	-0.089	-0.099	-0.060	-0.049	-0.079	-0.076	-0.070	-0.099	-0.062	-0.081	-0.060	-0.078	-0.086	-0.077	-0.097	-0.068	-0.046	-0.059	-0.102	-0.061	-0.084	-0.086	-0.086	-0.100	-0.094	-0.042
0.85	-0.071	-0.086	-0.077	-0.098	-0.093	-0.100	-0.067	-0.057	-0.081	-0.082	-0.071	-0.100	-0.076	-0.081	-0.061	-0.079	-0.087	-0.082	-0.103	-0.070	-0.051	-0.064	-0.115	-0.065	-0.087	-0.091	-0.091	-0.100	-0.115	-0.042
0.80	-0.079	-0.089	-0.086	-0.101	-0.097	-0.108	-0.087	-0.067	-0.169	-0.087	-0.081	-0.102	-0.080	-0.088	-0.064	-0.082	-0.087	-0.084	-0.105	-0.071	-0.056	-0.070	-0.117	-0.073	-0.089	-0.098	-0.091	-0.102	-0.115	-0.051
0.75	-0.250	-0.187	-0.257	-0.208	-0.282	-0.212	-0.090	-0.078	-0.047	-0.097	-0.086	-0.102	-0.087	-0.107	-0.065	-0.089	-0.092	-0.090	-0.108	-0.073	-0.065	-0.077	-0.119	-0.093	-0.095	-0.103	-0.093	-0.110	-0.116	-0.056
0.70	-0.286	-0.210	-0.214	-0.227	-0.253	-0.196	-0.090	-0.079	-0.270	-0.104	-0.100	-0.111	-0.089	-0.111	-0.079	-0.091	-0.092	-0.090	-0.116	-0.079	-0.076	-0.077	-0.125	-0.093	-0.097	-0.105	-0.096	-0.113	-0.116	-0.077
0.65	-0.237	-0.289	-0.290	-0.191	-0.202	-0.198	-0.092	-0.080	-0.281	-0.117	-0.101	-0.113	-0.094	-0.112	-0.080	-0.093	-0.096	-0.093	-0.118	-0.084	-0.093	-0.080	-0.125	-0.095	-0.102	-0.106	-0.097	-0.119	-0.119	-0.078
0.60	-0.298	-0.215	-0.202	-0.211	-0.198	-0.228	-0.105	-0.081	-0.191	-0.117	-0.102	-0.116	-0.096	-0.116	-0.112	-0.097	-0.101	-0.098	-0.119	-0.087	-0.101	-0.081	-0.125	-0.099	-0.103	-0.121	-0.097	-0.122	-0.125	-0.080
0.55	-0.291	-0.232	-0.220	-0.286	-0.261	-0.239	-0.115	-0.093	-0.285	-0.128	-0.116	-0.120	-0.111	-0.127	-0.112	-0.100	-0.104	-0.100	-0.121	-0.097	-0.104	-0.083	-0.135	-0.115	-0.107	-0.122	-0.101	-0.123	-0.133	-0.099
0.50	-0.292	-0.201	-0.258	-0.256	-0.230	-0.228	-0.123	-0.114	-0.248	-0.128	-0.121	-0.121	-0.114	-0.128	-0.112	-0.109	-0.113	-0.112	-0.123	-0.099	-0.106	-0.092	-0.135	-0.118	-0.116	-0.124	-0.104	-0.125	-0.136	-0.115
0.45	-0.287	-0.274	-0.268	-0.205	-0.298	-0.219	-0.223	-0.208	-0.189	-0.277	-0.235	-0.225	-0.218	-0.221	-0.204	-0.279	-0.232	-0.218	-0.265	-0.195	-0.207	-0.226	-0.220	-0.213	-0.123	-0.137	-0.118	-0.132	-0.138	-0.117
0.40	-0.256	-0.221	-0.186	-0.225	-0.235	-0.223	-0.246	-0.259	-0.189	-0.298	-0.221	-0.236	-0.192	-0.187	-0.223	-0.205	-0.280	-0.249	-0.259	-0.292	-0.228	-0.246	-0.270	-0.291	-0.124	-0.140	-0.123	-0.133	-0.141	-0.123
0.35	-0.262	-0.238	-0.281	-0.286	-0.279	-0.288	-0.188	-0.217	-0.223	-0.284	-0.255	-0.266	-0.224	-0.271	-0.276	-0.204	-0.252	-0.213	-0.290	-0.289	-0.218	-0.225	-0.239	-0.297	-0.129	-0.142	-0.128	-0.133	-0.141	-0.128
0.30	-0.284	-0.235	-0.187	-0.245	-0.266	-0.288	-0.298	-0.197	-0.278	-0.198	-0.263	-0.275	-0.250	-0.188	-0.269	-0.291	-0.208	-0.186	-0.287	-0.241	-0.231	-0.263	-0.290	-0.234	-0.129	-0.149	-0.145	-0.137	-0.147	-0.129
0.25	-0.208	-0.230	-0.228	-0.272	-0.252	-0.189	-0.263	-0.293	-0.261	-0.212	-0.217	-0.252	-0.284	-0.254	-0.248	-0.228	-0.222	-0.278	-0.273	-0.222	-0.278	-0.213	-0.229	-0.286	-0.146	-0.150	-0.148	-0.145	-0.147	-0.133
0.20	-0.232	-0.257	-0.186	-0.248	-0.237	-0.268	-0.205	-0.274	-0.230	-0.221	-0.249	-0.296	-0.268	-0.244	-0.189	-0.225	-0.197	-0.196	-0.220	-0.272	-0.256	-0.223	-0.269	-0.220	-0.151	-0.155	-0.157	-0.152	-0.154	-0.133
0.15	-0.190	-0.232	-0.204	-0.282	-0.272	-0.192	-0.245	-0.259	-0.202	-0.250	-0.294	-0.215	-0.205	-0.244	-0.191	-0.210	-0.187	-0.277	-0.265	-0.278	-0.252	-0.254	-0.268	-0.263	-0.161	-0.159	-0.161	-0.159		

Tabla VII.22 Resultados de Medición de Potenciales en la PCC1 4/4

h (m) (k_0)	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600
2.00	0.027	0.026	0.022	0.027	0.037	0.035	0.028	0.040	0.028	0.033	0.034	0.024	0.040	0.040	-0.002	0.000	0.018	0.011	0.017	0.009	0.020	0.017	0.014	0.019	0.017	0.012	-0.014	-0.011	0.019	0.019
1.95	0.026	0.022	0.019	0.018	0.034	0.029	0.026	0.039	0.028	0.021	0.028	0.015	0.030	0.013	-0.017	-0.005	0.011	0.008	0.012	0.008	0.010	0.013	-0.001	0.018	0.010	0.006	-0.015	-0.015	0.019	0.016
1.90	0.020	0.015	0.015	0.012	0.030	0.015	0.026	0.035	0.027	0.011	0.022	0.007	0.022	0.012	-0.033	-0.010	0.006	0.005	-0.005	0.007	0.007	0.011	-0.008	0.011	-0.001	0.005	-0.019	-0.019	0.017	0.014
1.85	0.019	0.014	-0.001	0.010	0.030	0.013	0.025	0.026	0.020	0.010	0.021	0.004	0.019	-0.001	-0.038	-0.026	0.004	0.004	-0.006	0.001	0.005	0.010	-0.015	0.009	-0.005	0.001	-0.021	-0.028	0.016	0.011
1.80	0.008	0.001	-0.008	0.001	0.023	0.005	0.024	0.022	0.020	0.010	0.020	0.001	0.017	-0.011	-0.045	-0.038	-0.001	0.000	-0.018	-0.002	0.002	0.005	-0.018	0.003	-0.015	0.000	-0.031	-0.028	0.016	0.005
1.75	0.001	0.001	-0.013	-0.008	0.020	0.005	0.019	0.019	0.019	-0.001	0.012	-0.016	0.008	-0.011	-0.052	-0.043	-0.006	-0.010	-0.025	-0.003	0.002	0.004	-0.027	-0.001	-0.024	-0.004	-0.032	-0.031	0.015	0.002
1.70	-0.008	-0.001	-0.024	-0.011	-0.020	-0.017	0.018	0.015	0.018	-0.022	0.008	-0.016	0.005	-0.015	-0.067	-0.044	-0.025	-0.022	-0.026	-0.006	-0.025	0.000	-0.051	-0.003	-0.024	-0.009	-0.037	-0.032	0.010	-0.003
1.65	-0.017	-0.002	-0.031	-0.038	-0.005	-0.017	0.017	-0.017	0.017	-0.026	0.003	-0.018	0.004	-0.015	-0.069	-0.045	-0.026	-0.029	-0.031	-0.015	-0.034	-0.006	-0.062	-0.005	-0.029	-0.015	-0.054	-0.033	0.010	-0.006
1.60	-0.017	-0.002	-0.033	-0.040	-0.009	-0.020	0.001	-0.027	0.014	-0.032	-0.005	-0.023	0.004	-0.021	-0.073	-0.057	-0.028	-0.038	-0.032	-0.025	-0.037	-0.009	-0.062	-0.007	-0.034	-0.017	-0.065	-0.039	0.007	-0.024
1.55	-0.020	-0.005	-0.039	-0.059	-0.028	-0.023	-0.003	-0.030	0.000	-0.034	-0.009	-0.024	-0.003	-0.027	-0.076	-0.068	-0.031	-0.041	-0.032	-0.033	-0.045	-0.019	-0.083	-0.009	-0.038	-0.019	-0.067	-0.039	0.003	-0.026
1.50	-0.024	-0.027	-0.050	-0.059	-0.030	-0.025	-0.007	-0.033	-0.002	-0.034	-0.009	-0.036	-0.005	-0.030	-0.083	-0.076	-0.044	-0.042	-0.043	-0.059	-0.057	-0.033	-0.084	-0.010	-0.039	-0.029	-0.068	-0.057	0.002	-0.028
1.45	-0.027	-0.032	-0.052	-0.060	-0.033	-0.030	-0.022	-0.040	-0.018	-0.040	-0.010	-0.046	-0.006	-0.039	-0.084	-0.077	-0.048	-0.044	-0.044	-0.062	-0.058	-0.033	-0.085	-0.020	-0.039	-0.031	-0.073	-0.061	-0.006	-0.036
1.40	-0.028	-0.045	-0.056	-0.072	-0.052	-0.033	-0.024	-0.042	-0.019	-0.056	-0.018	-0.055	-0.018	-0.044	-0.091	-0.092	-0.064	-0.049	-0.056	-0.063	-0.058	-0.036	-0.088	-0.026	-0.049	-0.032	-0.076	-0.065	-0.013	-0.037
1.35	-0.029	-0.057	-0.064	-0.074	-0.054	-0.035	-0.035	-0.048	-0.021	-0.057	-0.032	-0.059	-0.019	-0.045	-0.096	-0.095	-0.065	-0.059	-0.064	-0.071	-0.062	-0.045	-0.103	-0.031	-0.054	-0.048	-0.077	-0.071	-0.021	-0.038
1.30	-0.032	-0.064	-0.065	-0.082	-0.060	-0.042	-0.045	-0.050	-0.040	-0.067	-0.042	-0.066	-0.026	-0.046	-0.111	-0.095	-0.067	-0.061	-0.068	-0.073	-0.063	-0.057	-0.106	-0.032	-0.063	-0.051	-0.078	-0.087	-0.036	-0.055
1.25	-0.035	-0.069	-0.070	-0.094	-0.072	-0.043	-0.072	-0.050	-0.041	-0.075	-0.043	-0.067	-0.027	-0.047	-0.111	-0.105	-0.070	-0.064	-0.071	-0.074	-0.065	-0.063	-0.107	-0.040	-0.067	-0.052	-0.091	-0.094	-0.041	-0.055
1.20	-0.043	-0.070	-0.076	-0.095	-0.074	-0.050	-0.075	-0.053	-0.045	-0.076	-0.057	-0.073	-0.029	-0.069	-0.117	-0.108	-0.073	-0.076	-0.074	-0.075	-0.069	-0.064	-0.111	-0.041	-0.084	-0.056	-0.091	-0.094	-0.044	-0.056
1.15	-0.043	-0.078	-0.078	-0.104	-0.085	-0.059	-0.090	-0.055	-0.048	-0.076	-0.067	-0.094	-0.033	-0.074	-0.123	-0.112	-0.083	-0.080	-0.079	-0.078	-0.070	-0.064	-0.114	-0.041	-0.088	-0.060	-0.098	-0.095	-0.053	-0.067
1.10	-0.047	-0.082	-0.081	-0.116	-0.094	-0.062	-0.091	-0.057	-0.053	-0.079	-0.068	-0.114	-0.050	-0.084	-0.123	-0.117	-0.093	-0.082	-0.086	-0.084	-0.071	-0.082	-0.115	-0.048	-0.091	-0.064	-0.100	-0.099	-0.054	-0.076
1.05	-0.049	-0.086	-0.091	-0.118	-0.096	-0.063	-0.094	-0.060	-0.062	-0.085	-0.080	-0.118	-0.055	-0.086	-0.129	-0.118	-0.093	-0.089	-0.087	-0.094	-0.071	-0.083	-0.117	-0.052	-0.098	-0.068	-0.103	-0.101	-0.056	-0.081
1.00	-0.051	-0.095	-0.100	-0.122	-0.097	-0.067	-0.101	-0.063	-0.065	-0.091	-0.080	-0.126	-0.057	-0.092	-0.135	-0.135	-0.100	-0.108	-0.088	-0.099	-0.084	-0.085	-0.125	-0.053	-0.099	-0.072	-0.109	-0.102	-0.068	-0.089
0.95	-0.060	-0.100	-0.109	-0.125	-0.099	-0.072	-0.105	-0.072	-0.066	-0.102	-0.082	-0.128	-0.062	-0.096	-0.140	-0.146	-0.104	-0.117	-0.089	-0.100	-0.088	-0.086	-0.129	-0.076	-0.104	-0.073	-0.125	-0.110	-0.072	-0.089
0.90	-0.066	-0.106	-0.109	-0.128	-0.105	-0.075	-0.115	-0.074	-0.069	-0.110	-0.084	-0.133	-0.066	-0.098	-0.159	-0.149	-0.121	-0.123	-0.100	-0.116	-0.089	-0.090	-0.132	-0.084	-0.104	-0.088	-0.136	-0.113	-0.080	-0.092
0.85	-0.068	-0.111	-0.118	-0.130	-0.109	-0.078	-0.119	-0.082	-0.074	-0.112	-0.085	-0.139	-0.071	-0.104	-0.166	-0.173	-0.122	-0.124	-0.125	-0.116	-0.095	-0.101	-0.133	-0.094	-0.111	-0.096	-0.142	-0.117	-0.083	-0.096
0.80	-0.068	-0.118	-0.119	-0.132	-0.114	-0.092	-0.119	-0.095	-0.076	-0.112	-0.086	-0.142	-0.074	-0.115	-0.170	-0.191	-0.125	-0.127	-0.127	-0.116	-0.101	-0.104	-0.134	-0.096	-0.116	-0.139	-0.269	-0.202	-0.215	-0.222
0.75	-0.085	-0.126	-0.122	-0.139	-0.122	-0.096	-0.120	-0.108	-0.081	-0.114	-0.105	-0.149	-0.076	-0.117	-0.174	-0.197	-0.125	-0.130	-0.128	-0.124	-0.101	-0.109	-0.136	-0.135	-0.119	-0.269	-0.220	-0.131	-0.197	-0.267
0.70	-0.085	-0.132	-0.130	-0.142	-0.127	-0.105	-0.122	-0.111	-0.089	-0.115	-0.106	-0.150	-0.086	-0.129	-0.179	-0.200	-0.126	-0.133	-0.130	-0.131	-0.103	-0.128	-0.138	-0.142	-0.124	-0.263	-0.236	-0.252	-0.209	-0.258
0.65	-0.101	-0.133	-0.131	-0.147	-0.133	-0.107	-0.128	-0.113	-0.117	-0.125	-0.111	-0.160	-0.114	-0.149	-0.194	-0.201	-0.138	-0.135	-0.130	-0.134	-0.105	-0.134	-0.138	-0.147	-0.134	-0.143	-0.239	-0.170	-0.161	-0.193
0.60	-0.101	-0.135	-0.132	-0.149	-0.134	-0.108	-0.130	-0.114	-0.128	-0.129	-0.123	-0.164	-0.115	-0.156	-0.213	-0.210	-0.138	-0.146	-0.153	-0.146	-0.106	-0.140	-0.149	-0.154	-0.136	-0.155	-0.270	-0.238	-0.233	-0.256
0.55	-0.103	-0.162	-0.138	-0.158	-0.136	-0.113	-0.144	-0.115	-0.138	-0.130	-0.132	-0.168	-0.123	-0.158	-0.215	-0.226	-0.138	-0.146	-0.155	-0.151	-0.108	-0.150	-0.158	-0.157	-0.143	-0.195	-0.210	-0.218	-0.217	-0.211
0.50	-0.114	-0.165	-0.146	-0.166	-0.145	-0.121	-0.145	-0.124	-0.138	-0.138	-0.135	-0.168	-0.123	-0.163	-0.216	-0.229	-0.142	-0.150	-0.156	-0.155	-0.139	-0.151	-0.164	-0.159	-0.147	-0.263	-0.245	-0.184	-0.270	-0.187
0.45	-0.116	-0.167	-0.148	-0.166	-0.163	-0.127	-0.156	-0.125	-0.143	-0.142	-0.139	-0.169	-0.126	-0.166	-0.217	-0.235	-0.150	-0.156	-0.156	-0.166	-0.146	-0.158	-0.164	-0.161	-0.152	-0.134	-0.166	-0.252	-0.146	-0.270
0.40	-0.134	-0.169	-0.154	-0.169	-0.163	-0.149	-0.157	-0.146	-0.147	-0.144	-0.155	-0.169	-0.131	-0.168	-0.219	-0.235	-0.152	-0.158	-0.158	-0.168	-0.159	-0.164	-0.166	-0.168	-0.167	-0.272	-0.180	-0.195	-0.154	-0.154
0.35	-0.140	-0.172	-0.167	-0.170	-0.164	-0.151	-0.160	-0.165	-0.159	-0.154	-0.169	-0.170	-0.138	-0.175	-0.227	-0.245	-0.156	-0.161	-0.161	-0.170	-0.160	-0.169	-0.168	-0.170	-0.167	-0.268	-0.239	-0.236	-0.141	-0.153
0.30	-0.144	-0.174	-0.169	-0.172	-0.177	-0.172	-0.164	-0.169	-0.162	-0.169	-0.170	-0.171	-0.145	-0.179	-0.235	-0.247	-0.156	-0.170	-0.166	-0.173	-0.172	-0.175	-0.175	-0.173	-0.167	-0.164	-0.146	-0.214	-0.133	-0.187
0.25	-0.147	-0.187	-0.178	-0.174	-0.180	-0.179	-0.176	-0.173	-0.174	-0.169	-0.170	-0.184	-0.159	-0.182	-0.251	-0.260	-0.165	-0.175	-0.172	-0.174	-0.173	-0.180	-0.179	-0.178	-0.178	-0.222	-0.223	-0.130	-0.275	-0.219
0.20	-0.149	-0.192	-0.188	-0.188	-0.183	-0.180	-0.188	-0.174	-0.176	-0.175	-0.179	-0.189	-0.160	-0.185	-0.255	-0.261	-0.170	-0.178	-0.173	-0.180	-0.176	-0.182	-0.195	-0.186	-0.181	-0.138	-0.157	-0.238	-0.138	-0.216
0.15	-0.156	-0.194	-0.195	-0.190	-0.187	-0.185	-0.190	-0.174	-0.185	-0.177	-0.195	-0.189	-0.160	-0.192	-0.257	-0.266	-0.178	-0.178	-0.188	-0.185	-0.182	-0.186	-0.196	-0.187	-0.190	-0.141	-0.191			



Gráfica VII.21 P Resultados de la prueba Potenciales PCCI.

Los resultados obtenidos de la medición de potenciales de media celda de la PCC2, fueron los siguientes:

Donde:

l= longitud (m)

h= altura (m)

Tabla VII.23 Resultados de Medición de Potenciales de la PCC2 1/4

h (m) $\sqrt{l \cdot h}$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
2.00	-0.005	0.005	0.007	0.005	-0.003	-0.017	-0.010	0.003	0.007	0.007	0.005	0.004	0.008	-0.016	0.006	0.002	0.008	0.003	0.007	0.006	0.008	0.007	-0.030	0.001	0.008	-0.010	0.008	0.004	-0.020	-0.003	-0.001
1.95	-0.011	0.001	0.007	-0.007	-0.006	-0.021	-0.011	0.003	-0.002	0.004	0.004	-0.007	0.005	-0.020	0.006	-0.010	0.004	-0.002	-0.006	0.004	0.007	-0.002	-0.038	-0.002	-0.007	-0.012	0.007	-0.004	-0.021	-0.014	-0.003
1.90	-0.018	-0.011	0.001	-0.011	-0.038	-0.023	-0.011	-0.002	-0.003	0.000	-0.001	-0.007	0.000	-0.020	-0.021	-0.014	0.002	-0.003	-0.008	0.001	-0.009	-0.006	-0.042	-0.014	-0.017	-0.018	0.005	-0.005	-0.025	-0.021	-0.007
1.85	-0.019	-0.013	-0.003	-0.019	-0.039	-0.033	-0.038	-0.016	-0.009	-0.034	-0.004	-0.011	-0.004	-0.047	-0.033	-0.020	0.002	-0.015	-0.009	-0.009	-0.012	-0.007	-0.052	-0.018	-0.025	-0.026	-0.003	-0.029	-0.028	-0.024	-0.008
1.80	-0.020	-0.019	-0.016	-0.022	-0.041	-0.044	-0.038	-0.028	-0.010	-0.046	-0.024	-0.014	-0.004	-0.056	-0.042	-0.021	-0.004	-0.015	-0.016	-0.013	-0.015	-0.011	-0.059	-0.019	-0.043	-0.028	-0.015	-0.030	-0.042	-0.036	-0.018
1.75	-0.022	-0.020	-0.017	-0.029	-0.044	-0.044	-0.042	-0.042	-0.024	-0.053	-0.026	-0.020	-0.015	-0.058	-0.045	-0.021	-0.005	-0.020	-0.028	-0.019	-0.030	-0.025	-0.063	-0.019	-0.045	-0.028	-0.037	-0.031	-0.082	-0.037	-0.023
1.70	-0.027	-0.024	-0.019	-0.033	-0.045	-0.046	-0.045	-0.047	-0.028	-0.054	-0.026	-0.023	-0.016	-0.063	-0.052	-0.027	-0.013	-0.027	-0.035	-0.020	-0.033	-0.032	-0.067	-0.028	-0.048	-0.048	-0.046	-0.055	-0.093	-0.061	-0.039
1.65	-0.042	-0.040	-0.043	-0.035	-0.051	-0.051	-0.050	-0.050	-0.048	-0.065	-0.032	-0.047	-0.035	-0.069	-0.066	-0.038	-0.017	-0.042	-0.044	-0.030	-0.037	-0.034	-0.085	-0.036	-0.049	-0.050	-0.067	-0.063	-0.111	-0.069	-0.041
1.60	-0.051	-0.050	-0.047	-0.040	-0.052	-0.056	-0.058	-0.059	-0.052	-0.079	-0.047	-0.059	-0.038	-0.069	-0.070	-0.049	-0.032	-0.046	-0.055	-0.040	-0.041	-0.036	-0.086	-0.036	-0.057	-0.064	-0.068	-0.067	-0.113	-0.083	-0.046
1.55	-0.056	-0.050	-0.048	-0.058	-0.054	-0.059	-0.060	-0.061	-0.084	-0.079	-0.055	-0.059	-0.041	-0.085	-0.075	-0.060	-0.050	-0.053	-0.091	-0.047	-0.043	-0.057	-0.088	-0.041	-0.065	-0.089	-0.073	-0.073	-0.116	-0.092	-0.048
1.50	-0.066	-0.062	-0.057	-0.059	-0.054	-0.069	-0.060	-0.062	-0.086	-0.081	-0.059	-0.061	-0.047	-0.088	-0.081	-0.067	-0.051	-0.054	-0.124	-0.067	-0.067	-0.058	-0.091	-0.054	-0.075	-0.095	-0.084	-0.073	-0.119	-0.096	-0.064
1.45	-0.075	-0.063	-0.060	-0.059	-0.054	-0.074	-0.075	-0.063	-0.096	-0.087	-0.059	-0.063	-0.052	-0.099	-0.083	-0.075	-0.054	-0.064	-0.138	-0.069	-0.076	-0.072	-0.112	-0.055	-0.081	-0.097	-0.091	-0.074	-0.122	-0.109	-0.064
1.40	-0.092	-0.087	-0.060	-0.063	-0.064	-0.091	-0.096	-0.067	-0.120	-0.090	-0.070	-0.063	-0.056	-0.108	-0.088	-0.095	-0.059	-0.074	-0.139	-0.084	-0.086	-0.078	-0.117	-0.068	-0.085	-0.099	-0.092	-0.079	-0.125	-0.110	-0.065
1.35	-0.096	-0.103	-0.072	-0.064	-0.067	-0.093	-0.098	-0.083	-0.121	-0.098	-0.076	-0.093	-0.065	-0.111	-0.099	-0.102	-0.064	-0.082	-0.153	-0.094	-0.097	-0.079	-0.118	-0.073	-0.085	-0.105	-0.098	-0.079	-0.125	-0.114	-0.067
1.30	-0.101	-0.108	-0.076	-0.077	-0.086	-0.095	-0.120	-0.083	-0.124	-0.114	-0.080	-0.100	-0.071	-0.116	-0.103	-0.104	-0.068	-0.082	-0.170	-0.096	-0.097	-0.092	-0.130	-0.083	-0.089	-0.122	-0.101	-0.080	-0.126	-0.125	-0.067
1.25	-0.102	-0.110	-0.086	-0.083	-0.104	-0.096	-0.121	-0.103	-0.131	-0.116	-0.089	-0.110	-0.077	-0.128	-0.105	-0.118	-0.070	-0.088	-0.173	-0.096	-0.120	-0.095	-0.143	-0.090	-0.093	-0.124	-0.106	-0.080	-0.128	-0.126	-0.073
1.20	-0.116	-0.114	-0.090	-0.089	-0.113	-0.099	-0.123	-0.109	-0.133	-0.117	-0.092	-0.111	-0.087	-0.133	-0.107	-0.129	-0.073	-0.089	-0.174	-0.105	-0.134	-0.098	-0.146	-0.092	-0.093	-0.141	-0.106	-0.082	-0.128	-0.131	-0.082
1.15	-0.121	-0.118	-0.091	-0.092	-0.117	-0.122	-0.133	-0.110	-0.142	-0.143	-0.104	-0.123	-0.089	-0.134	-0.111	-0.132	-0.077	-0.094	-0.174	-0.115	-0.143	-0.104	-0.149	-0.123	-0.094	-0.142	-0.107	-0.116	-0.131	-0.133	-0.099
1.10	-0.124	-0.119	-0.105	-0.095	-0.123	-0.138	-0.134	-0.110	-0.149	-0.154	-0.108	-0.135	-0.098	-0.146	-0.122	-0.154	-0.089	-0.107	-0.174	-0.115	-0.150	-0.110	-0.165	-0.131	-0.095	-0.158	-0.111	-0.118	-0.137	-0.144	-0.105
1.05	-0.131	-0.121	-0.109	-0.100	-0.124	-0.157	-0.142	-0.118	-0.150	-0.164	-0.132	-0.137	-0.101	-0.147	-0.124	-0.170	-0.103	-0.111	-0.179	-0.124	-0.153	-0.110	-0.168	-0.147	-0.103	-0.160	-0.116	-0.125	-0.150	-0.145	-0.107
1.00	-0.135	-0.143	-0.109	-0.102	-0.124	-0.160	-0.150	-0.125	-0.166	-0.180	-0.134	-0.157	-0.103	-0.148	-0.126	-0.186	-0.104	-0.119	-0.191	-0.127	-0.164	-0.111	-0.174	-0.152	-0.105	-0.167	-0.116	-0.131	-0.160	-0.155	-0.119
0.95	-0.139	-0.149	-0.116	-0.117	-0.143	-0.166	-0.151	-0.131	-0.168	-0.182	-0.143	-0.158	-0.107	-0.149	-0.132	-0.191	-0.125	-0.119	-0.194	-0.133	-0.173	-0.117	-0.175	-0.162	-0.138	-0.170	-0.138	-0.139	-0.165	-0.156	-0.136
0.90	-0.143	-0.158	-0.118	-0.125	-0.159	-0.168	-0.157	-0.136	-0.173	-0.184	-0.152	-0.173	-0.108	-0.151	-0.160	-0.192	-0.148	-0.122	-0.198	-0.134	-0.180	-0.134	-0.196	-0.170	-0.147	-0.170	-0.151	-0.178	-0.170	-0.165	-0.137
0.85	-0.146	-0.164	-0.122	-0.125	-0.172	-0.182	-0.158	-0.145	-0.173	-0.192	-0.152	-0.173	-0.130	-0.171	-0.176	-0.197	-0.153	-0.125	-0.198	-0.150	-0.182	-0.175	-0.199	-0.171	-0.148	-0.171	-0.157	-0.180	-0.179	-0.169	-0.151
0.80	-0.153	-0.173	-0.126	-0.166	-0.176	-0.190	-0.159	-0.163	-0.180	-0.193	-0.156	-0.178	-0.132	-0.175	-0.178	-0.198	-0.178	-0.137	-0.203	-0.150	-0.190	-0.177	-0.203	-0.176	-0.170	-0.174	-0.157	-0.183	-0.186	-0.174	-0.157
0.75	-0.154	-0.176	-0.128	-0.171	-0.179	-0.190	-0.166	-0.168	-0.188	-0.203	-0.159	-0.179	-0.146	-0.183	-0.189	-0.202	-0.180	-0.146	-0.209	-0.161	-0.203	-0.179	-0.214	-0.177	-0.181	-0.176	-0.168	-0.189	-0.186	-0.192	-0.158
0.70	-0.165	-0.176	-0.129	-0.188	-0.190	-0.195	-0.175	-0.171	-0.199	-0.208	-0.160	-0.190	-0.157	-0.184	-0.193	-0.206	-0.181	-0.176	-0.211	-0.164	-0.204	-0.190	-0.215	-0.179	-0.184	-0.180	-0.183	-0.197	-0.203	-0.194	-0.166
0.65	-0.166	-0.177	-0.136	-0.196	-0.207	-0.216	-0.190	-0.172	-0.200	-0.211	-0.162	-0.215	-0.158	-0.184	-0.199	-0.212	-0.191	-0.183	-0.215	-0.183	-0.215	-0.203	-0.216	-0.184	-0.185	-0.188	-0.185	-0.198	-0.207	-0.205	-0.169
0.60	-0.167	-0.189	-0.140	-0.211	-0.211	-0.217	-0.194	-0.178	-0.200	-0.215	-0.168	-0.229	-0.164	-0.189	-0.207	-0.217	-0.196	-0.190	-0.216	-0.188	-0.228	-0.211	-0.218	-0.192	-0.198	-0.189	-0.188	-0.200	-0.215	-0.213	-0.169
0.55	-0.167	-0.190	-0.146	-0.214	-0.216	-0.217	-0.195	-0.180	-0.203	-0.217	-0.175	-0.231	-0.171	-0.204	-0.208	-0.224	-0.200	-0.207	-0.216	-0.206	-0.240	-0.220	-0.223	-0.215	-0.203	-0.191	-0.202	-0.207	-0.217	-0.232	-0.186
0.50	-0.180	-0.193	-0.149	-0.215	-0.217	-0.225	-0.196	-0.193	-0.205	-0.219	-0.192	-0.244	-0.186	-0.209	-0.209	-0.225	-0.203	-0.210	-0.230	-0.219	-0.243	-0.225	-0.227	-0.228	-0.203	-0.232	-0.208	-0.208	-0.229	-0.232	-0.201
0.45	-0.184	-0.193	-0.167	-0.227	-0.217	-0.226	-0.221	-0.193	-0.207	-0.220	-0.206	-0.247	-0.194	-0.216	-0.220	-0.227	-0.207	-0.220	-0.235	-0.220	-0.247	-0.225	-0.229	-0.235	-0.204	-0.233	-0.212	-0.208	-0.230	-0.233	-0.204
0.40	-0.186	-0.220	-0.197	-0.231	-0.224	-0.235	-0.226	-0.196	-0.231	-0.221	-0.208	-0.248	-0.197	-0.221	-0.231	-0.227	-0.208	-0.221	-0.238	-0.235	-0.250	-0.226	-0.229	-0.238	-0.215	-0.234	-0.239	-0.215	-0.233	-0.235	-0.209
0.35	-0.199	-0.230	-0.214	-0.241	-0.226	-0.237	-0.243	-0.201	-0.235	-0.249	-0.229	-0.250	-0.210	-0.223	-0.237	-0.231	-0.208	-0.238	-0.239	-0.236	-0.252	-0.232	-0.231	-0.239	-0.242	-0.249	-0.249	-0.217	-0.235	-0.240	-0.215
0.30	-0.201	-0.235	-0.229	-0.247	-0.240	-0.240	-0.245	-0.201	-0.248	-0.251	-0.230	-0.251	-0.214	-0.246	-0.241	-0.248	-0.211	-0.252	-0.245	-0.236	-0.253	-0.232	-0.242	-0.245	-0.244	-0.252	-0.250	-0.228	-0.239	-0.242	-0.216
0.25	-0.208	-0.239	-0.234	-0.255	-0.246	-0.260	-0.250	-0.209	-0.254	-0.257	-0.232	-0.255	-0.223	-0.255	-0.248	-0.250	-0.230	-0.255	-0.247	-0.237	-0.254	-0.235	-0.244	-0.254	-0.244	-0.256	-0.254	-0.232	-0.250	-0.244	-0.238
0.20	-0.215	-0.241	-0.242	-0.257	-0.255	-0.260																									

Tabla VII.23 Resultados de Medición de Potenciales de la PCC2 2/4

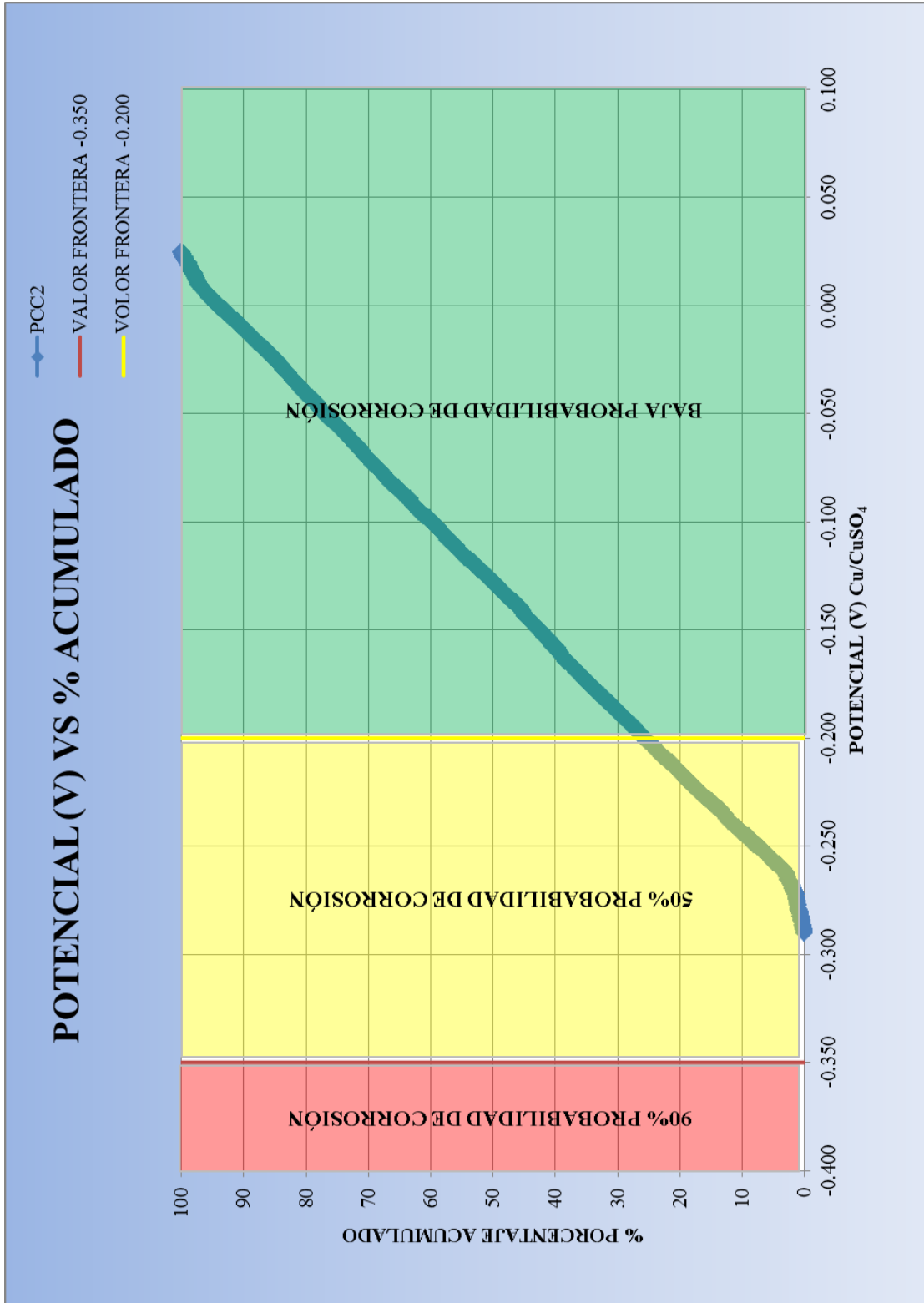
h (m) h_{eq}	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
2.00	0.009	0.020	0.022	0.025	0.016	0.021	0.023	0.023	0.024	0.025	0.023	0.022	0.010	0.025	0.010	0.011	0.019	0.021	0.024	0.018	0.025	0.010	0.022	0.014	0.023	0.023	0.021	0.021	0.020	0.023
1.95	0.006	0.020	0.017	0.013	0.011	-0.007	0.022	0.011	0.018	0.019	0.009	0.009	-0.002	0.020	0.003	0.002	0.015	-0.007	0.015	0.017	0.024	-0.002	0.009	0.004	0.007	0.014	0.020	0.008	0.020	0.022
1.90	-0.001	0.019	0.011	-0.001	0.008	-0.009	0.009	0.002	0.015	0.012	0.003	0.001	-0.012	0.018	0.001	-0.033	0.006	-0.008	0.009	0.015	0.015	-0.008	-0.001	-0.001	0.006	0.006	0.017	0.006	0.015	0.019
1.85	-0.001	0.015	0.004	-0.005	0.008	-0.009	0.007	-0.004	0.006	-0.017	-0.021	-0.002	-0.016	0.004	0.001	-0.039	0.003	-0.010	0.005	0.015	-0.015	-0.010	-0.007	-0.004	-0.001	0.004	0.013	-0.002	0.010	0.016
1.80	-0.005	0.011	0.001	-0.006	0.006	-0.013	0.004	-0.005	0.001	-0.020	-0.023	-0.007	-0.023	-0.003	-0.001	-0.044	-0.009	-0.018	-0.008	0.011	-0.018	-0.025	-0.015	-0.011	-0.014	-0.017	0.008	-0.005	0.000	0.003
1.75	-0.024	-0.012	0.000	-0.025	-0.003	-0.020	0.002	-0.005	0.000	-0.026	-0.023	-0.012	-0.026	-0.012	-0.007	-0.055	-0.019	-0.024	-0.013	0.010	-0.029	-0.049	-0.024	-0.019	-0.025	-0.017	-0.003	-0.024	-0.011	-0.002
1.70	-0.025	-0.012	-0.001	-0.037	-0.005	-0.027	-0.005	-0.010	-0.004	-0.036	-0.024	-0.019	-0.034	-0.014	-0.007	-0.060	-0.023	-0.053	-0.014	0.010	-0.038	-0.054	-0.035	-0.035	-0.027	-0.022	-0.019	-0.037	-0.015	-0.002
1.65	-0.030	-0.031	-0.002	-0.045	-0.006	-0.030	-0.006	-0.013	-0.016	-0.042	-0.029	-0.020	-0.048	-0.016	-0.009	-0.062	-0.026	-0.070	-0.014	0.008	-0.044	-0.057	-0.052	-0.039	-0.028	-0.044	-0.024	-0.042	-0.025	-0.007
1.60	-0.039	-0.040	-0.006	-0.052	-0.029	-0.041	-0.009	-0.016	-0.017	-0.048	-0.034	-0.036	-0.050	-0.018	-0.012	-0.066	-0.029	-0.084	-0.019	-0.026	-0.056	-0.070	-0.070	-0.040	-0.033	-0.048	-0.044	-0.044	-0.030	-0.009
1.55	-0.041	-0.041	-0.006	-0.052	-0.034	-0.046	-0.031	-0.035	-0.018	-0.052	-0.053	-0.040	-0.068	-0.020	-0.024	-0.080	-0.034	-0.103	-0.026	-0.042	-0.065	-0.085	-0.076	-0.040	-0.041	-0.055	-0.066	-0.053	-0.030	-0.012
1.50	-0.057	-0.050	-0.018	-0.055	-0.037	-0.047	-0.048	-0.047	-0.029	-0.080	-0.064	-0.050	-0.069	-0.021	-0.034	-0.080	-0.040	-0.109	-0.033	-0.050	-0.075	-0.094	-0.088	-0.051	-0.042	-0.059	-0.076	-0.056	-0.034	-0.043
1.45	-0.059	-0.069	-0.041	-0.058	-0.046	-0.049	-0.065	-0.053	-0.042	-0.082	-0.079	-0.054	-0.071	-0.040	-0.056	-0.086	-0.044	-0.117	-0.035	-0.060	-0.082	-0.095	-0.097	-0.051	-0.042	-0.068	-0.097	-0.059	-0.036	-0.055
1.40	-0.062	-0.071	-0.052	-0.059	-0.063	-0.055	-0.071	-0.058	-0.045	-0.083	-0.089	-0.055	-0.095	-0.045	-0.067	-0.086	-0.053	-0.117	-0.036	-0.064	-0.089	-0.100	-0.101	-0.052	-0.047	-0.085	-0.101	-0.060	-0.045	-0.060
1.35	-0.065	-0.073	-0.062	-0.070	-0.065	-0.057	-0.074	-0.058	-0.045	-0.084	-0.105	-0.074	-0.101	-0.067	-0.089	-0.107	-0.058	-0.129	-0.042	-0.068	-0.092	-0.101	-0.114	-0.054	-0.048	-0.086	-0.101	-0.060	-0.050	-0.064
1.30	-0.071	-0.079	-0.063	-0.072	-0.076	-0.066	-0.077	-0.070	-0.049	-0.088	-0.108	-0.095	-0.106	-0.072	-0.095	-0.108	-0.065	-0.130	-0.065	-0.083	-0.098	-0.108	-0.115	-0.055	-0.048	-0.087	-0.102	-0.073	-0.050	-0.073
1.25	-0.080	-0.096	-0.083	-0.072	-0.083	-0.085	-0.085	-0.121	-0.064	-0.089	-0.112	-0.102	-0.110	-0.074	-0.098	-0.123	-0.070	-0.134	-0.073	-0.083	-0.101	-0.110	-0.117	-0.056	-0.054	-0.103	-0.104	-0.089	-0.069	-0.077
1.20	-0.082	-0.096	-0.084	-0.081	-0.096	-0.096	-0.097	-0.124	-0.064	-0.108	-0.125	-0.113	-0.112	-0.089	-0.098	-0.126	-0.072	-0.153	-0.080	-0.089	-0.106	-0.111	-0.123	-0.076	-0.062	-0.144	-0.107	-0.110	-0.079	-0.084
1.15	-0.085	-0.112	-0.085	-0.090	-0.099	-0.097	-0.104	-0.131	-0.069	-0.112	-0.132	-0.115	-0.132	-0.092	-0.104	-0.129	-0.076	-0.164	-0.082	-0.095	-0.110	-0.128	-0.127	-0.084	-0.063	-0.144	-0.110	-0.112	-0.084	-0.086
1.10	-0.085	-0.116	-0.098	-0.098	-0.101	-0.099	-0.108	-0.136	-0.108	-0.131	-0.132	-0.115	-0.149	-0.098	-0.112	-0.142	-0.081	-0.190	-0.089	-0.098	-0.111	-0.131	-0.128	-0.086	-0.077	-0.148	-0.132	-0.113	-0.090	-0.087
1.05	-0.090	-0.132	-0.104	-0.111	-0.104	-0.108	-0.115	-0.144	-0.108	-0.132	-0.133	-0.121	-0.156	-0.111	-0.114	-0.152	-0.096	-0.195	-0.092	-0.118	-0.117	-0.133	-0.139	-0.098	-0.078	-0.156	-0.134	-0.115	-0.102	-0.090
1.00	-0.093	-0.136	-0.123	-0.121	-0.114	-0.113	-0.134	-0.153	-0.110	-0.157	-0.138	-0.129	-0.177	-0.113	-0.120	-0.153	-0.103	-0.199	-0.098	-0.123	-0.134	-0.139	-0.142	-0.099	-0.095	-0.164	-0.135	-0.131	-0.108	-0.096
0.95	-0.105	-0.158	-0.130	-0.125	-0.115	-0.114	-0.163	-0.154	-0.121	-0.176	-0.139	-0.130	-0.177	-0.114	-0.125	-0.161	-0.109	-0.199	-0.115	-0.135	-0.149	-0.139	-0.146	-0.105	-0.101	-0.166	-0.141	-0.134	-0.108	-0.101
0.90	-0.112	-0.168	-0.138	-0.132	-0.123	-0.129	-0.175	-0.154	-0.134	-0.176	-0.139	-0.134	-0.184	-0.144	-0.125	-0.176	-0.122	-0.208	-0.117	-0.140	-0.154	-0.145	-0.156	-0.105	-0.118	-0.168	-0.161	-0.174	-0.120	-0.130
0.85	-0.150	-0.169	-0.141	-0.144	-0.124	-0.134	-0.177	-0.155	-0.147	-0.186	-0.169	-0.135	-0.185	-0.152	-0.133	-0.180	-0.135	-0.208	-0.118	-0.156	-0.157	-0.147	-0.163	-0.106	-0.121	-0.173	-0.170	-0.182	-0.127	-0.131
0.80	-0.166	-0.176	-0.144	-0.153	-0.139	-0.137	-0.181	-0.157	-0.147	-0.189	-0.176	-0.144	-0.185	-0.153	-0.136	-0.182	-0.137	-0.208	-0.123	-0.161	-0.164	-0.148	-0.166	-0.108	-0.127	-0.175	-0.183	-0.191	-0.141	-0.144
0.75	-0.172	-0.203	-0.147	-0.170	-0.140	-0.137	-0.186	-0.166	-0.156	-0.194	-0.178	-0.182	-0.188	-0.163	-0.149	-0.183	-0.153	-0.211	-0.128	-0.171	-0.179	-0.154	-0.176	-0.109	-0.127	-0.178	-0.200	-0.194	-0.154	-0.149
0.70	-0.183	-0.206	-0.165	-0.174	-0.151	-0.150	-0.195	-0.167	-0.157	-0.202	-0.188	-0.208	-0.193	-0.164	-0.149	-0.187	-0.162	-0.220	-0.149	-0.193	-0.180	-0.158	-0.180	-0.130	-0.128	-0.183	-0.205	-0.199	-0.179	-0.150
0.65	-0.191	-0.206	-0.166	-0.180	-0.154	-0.154	-0.201	-0.189	-0.164	-0.203	-0.194	-0.209	-0.198	-0.173	-0.152	-0.188	-0.164	-0.221	-0.154	-0.201	-0.192	-0.162	-0.186	-0.132	-0.138	-0.186	-0.212	-0.207	-0.181	-0.157
0.60	-0.192	-0.208	-0.177	-0.182	-0.157	-0.165	-0.202	-0.193	-0.181	-0.208	-0.195	-0.211	-0.199	-0.186	-0.162	-0.188	-0.168	-0.221	-0.165	-0.212	-0.194	-0.168	-0.188	-0.145	-0.154	-0.192	-0.214	-0.212	-0.185	-0.168
0.55	-0.194	-0.210	-0.197	-0.193	-0.164	-0.184	-0.207	-0.202	-0.190	-0.212	-0.197	-0.222	-0.204	-0.189	-0.171	-0.196	-0.184	-0.224	-0.172	-0.221	-0.197	-0.169	-0.189	-0.160	-0.165	-0.210	-0.228	-0.212	-0.193	-0.196
0.50	-0.205	-0.211	-0.197	-0.194	-0.178	-0.187	-0.208	-0.222	-0.201	-0.213	-0.202	-0.226	-0.209	-0.206	-0.179	-0.211	-0.185	-0.226	-0.173	-0.230	-0.199	-0.172	-0.194	-0.164	-0.175	-0.219	-0.238	-0.221	-0.194	-0.198
0.45	-0.209	-0.219	-0.201	-0.197	-0.190	-0.191	-0.209	-0.227	-0.207	-0.216	-0.209	-0.229	-0.216	-0.207	-0.180	-0.217	-0.185	-0.230	-0.194	-0.231	-0.199	-0.183	-0.203	-0.170	-0.182	-0.220	-0.245	-0.221	-0.220	-0.201
0.40	-0.214	-0.228	-0.223	-0.199	-0.194	-0.192	-0.211	-0.234	-0.210	-0.224	-0.211	-0.231	-0.222	-0.212	-0.187	-0.219	-0.203	-0.232	-0.206	-0.243	-0.218	-0.185	-0.211	-0.171	-0.192	-0.223	-0.250	-0.223	-0.220	-0.207
0.35	-0.220	-0.228	-0.232	-0.225	-0.208	-0.218	-0.229	-0.235	-0.212	-0.225	-0.213	-0.233	-0.227	-0.227	-0.206	-0.224	-0.205	-0.238	-0.214	-0.244	-0.236	-0.193	-0.212	-0.182	-0.202	-0.226	-0.251	-0.232	-0.228	-0.208
0.30	-0.222	-0.243	-0.234	-0.233	-0.235	-0.224	-0.235	-0.241	-0.217	-0.225	-0.217	-0.244	-0.230	-0.238	-0.220	-0.227	-0.212	-0.243	-0.229	-0.245	-0.241	-0.199	-0.214	-0.187	-0.220	-0.228	-0.252	-0.240	-0.233	-0.223
0.25	-0.229	-0.246	-0.240	-0.235	-0.235	-0.237	-0.242	-0.248	-0.219	-0.233	-0.227	-0.252	-0.233	-0.241	-0.226	-0.229	-0.224	-0.244	-0.242	-0.249	-0.244	-0.206	-0.217	-0.202	-0.221	-0.232	-0.252	-0.245	-0.241	-0.229
0.20	-0.242	-0.250	-0.253	-0.238	-0.241	-0.237	-0.242	-0.253	-0.228	-0.240	-0.228	-0.255	-0.247	-0.243	-0.235	-0.230	-0.232	-0.245	-0.244	-0.249	-0.254	-0.220	-0.245	-0.220	-0.241	-0.244	-0.257	-0.249	-0.246	-0.232
0.15	-0.245	-0.252	-0.254	-0.240	-0.243	-0.244	-0.247	-0.258	-0.246	-0.243	-0.232	-0.257	-0.258	-0.259	-0.245	-0.243	-0.251	-0.247	-0.248	-0.251	-0.258	-0.224	-0.252	-0.238						

Tabla VII.23 Resultados de Medición de Potenciales de la PCC2 3/4

h (m)	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	385	390	395	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450
2.00	0.018	0.019	0.024	0.025	0.020	0.018	0.021	0.021	0.010	0.023	0.024	0.021	0.020	0.025	0.010	0.022	0.025	0.023	0.011	0.022	0.018	0.020	0.019	0.015	0.021	0.024	0.023	0.016	0.024	0.012
1.95	0.005	0.015	0.019	0.014	0.015	0.016	0.016	0.016	0.007	0.010	0.023	0.003	0.002	0.018	0.009	0.015	0.016	0.022	-0.004	0.018	0.017	-0.001	0.016	0.015	0.009	0.022	0.015	0.013	0.023	0.002
1.90	-0.009	0.014	0.014	0.010	-0.001	0.009	0.015	0.011	-0.007	0.010	0.019	-0.013	-0.001	0.007	0.009	0.013	-0.001	0.020	-0.014	0.011	0.014	-0.003	0.015	0.008	-0.001	0.019	0.015	0.009	0.014	-0.002
1.85	-0.016	0.012	0.003	0.002	-0.004	0.000	0.013	0.000	-0.009	0.006	0.010	-0.019	-0.009	-0.001	0.000	0.002	-0.003	0.015	-0.019	0.004	0.001	-0.005	0.010	-0.004	-0.006	0.014	0.000	-0.016	-0.012	-0.004
1.80	-0.022	0.006	0.000	-0.004	-0.031	-0.015	0.002	-0.005	-0.009	0.005	0.008	-0.024	-0.014	-0.004	-0.007	-0.001	-0.011	0.001	-0.025	-0.039	-0.011	-0.013	0.007	-0.024	-0.011	0.011	-0.002	-0.019	-0.015	-0.009
1.75	-0.031	-0.002	-0.007	-0.018	-0.037	-0.028	0.001	-0.014	-0.009	-0.007	0.004	-0.028	-0.016	-0.009	-0.029	-0.003	-0.019	-0.002	-0.031	-0.041	-0.023	-0.016	0.002	-0.031	-0.016	-0.008	-0.003	-0.027	-0.022	-0.011
1.70	-0.038	-0.013	-0.008	-0.027	-0.047	-0.029	-0.002	-0.021	-0.016	-0.017	-0.015	-0.029	-0.039	-0.030	-0.034	-0.015	-0.031	-0.008	-0.031	-0.044	-0.024	-0.023	-0.002	-0.032	-0.021	-0.022	-0.030	-0.035	-0.025	-0.015
1.65	-0.061	-0.025	-0.031	-0.031	-0.050	-0.033	-0.008	-0.022	-0.016	-0.017	-0.020	-0.035	-0.045	-0.035	-0.037	-0.023	-0.044	-0.025	-0.032	-0.069	-0.043	-0.029	-0.005	-0.035	-0.032	-0.030	-0.052	-0.047	-0.051	-0.016
1.60	-0.069	-0.025	-0.061	-0.033	-0.063	-0.034	-0.009	-0.040	-0.018	-0.022	-0.025	-0.048	-0.053	-0.039	-0.040	-0.033	-0.045	-0.028	-0.033	-0.071	-0.049	-0.050	-0.008	-0.042	-0.040	-0.057	-0.053	-0.054	-0.053	-0.027
1.55	-0.072	-0.025	-0.063	-0.033	-0.072	-0.037	-0.011	-0.040	-0.024	-0.025	-0.028	-0.057	-0.058	-0.042	-0.040	-0.038	-0.062	-0.035	-0.035	-0.082	-0.051	-0.054	-0.009	-0.044	-0.042	-0.057	-0.078	-0.064	-0.072	-0.049
1.50	-0.074	-0.048	-0.065	-0.051	-0.073	-0.061	-0.014	-0.048	-0.024	-0.042	-0.028	-0.057	-0.067	-0.054	-0.047	-0.040	-0.064	-0.039	-0.037	-0.086	-0.051	-0.056	-0.014	-0.057	-0.046	-0.096	-0.081	-0.065	-0.079	-0.052
1.45	-0.082	-0.052	-0.070	-0.056	-0.073	-0.061	-0.015	-0.051	-0.024	-0.047	-0.028	-0.074	-0.073	-0.055	-0.052	-0.044	-0.065	-0.046	-0.056	-0.092	-0.053	-0.057	-0.020	-0.067	-0.053	-0.101	-0.113	-0.075	-0.083	-0.053
1.40	-0.083	-0.060	-0.079	-0.062	-0.099	-0.068	-0.021	-0.053	-0.038	-0.067	-0.031	-0.083	-0.076	-0.062	-0.065	-0.053	-0.071	-0.056	-0.062	-0.092	-0.079	-0.062	-0.023	-0.071	-0.055	-0.117	-0.115	-0.075	-0.092	-0.078
1.35	-0.084	-0.073	-0.079	-0.077	-0.105	-0.075	-0.029	-0.069	-0.044	-0.074	-0.041	-0.090	-0.086	-0.068	-0.082	-0.056	-0.073	-0.059	-0.073	-0.094	-0.083	-0.063	-0.033	-0.077	-0.056	-0.123	-0.116	-0.081	-0.097	-0.081
1.30	-0.085	-0.075	-0.085	-0.096	-0.116	-0.077	-0.045	-0.075	-0.058	-0.080	-0.076	-0.093	-0.088	-0.081	-0.093	-0.066	-0.073	-0.060	-0.076	-0.110	-0.084	-0.074	-0.036	-0.081	-0.069	-0.125	-0.120	-0.087	-0.115	-0.082
1.25	-0.090	-0.076	-0.089	-0.098	-0.119	-0.078	-0.045	-0.076	-0.060	-0.086	-0.088	-0.093	-0.097	-0.131	-0.097	-0.068	-0.120	-0.061	-0.081	-0.116	-0.084	-0.084	-0.051	-0.082	-0.081	-0.146	-0.121	-0.093	-0.134	-0.085
1.20	-0.094	-0.077	-0.091	-0.099	-0.128	-0.080	-0.047	-0.082	-0.081	-0.098	-0.091	-0.102	-0.103	-0.136	-0.100	-0.073	-0.123	-0.064	-0.082	-0.118	-0.085	-0.088	-0.070	-0.100	-0.087	-0.146	-0.128	-0.100	-0.144	-0.088
1.15	-0.104	-0.096	-0.097	-0.109	-0.132	-0.085	-0.049	-0.089	-0.084	-0.099	-0.100	-0.105	-0.124	-0.157	-0.110	-0.077	-0.124	-0.079	-0.087	-0.125	-0.097	-0.100	-0.071	-0.104	-0.099	-0.150	-0.131	-0.101	-0.145	-0.099
1.10	-0.106	-0.113	-0.099	-0.122	-0.133	-0.087	-0.053	-0.094	-0.086	-0.103	-0.102	-0.107	-0.125	-0.157	-0.112	-0.079	-0.136	-0.082	-0.097	-0.131	-0.098	-0.105	-0.076	-0.108	-0.108	-0.176	-0.134	-0.110	-0.146	-0.139
1.05	-0.113	-0.115	-0.103	-0.128	-0.138	-0.089	-0.062	-0.095	-0.095	-0.106	-0.108	-0.112	-0.131	-0.180	-0.114	-0.079	-0.144	-0.087	-0.098	-0.134	-0.110	-0.122	-0.084	-0.114	-0.113	-0.181	-0.135	-0.125	-0.149	-0.140
1.00	-0.143	-0.123	-0.108	-0.128	-0.139	-0.109	-0.103	-0.100	-0.115	-0.110	-0.123	-0.123	-0.136	-0.183	-0.125	-0.083	-0.157	-0.099	-0.099	-0.137	-0.116	-0.127	-0.087	-0.118	-0.118	-0.188	-0.139	-0.128	-0.154	-0.143
0.95	-0.144	-0.125	-0.119	-0.130	-0.146	-0.110	-0.112	-0.106	-0.115	-0.119	-0.139	-0.132	-0.144	-0.187	-0.141	-0.093	-0.163	-0.116	-0.109	-0.137	-0.118	-0.135	-0.089	-0.120	-0.129	-0.198	-0.139	-0.150	-0.169	-0.149
0.90	-0.145	-0.127	-0.121	-0.130	-0.146	-0.114	-0.126	-0.112	-0.128	-0.128	-0.151	-0.136	-0.145	-0.191	-0.153	-0.100	-0.167	-0.121	-0.119	-0.143	-0.118	-0.145	-0.090	-0.128	-0.139	-0.208	-0.143	-0.154	-0.169	-0.150
0.85	-0.146	-0.128	-0.122	-0.135	-0.147	-0.116	-0.129	-0.124	-0.138	-0.129	-0.161	-0.149	-0.147	-0.196	-0.163	-0.117	-0.167	-0.124	-0.120	-0.143	-0.118	-0.154	-0.093	-0.136	-0.142	-0.212	-0.145	-0.157	-0.174	-0.154
0.80	-0.160	-0.137	-0.137	-0.150	-0.153	-0.118	-0.131	-0.136	-0.144	-0.135	-0.170	-0.149	-0.148	-0.200	-0.169	-0.129	-0.175	-0.128	-0.133	-0.146	-0.122	-0.167	-0.096	-0.143	-0.144	-0.219	-0.159	-0.187	-0.184	-0.154
0.75	-0.161	-0.140	-0.161	-0.154	-0.173	-0.123	-0.138	-0.145	-0.146	-0.146	-0.171	-0.153	-0.173	-0.201	-0.170	-0.132	-0.176	-0.151	-0.138	-0.162	-0.164	-0.170	-0.097	-0.150	-0.160	-0.224	-0.176	-0.202	-0.189	-0.158
0.70	-0.182	-0.149	-0.169	-0.157	-0.176	-0.126	-0.138	-0.166	-0.149	-0.157	-0.176	-0.163	-0.173	-0.204	-0.179	-0.146	-0.179	-0.159	-0.139	-0.163	-0.164	-0.171	-0.115	-0.150	-0.162	-0.224	-0.177	-0.203	-0.189	-0.159
0.65	-0.187	-0.158	-0.181	-0.172	-0.185	-0.128	-0.141	-0.174	-0.154	-0.159	-0.177	-0.169	-0.184	-0.204	-0.184	-0.154	-0.180	-0.178	-0.155	-0.179	-0.166	-0.185	-0.116	-0.164	-0.166	-0.225	-0.190	-0.206	-0.211	-0.163
0.60	-0.190	-0.179	-0.182	-0.195	-0.186	-0.137	-0.155	-0.180	-0.176	-0.169	-0.183	-0.172	-0.184	-0.208	-0.196	-0.157	-0.196	-0.203	-0.170	-0.189	-0.168	-0.194	-0.119	-0.173	-0.167	-0.227	-0.215	-0.207	-0.219	-0.164
0.55	-0.191	-0.194	-0.190	-0.198	-0.212	-0.137	-0.176	-0.180	-0.182	-0.177	-0.184	-0.188	-0.196	-0.213	-0.200	-0.157	-0.201	-0.224	-0.191	-0.196	-0.178	-0.197	-0.122	-0.175	-0.170	-0.228	-0.219	-0.207	-0.222	-0.164
0.50	-0.197	-0.199	-0.197	-0.214	-0.219	-0.155	-0.186	-0.185	-0.195	-0.181	-0.229	-0.189	-0.205	-0.223	-0.206	-0.162	-0.203	-0.225	-0.212	-0.199	-0.188	-0.200	-0.123	-0.188	-0.176	-0.234	-0.220	-0.209	-0.231	-0.169
0.45	-0.215	-0.204	-0.197	-0.219	-0.223	-0.172	-0.202	-0.191	-0.197	-0.191	-0.233	-0.201	-0.211	-0.224	-0.216	-0.211	-0.206	-0.226	-0.221	-0.200	-0.190	-0.213	-0.136	-0.209	-0.186	-0.236	-0.228	-0.212	-0.239	-0.183
0.40	-0.217	-0.215	-0.198	-0.227	-0.238	-0.175	-0.212	-0.194	-0.202	-0.198	-0.240	-0.207	-0.222	-0.224	-0.217	-0.214	-0.211	-0.236	-0.237	-0.203	-0.192	-0.214	-0.149	-0.218	-0.189	-0.237	-0.230	-0.221	-0.244	-0.197
0.35	-0.220	-0.224	-0.206	-0.230	-0.243	-0.175	-0.224	-0.215	-0.204	-0.204	-0.240	-0.212	-0.240	-0.234	-0.222	-0.219	-0.212	-0.238	-0.238	-0.204	-0.200	-0.216	-0.185	-0.220	-0.195	-0.244	-0.232	-0.224	-0.245	-0.202
0.30	-0.226	-0.229	-0.210	-0.233	-0.250	-0.205	-0.226	-0.221	-0.209	-0.206	-0.242	-0.222	-0.241	-0.237	-0.240	-0.237	-0.213	-0.242	-0.242	-0.211	-0.208	-0.217	-0.225	-0.225	-0.198	-0.251	-0.233	-0.225	-0.247	-0.211
0.25	-0.241	-0.249	-0.218	-0.238	-0.251	-0.214	-0.231	-0.223	-0.210	-0.241	-0.245	-0.222	-0.243	-0.244	-0.246	-0.238	-0.222	-0.249	-0.243	-0.228	-0.210	-0.238	-0.227	-0.241	-0.203	-0.251	-0.246	-0.232	-0.249	-0.213
0.20	-0.244	-0.250	-0.227	-0.248	-0.257	-0.215	-0.231	-0.238	-0.233	-0.251	-0.251	-0.234	-0.250	-0.250	-0.249	-0.247	-0.225	-0.250	-0.251	-0.241	-0.237	-0.244	-0.231	-0.245	-0.204	-0.254	-0.251	-0.241	-0.256	-0.239
0.15	-0.245	-0.250	-0.232	-0.251	-0.257	-0.227	-0.239	-0.248	-0.246	-0.253	-0.258	-0.239	-0.256	-0.254	-0.252	-0.249	-0.237	-0.255	-0.258	-0.249	-0.244	-0.250	-0.236	-0.248	-0.224	-0.257	-0.252	-0.248	-0.	

Tabla VII.23 Resultados de Medición de Potenciales de la PCC2 4/4

h (m)	455	460	465	470	475	480	485	490	495	500	505	510	515	520	525	530	535	540	545	550	555	560	565	570	575	580	585	590	595	600
2.00	0.021	0.023	0.006	-0.009	-0.002	0.002	-0.001	-0.006	-0.021	0.004	0.006	0.002	0.005	-0.009	-0.013	0.003	0.004	-0.006	0.003	0.006	-0.001	0.008	0.002	0.004	0.004	0.008	0.008	0.005	0.007	0.004
1.95	0.013	0.021	-0.002	-0.011	-0.005	-0.005	-0.006	-0.007	-0.034	0.004	0.000	-0.006	0.001	-0.011	-0.013	-0.001	0.001	-0.009	-0.010	-0.002	-0.010	-0.008	0.001	-0.011	-0.008	0.005	-0.003	0.002	-0.003	0.000
1.90	0.002	0.021	-0.011	-0.017	-0.023	-0.012	-0.011	-0.019	-0.053	-0.002	-0.006	-0.040	0.001	-0.019	-0.014	-0.002	-0.003	-0.017	-0.011	-0.006	-0.012	-0.009	-0.007	-0.019	-0.012	0.002	-0.011	-0.007	-0.009	-0.005
1.85	-0.005	0.018	-0.012	-0.028	-0.026	-0.018	-0.013	-0.030	-0.056	-0.002	-0.007	-0.048	-0.001	-0.023	-0.020	-0.004	-0.010	-0.019	-0.044	-0.011	-0.014	-0.020	-0.014	-0.029	-0.018	-0.007	-0.014	-0.018	-0.021	-0.007
1.80	-0.006	0.012	-0.018	-0.030	-0.032	-0.041	-0.020	-0.057	-0.060	-0.012	-0.021	-0.058	-0.022	-0.026	-0.024	-0.012	-0.018	-0.022	-0.073	-0.012	-0.020	-0.025	-0.015	-0.034	-0.031	-0.013	-0.023	-0.024	-0.034	-0.025
1.75	-0.011	0.010	-0.034	-0.031	-0.051	-0.042	-0.021	-0.062	-0.068	-0.024	-0.042	-0.059	-0.028	-0.027	-0.025	-0.019	-0.031	-0.024	-0.077	-0.015	-0.022	-0.042	-0.016	-0.064	-0.040	-0.027	-0.034	-0.032	-0.037	-0.032
1.70	-0.015	0.006	-0.048	-0.034	-0.051	-0.043	-0.025	-0.064	-0.071	-0.035	-0.054	-0.079	-0.042	-0.030	-0.032	-0.040	-0.032	-0.036	-0.084	-0.017	-0.036	-0.050	-0.020	-0.073	-0.041	-0.036	-0.041	-0.036	-0.041	-0.038
1.65	-0.016	0.000	-0.056	-0.036	-0.053	-0.051	-0.031	-0.069	-0.073	-0.039	-0.071	-0.083	-0.042	-0.031	-0.043	-0.050	-0.036	-0.037	-0.091	-0.017	-0.036	-0.055	-0.024	-0.074	-0.043	-0.040	-0.043	-0.041	-0.046	-0.042
1.60	-0.022	-0.001	-0.071	-0.037	-0.053	-0.069	-0.043	-0.077	-0.076	-0.056	-0.094	-0.085	-0.061	-0.039	-0.045	-0.063	-0.063	-0.051	-0.111	-0.019	-0.038	-0.058	-0.037	-0.084	-0.052	-0.047	-0.052	-0.070	-0.058	-0.044
1.55	-0.025	-0.007	-0.076	-0.041	-0.056	-0.082	-0.074	-0.077	-0.080	-0.043	-0.086	-0.093	-0.062	-0.065	-0.051	-0.069	-0.087	-0.054	-0.115	-0.026	-0.068	-0.086	-0.038	-0.086	-0.053	-0.071	-0.060	-0.100	-0.064	-0.076
1.50	-0.031	-0.027	-0.087	-0.045	-0.072	-0.089	-0.075	-0.077	-0.089	-0.052	-0.091	-0.094	-0.068	-0.069	-0.060	-0.082	-0.088	-0.068	-0.126	-0.050	-0.075	-0.109	-0.052	-0.100	-0.058	-0.072	-0.072	-0.104	-0.101	-0.097
1.45	-0.033	-0.037	-0.088	-0.069	-0.079	-0.099	-0.088	-0.083	-0.095	-0.053	-0.093	-0.098	-0.071	-0.071	-0.064	-0.086	-0.120	-0.076	-0.128	-0.057	-0.079	-0.114	-0.054	-0.109	-0.097	-0.072	-0.092	-0.106	-0.104	-0.122
1.40	-0.033	-0.049	-0.091	-0.074	-0.080	-0.101	-0.092	-0.086	-0.097	-0.056	-0.094	-0.103	-0.074	-0.072	-0.072	-0.099	-0.124	-0.077	-0.131	-0.058	-0.080	-0.118	-0.055	-0.116	-0.100	-0.075	-0.098	-0.116	-0.123	-0.124
1.35	-0.036	-0.058	-0.095	-0.078	-0.084	-0.101	-0.102	-0.087	-0.100	-0.101	-0.098	-0.117	-0.082	-0.073	-0.078	-0.110	-0.135	-0.084	-0.150	-0.062	-0.090	-0.120	-0.065	-0.122	-0.110	-0.091	-0.116	-0.126	-0.123	-0.129
1.30	-0.051	-0.059	-0.102	-0.098	-0.116	-0.111	-0.102	-0.104	-0.117	-0.103	-0.109	-0.119	-0.092	-0.083	-0.087	-0.113	-0.143	-0.098	-0.156	-0.071	-0.101	-0.122	-0.080	-0.123	-0.113	-0.094	-0.116	-0.128	-0.126	-0.136
1.25	-0.054	-0.061	-0.115	-0.106	-0.126	-0.114	-0.106	-0.105	-0.120	-0.118	-0.118	-0.121	-0.125	-0.117	-0.108	-0.113	-0.144	-0.099	-0.175	-0.090	-0.101	-0.127	-0.081	-0.146	-0.120	-0.094	-0.120	-0.128	-0.130	-0.136
1.20	-0.057	-0.078	-0.122	-0.107	-0.134	-0.118	-0.113	-0.120	-0.125	-0.122	-0.130	-0.130	-0.126	-0.120	-0.134	-0.119	-0.148	-0.100	-0.179	-0.101	-0.104	-0.128	-0.089	-0.165	-0.136	-0.095	-0.138	-0.128	-0.136	-0.136
1.15	-0.060	-0.087	-0.136	-0.117	-0.136	-0.127	-0.116	-0.126	-0.133	-0.132	-0.146	-0.147	-0.135	-0.137	-0.139	-0.121	-0.148	-0.104	-0.181	-0.106	-0.107	-0.129	-0.094	-0.180	-0.137	-0.114	-0.153	-0.134	-0.137	-0.138
1.10	-0.061	-0.091	-0.140	-0.133	-0.140	-0.129	-0.126	-0.132	-0.143	-0.141	-0.154	-0.153	-0.147	-0.141	-0.148	-0.141	-0.150	-0.108	-0.184	-0.111	-0.107	-0.140	-0.097	-0.188	-0.146	-0.117	-0.162	-0.136	-0.139	-0.139
1.05	-0.068	-0.095	-0.147	-0.133	-0.141	-0.160	-0.129	-0.161	-0.145	-0.167	-0.164	-0.164	-0.156	-0.147	-0.159	-0.149	-0.151	-0.108	-0.186	-0.113	-0.108	-0.146	-0.100	-0.192	-0.152	-0.133	-0.164	-0.148	-0.145	-0.151
1.00	-0.091	-0.095	-0.157	-0.134	-0.147	-0.162	-0.136	-0.170	-0.149	-0.171	-0.165	-0.165	-0.158	-0.154	-0.173	-0.156	-0.156	-0.119	-0.190	-0.118	-0.121	-0.152	-0.113	-0.193	-0.157	-0.147	-0.171	-0.149	-0.150	-0.152
0.95	-0.096	-0.098	-0.159	-0.136	-0.162	-0.168	-0.146	-0.171	-0.163	-0.177	-0.167	-0.166	-0.163	-0.160	-0.174	-0.157	-0.160	-0.122	-0.191	-0.121	-0.121	-0.164	-0.114	-0.197	-0.163	-0.155	-0.182	-0.170	-0.152	-0.171
0.90	-0.109	-0.104	-0.161	-0.148	-0.164	-0.179	-0.146	-0.177	-0.166	-0.182	-0.168	-0.173	-0.184	-0.162	-0.176	-0.163	-0.169	-0.122	-0.196	-0.127	-0.136	-0.181	-0.137	-0.209	-0.173	-0.159	-0.188	-0.177	-0.157	-0.172
0.85	-0.115	-0.120	-0.173	-0.151	-0.165	-0.188	-0.166	-0.182	-0.167	-0.183	-0.178	-0.184	-0.211	-0.163	-0.186	-0.179	-0.181	-0.136	-0.196	-0.139	-0.139	-0.185	-0.153	-0.219	-0.174	-0.174	-0.192	-0.186	-0.176	-0.184
0.80	-0.118	-0.132	-0.176	-0.151	-0.165	-0.192	-0.170	-0.182	-0.169	-0.189	-0.184	-0.185	-0.220	-0.167	-0.189	-0.185	-0.188	-0.142	-0.198	-0.157	-0.141	-0.194	-0.161	-0.220	-0.180	-0.180	-0.199	-0.193	-0.178	-0.187
0.75	-0.122	-0.139	-0.179	-0.153	-0.167	-0.195	-0.175	-0.200	-0.190	-0.200	-0.185	-0.202	-0.225	-0.171	-0.204	-0.198	-0.189	-0.157	-0.203	-0.158	-0.142	-0.198	-0.167	-0.221	-0.181	-0.211	-0.203	-0.201	-0.182	-0.194
0.70	-0.130	-0.160	-0.180	-0.164	-0.170	-0.204	-0.180	-0.230	-0.194	-0.220	-0.195	-0.205	-0.227	-0.184	-0.211	-0.199	-0.189	-0.158	-0.204	-0.172	-0.145	-0.201	-0.183	-0.225	-0.199	-0.212	-0.206	-0.202	-0.183	-0.211
0.65	-0.133	-0.162	-0.183	-0.178	-0.174	-0.207	-0.180	-0.237	-0.198	-0.221	-0.216	-0.211	-0.228	-0.199	-0.223	-0.202	-0.189	-0.161	-0.205	-0.177	-0.157	-0.223	-0.183	-0.231	-0.221	-0.213	-0.209	-0.210	-0.188	-0.222
0.60	-0.139	-0.169	-0.201	-0.184	-0.175	-0.209	-0.196	-0.252	-0.198	-0.230	-0.217	-0.213	-0.236	-0.216	-0.227	-0.207	-0.192	-0.167	-0.207	-0.181	-0.203	-0.223	-0.184	-0.241	-0.222	-0.216	-0.211	-0.212	-0.210	-0.225
0.55	-0.142	-0.182	-0.229	-0.187	-0.187	-0.233	-0.211	-0.260	-0.207	-0.234	-0.225	-0.217	-0.237	-0.222	-0.230	-0.208	-0.231	-0.170	-0.219	-0.194	-0.233	-0.225	-0.195	-0.244	-0.223	-0.219	-0.220	-0.218	-0.221	-0.228
0.50	-0.152	-0.194	-0.240	-0.209	-0.200	-0.235	-0.240	-0.262	-0.208	-0.238	-0.251	-0.228	-0.239	-0.230	-0.234	-0.215	-0.234	-0.189	-0.219	-0.203	-0.239	-0.227	-0.196	-0.252	-0.237	-0.220	-0.229	-0.225	-0.231	-0.228
0.45	-0.169	-0.199	-0.249	-0.215	-0.201	-0.239	-0.241	-0.263	-0.214	-0.244	-0.253	-0.245	-0.245	-0.235	-0.243	-0.224	-0.234	-0.224	-0.238	-0.206	-0.240	-0.229	-0.198	-0.253	-0.246	-0.229	-0.229	-0.229	-0.238	-0.235
0.40	-0.192	-0.203	-0.250	-0.221	-0.201	-0.249	-0.249	-0.265	-0.222	-0.253	-0.260	-0.264	-0.256	-0.245	-0.243	-0.243	-0.239	-0.225	-0.255	-0.222	-0.249	-0.234	-0.209	-0.254	-0.257	-0.231	-0.234	-0.235	-0.242	-0.240
0.35	-0.194	-0.203	-0.256	-0.229	-0.206	-0.252	-0.261	-0.266	-0.225	-0.254	-0.264	-0.269	-0.260	-0.250	-0.245	-0.245	-0.239	-0.230	-0.255	-0.226	-0.250	-0.238	-0.212	-0.267	-0.257	-0.232	-0.239	-0.242	-0.245	-0.242
0.30	-0.200	-0.228	-0.260	-0.249	-0.227	-0.257	-0.264	-0.268	-0.226	-0.260	-0.270	-0.271	-0.267	-0.263	-0.252	-0.250	-0.246	-0.242	-0.261	-0.232	-0.268	-0.249	-0.245	-0.269	-0.258	-0.232	-0.249	-0.249	-0.245	-0.247
0.25	-0.215	-0.232	-0.273	-0.251	-0.229	-0.258	-0.266	-0.273	-0.242	-0.264	-0.274	-0.280	-0.267	-0.270	-0.273	-0.262	-0.262	-0.248	-0.271	-0.262	-0.272	-0.264	-0.263	-0.270	-0.262	-0.261	-0.259	-0.253	-0.246	-0.248
0.20	-0.218	-0.232	-0.275	-0.255	-0.260	-0.262	-0.269	-0.277	-0.249	-0.272	-0.284	-0.281	-0.272	-0.280	-0.279	-0.269	-0.265	-0.258	-0.274	-0.267	-0.285	-0.279	-0.280	-0.271	-0.268	-0.266	-0.275	-0.255	-0.265	-0.249
0.15	-0.230	-0.249	-0.276	-0.274	-0.265	-0.270	-0.270	-0.285	-0.279	-0.278	-0.285	-0.284	-0.275	-0.282	-0.279	-0.277	-0.266	-0.275	-0.284	-0.280	-0.288	-0.284	-0.282	-0.272	-0.269	-0.270	-0.280	-0.269	-0.2	



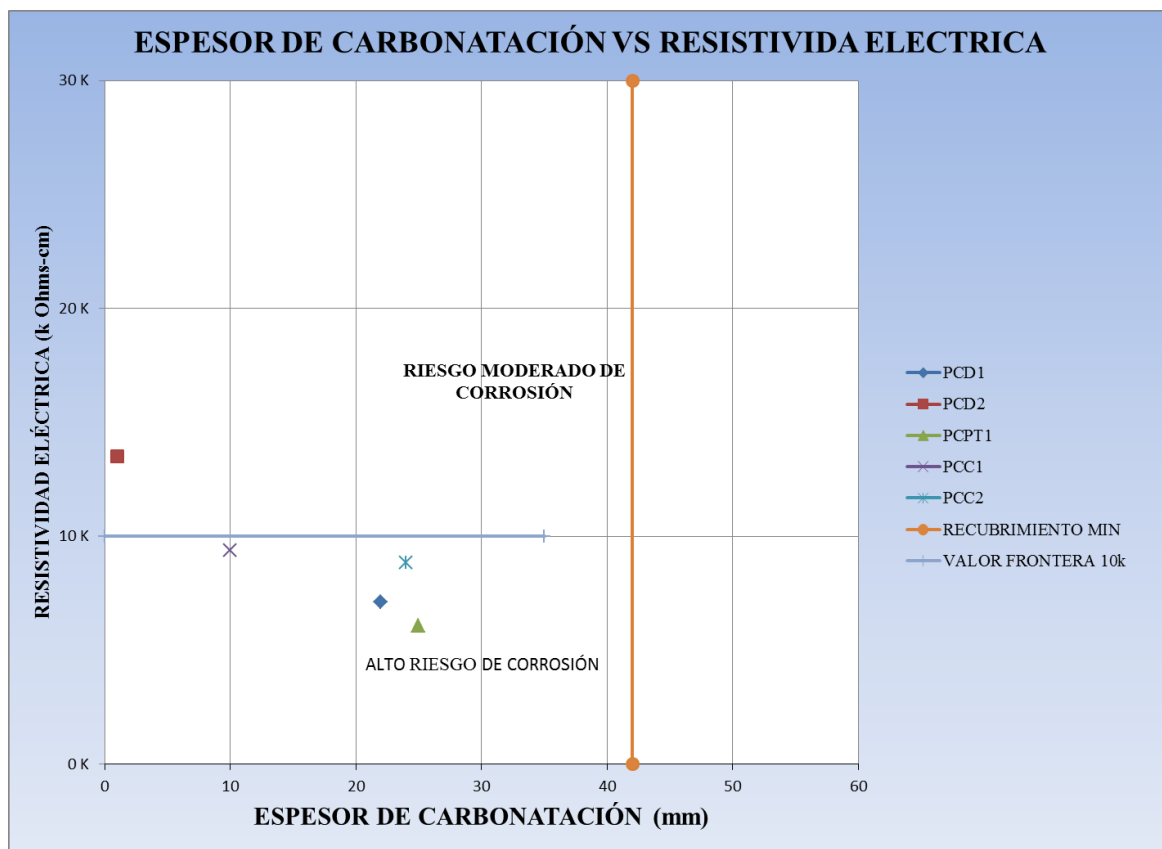
Gráfica VII.22 P Resultados de la prueba Potenciales PCC2.

VIII.- COMPARATIVA DE RESULTADOS.

Corrosividad Atmosférica.

Para los 36 años de antigüedad que presenta el puente se tiene una probabilidad de velocidad de corrosión de $113.89 \mu\text{m} / \text{año}$, o lo que equivale a $0.113 \mu\text{m} / \text{año}$, considerando los criterios de evaluación la Tabla VII.5, se ubica al acero de refuerzo con un muy elevado nivel de corrosión considerando que las condiciones climáticas del puente “El Cayaco lo ubican en una atmósfera marina y que se define conforme a la norma ISO 9223, como un ambiente con un grado de corrosividad severo.

Espesor de Carbonatación VS Resistividad Eléctrica.



Gráfica VIII.1 Resultados de Resistividad Eléctrica VS Carbonatación.

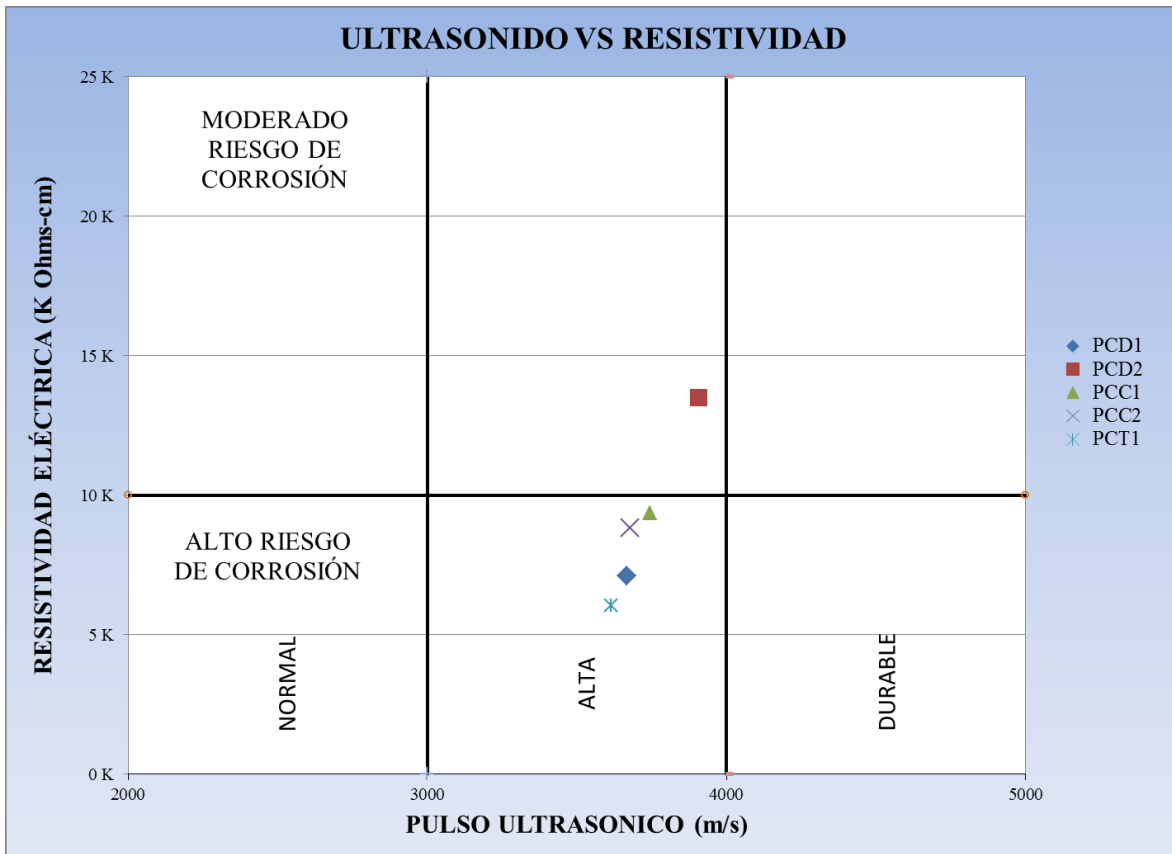
En la Gráfica VIII.1 se observa que el concreto de la PCT1 presenta menor resistividad eléctrica y a su vez es el material con mayor espesor de carbonatación, en

cambio el concreto PCD2 presenta mayor resistividad eléctrica y menor espesor de carbonatación.

El concreto de PCD1, PCPT1, PCC1, PCC2, se encuentran en valores menores de 10 k ohm.cm lo que los ubica en la zona de Alto Riesgo de Corrosión. Tomando en cuenta el ambiente costero donde se tiene un alto contenido de cloruros pero con valores de carbonatación menores al recubrimiento, la Red Durar [5]. Ubica el material con una Alta probabilidad de Corrosión.

El concreto del PCD2 se encuentran en valores mayores de 10 k ohm.cm lo que lo ubica en la zona de con Moderado Riesgo de Corrosión. Tomando en cuenta el ambiente costero donde se tiene contenido de cloruros, pero con valores de carbonatación menores al recubrimiento; la Red Durar [5] Ubica el material con una Moderada/Alta probabilidad de Corrosión.

Pulso Ultrasónico VS Resistividad Eléctrica



Gráfica VIII.2 Resultados de Pulso ultrasónico VS Resistividad Eléctrica.

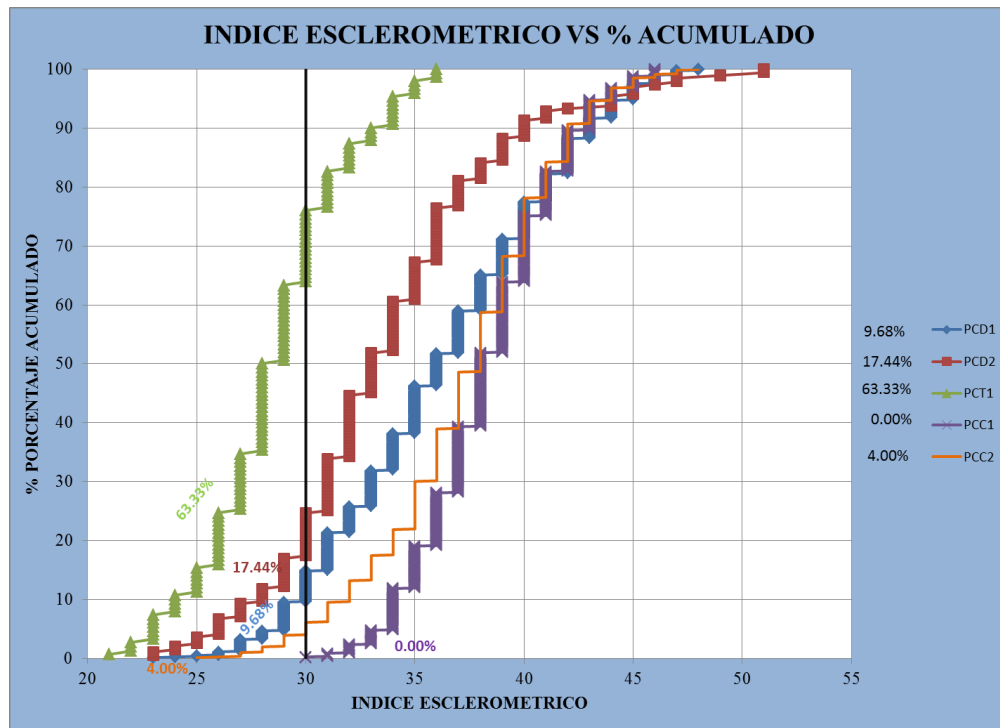
La Gráfica VIII. 2 muestra una tendencia que al obtener resultados mayores de la velocidad de propagación de la onda en el concreto, aumenta la resistividad eléctrica en el material. El concreto de la PCT1 presenta menor velocidad de propagación de la onda y a su vez una menor resistividad eléctrica.

El concreto de PCD1, PCC1, PCC2, PCT1 se encuentran en el Rango de una Alta Calidad Del Concreto, pero se encuentran con valores de resistividad eléctrica menores de 10 K ohm-cm; por lo que la Red Durar [5]. Ubica el concreto con un Alto Riesgo de Corrosión.

El concreto PCD2 se encuentran en el Rango de una Alta Calidad el Concreto, pero se encuentran con valores de resistividad eléctrica mayores de 10 k ohm-cm; por lo que la Red Durar [5]. Ubica el concreto con un Moderado Riesgo de Corrosión.

Índice Esclerometría VS % Acumulado

La prueba de Esclerometría muestra la calidad del concreto y su homogeneidad con base en el índice de esclerométrico.

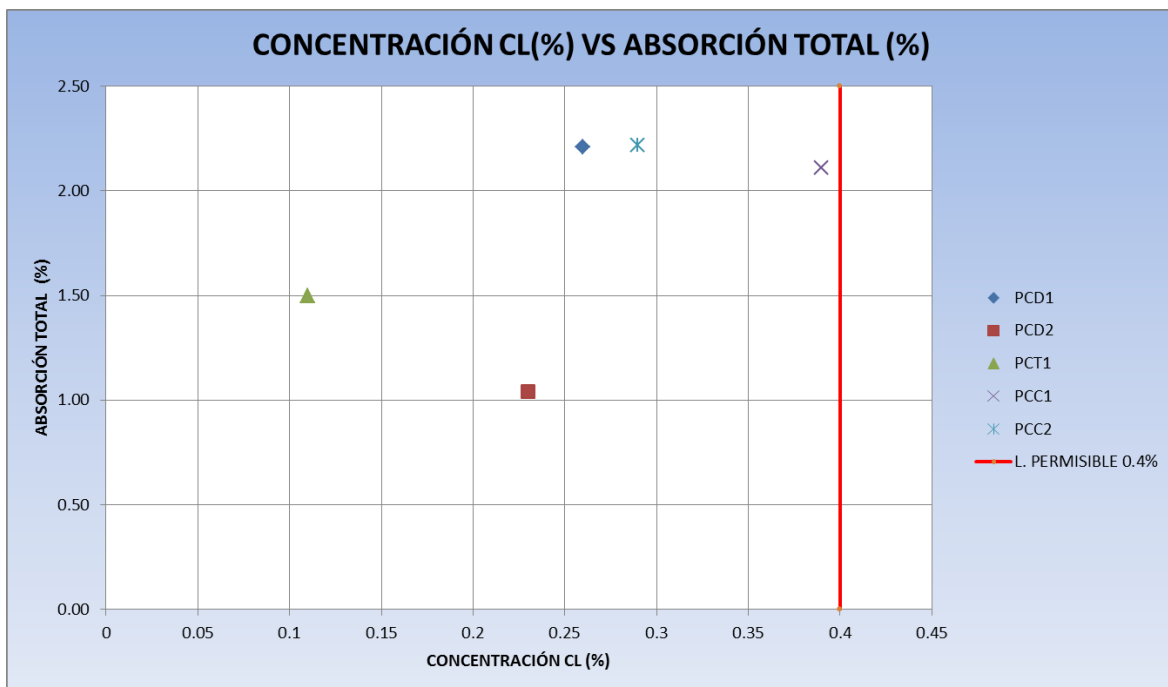


Gráfica VIII.3 Resultados de Índice Esclerometría VS % Acumulado.

La Gráfica VIII.3 Analizado la prueba de Esclerometría nos dio como resultado la homogeneidad del concreto con resultados de índice de Esclerometría desde 21 hasta 53 en todas las muestras, donde menores a 30 del índice esclerométrico no cumple con la resistencia de diseño de acuerdo con el manual del esclerómetro; la PCT1 muestra un porcentaje de 63.33% menor al límite del índice esclerométrico por lo tanto aparentemente no cumple con la resistencia de diseño, mientras las secciones PCD1, PCD2, PCC1 y PCC2 muestran porcentajes muy bajos al límite del índice esclerométrico, por lo cual cumple aparentemente con la resistencia de diseño.

Concentración de Cloruros VS Absorción Total (%)

El porcentaje total de cloruros respecto a la masa de cemento, presente en el material determina la probabilidad de corrosión. Si el porcentaje de cloruros es mayor del 0.4 % se considera una Alta potencialidad corrosiva; sin embargo si este valor es menor se considera una moderada a baja potencialidad corrosiva dependiendo del perfil de cloruros y el tiempo en llegar al refuerzo.



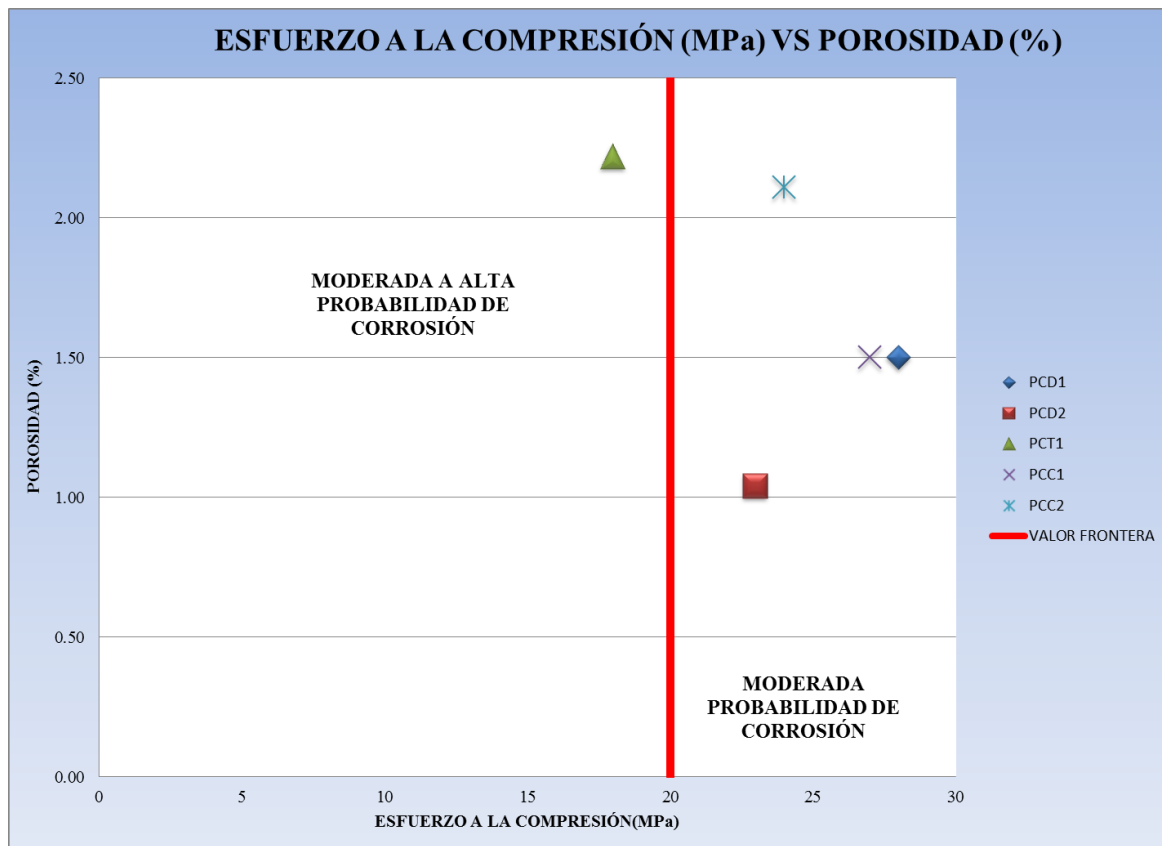
Gráfica VIII.5 Resultados de Concentración de Cloruros VS Absorción Total (%).

En la gráfica VIII.5 se observa que la viga-gerber PCT1 presenta menor concentración de cloruros y presenta un porcentaje de absorción bajo, esto dice que la columna PCC1 presenta baja probabilidad de corrosión. Mientras que la columna PCC1

presenta un 0.39% de concentración de cloruros, faltando un 0.01% para llegar al límite permisible de concentración de cloruros, el cual pone a la columna PCC2 en moderada probabilidad de corrosión.

Resistencia a la Compresión VS Porosidad y Resistencia a la Compresión VS Espesor de Carbonatación

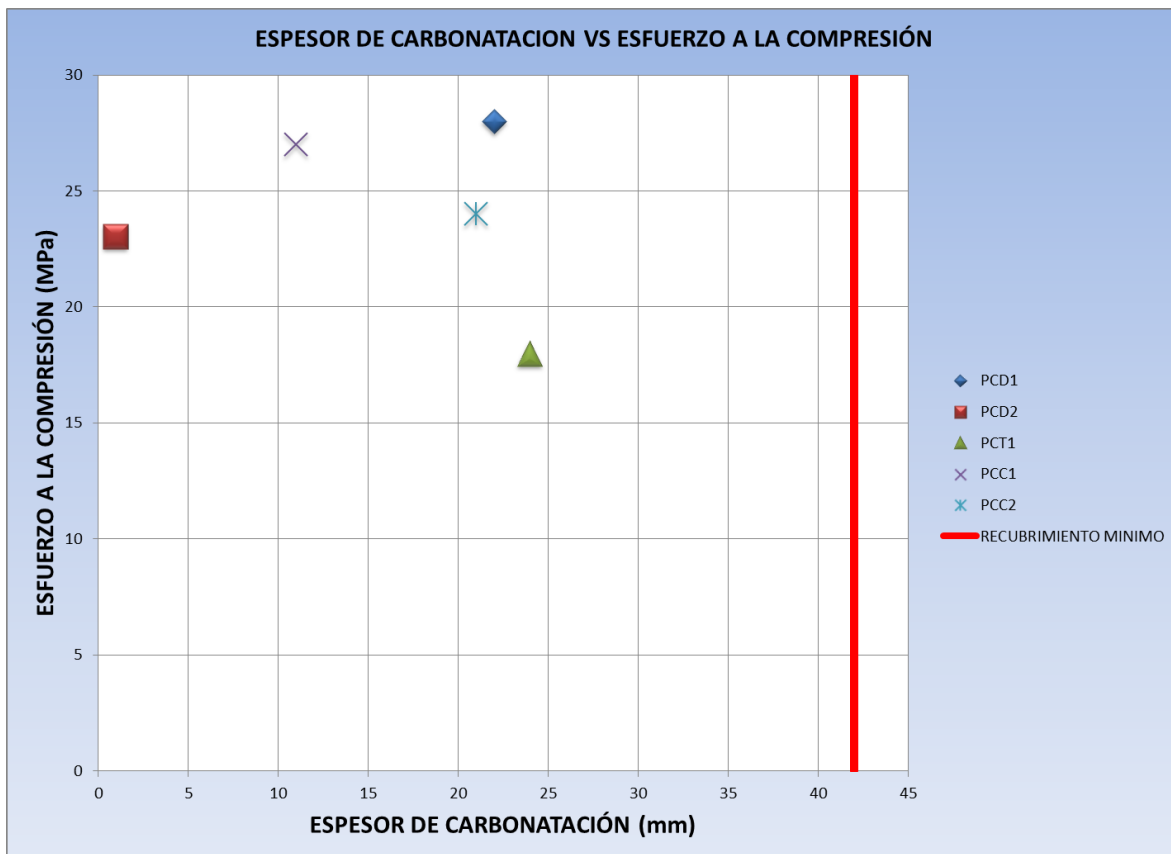
La resistencia a la compresión es un parámetro determinante de la calidad del concreto, si el $f'c < 20$ MPa, se considera un concreto de baja calidad; si el $f'c \geq 20$ MPa, se considera una concreto de buena calidad. El siguiente factor a considerar para ubicar la calidad del concreto será el porcentaje de porosidad, y por último se considera si hay presencia de cloruros o si presenta carbonatación [5].



Gráfica VIII.6 Resultados de Porosidad VS Esfuerzo a la Compresión.

La **Gráfica VIII.6** muestra que PCT1 presenta mayor porcentaje de porosidad y una menor resistencia a la compresión del concreto; los datos de la PCC1 Y PCC2 presentan valores similares al porcentaje de porosidad pero en PCC1 presenta un

decremento en el esfuerzo a la compresión; PCD2 presenta el menor porcentaje de porosidad y una resistencia a la compresión > 20 MPa lo que define como al concreto PCD2 como el de mejor calidad respecto a este criterio de durabilidad. En términos generales el concreto de PCD1, PCD2, PCC1 Y PCC2 cuenta con valores de $f_c > 20$ MPa, y una porosidad $< 15\%$; lo que define un material de baja potencialidad corrosiva, pero como se encuentra en ambientes costeros con presencia de Cloruros, la Red Durar [6]. lo define como un concreto con Moderada Probabilidad de corrosión del acero de refuerzo. El concreto de PCTP1 presenta $f_c < 20$ MPa y también cuenta con presencia de Cloruros; la Red Durar [6]. lo define como un concreto con Moderada/Alta Probabilidad de Corrosión del acero de refuerzo.



Gráfica VIII.7 Resultados de Esfuerzo a la Compresión VS Espesor de Carbonatación.

La **Gráfica VIII.7** tiene como parámetro de comparación el espesor de carbonatación; el concreto de PCD2 presenta menor espesor de carbonatación y una

resistencia a la compresión mayor a 20 MPa, sin embargo PCT1 presenta una resistencia a la compresión menor a 20MPa y es el elemento con mayor espesor de carbonatación.

Absorción Capilar VS Tiempo y Absorción Capilar VS Resistividad Eléctrica

Para determinar la compacidad del concreto por absorción capilar se emplean los criterios de evaluación de la pendiente S

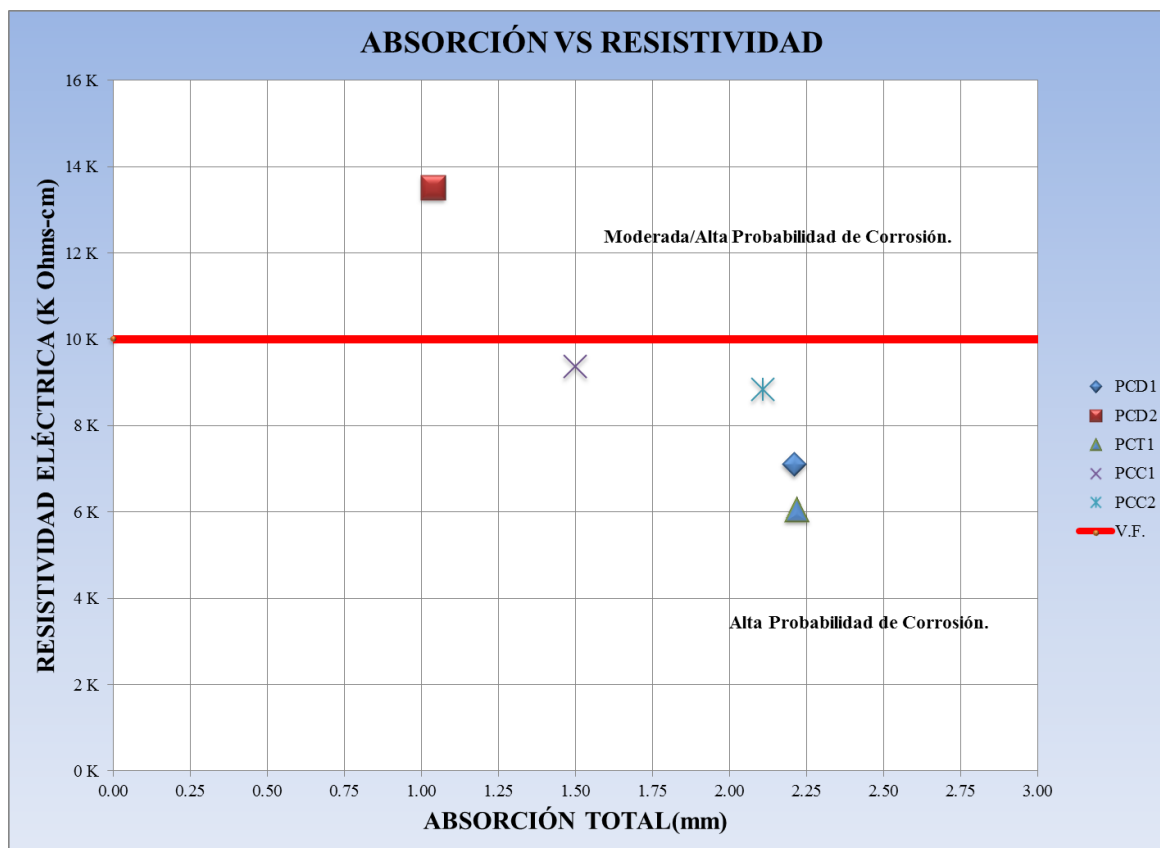
Si $S \leq 3\text{mm/h}^{(1/2)}$ ó bien $(5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{(1/2)})$ concreto de buena calidad y compacidad.

Si $S > 3\text{mm/h}^{(1/2)}$ ó bien $(5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{(1/2)})$ concreto de moderada a baja calidad y compacidad.



Gráfica VIII.8 Resultados de Absorción Capilar VS Tiempo

La Gráfica VIII.8 muestra la evaluación de la absorción capilar respecto al tiempo y refleja que en todas las muestras presentan absorción capilar menores a la absorción de frontera, que para ambientes marinos es $S < 3,0 \text{ mm/h}^{1/2}$ ($5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{1/2}$) [6]. Lo que indica que el concreto reforzado no presenta problemas por porosidad ni por absorción capilar.



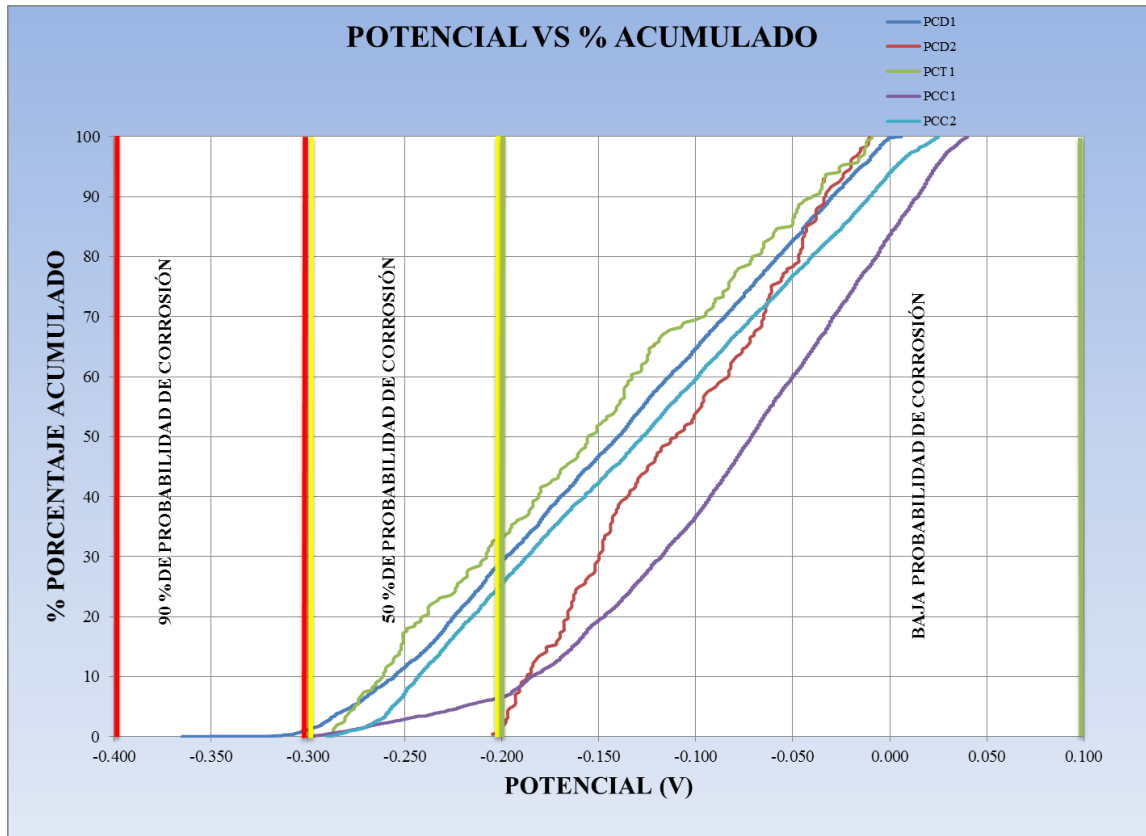
Gráfica VIII.9 Resultados de Resistencia Eléctrica VS Absorción Total.

La **Gráfica VIII. 9** muestra la comparativa entre la absorción total y la resistividad eléctrica del concreto. Se observa que la muestra que tiene una moderada probabilidad de corrosión, como es el concreto de PCD2, con respecto a los criterios de durabilidad por resistividad eléctrica, presenta un menor porcentaje de absorción total; y a su vez el concreto de PCD1, PCT1, PCC1 Y PCC2 presentan una alta probabilidad de corrosión debido a que se encuentran por debajo del límite $p < 10$ por criterios de durabilidad y un mayor porcentaje de absorción en las secciones PCD1, PCT1, Y PCC2 el cual provoca que las secciones se encuentren con alta probabilidad de corrosión.

Potenciales VS %Acumulado, Potenciales VS Resistividad Eléctrica, Potenciales VS Esfuerzo a la Compresión y Potenciales VS Espesor de Carbonatación.

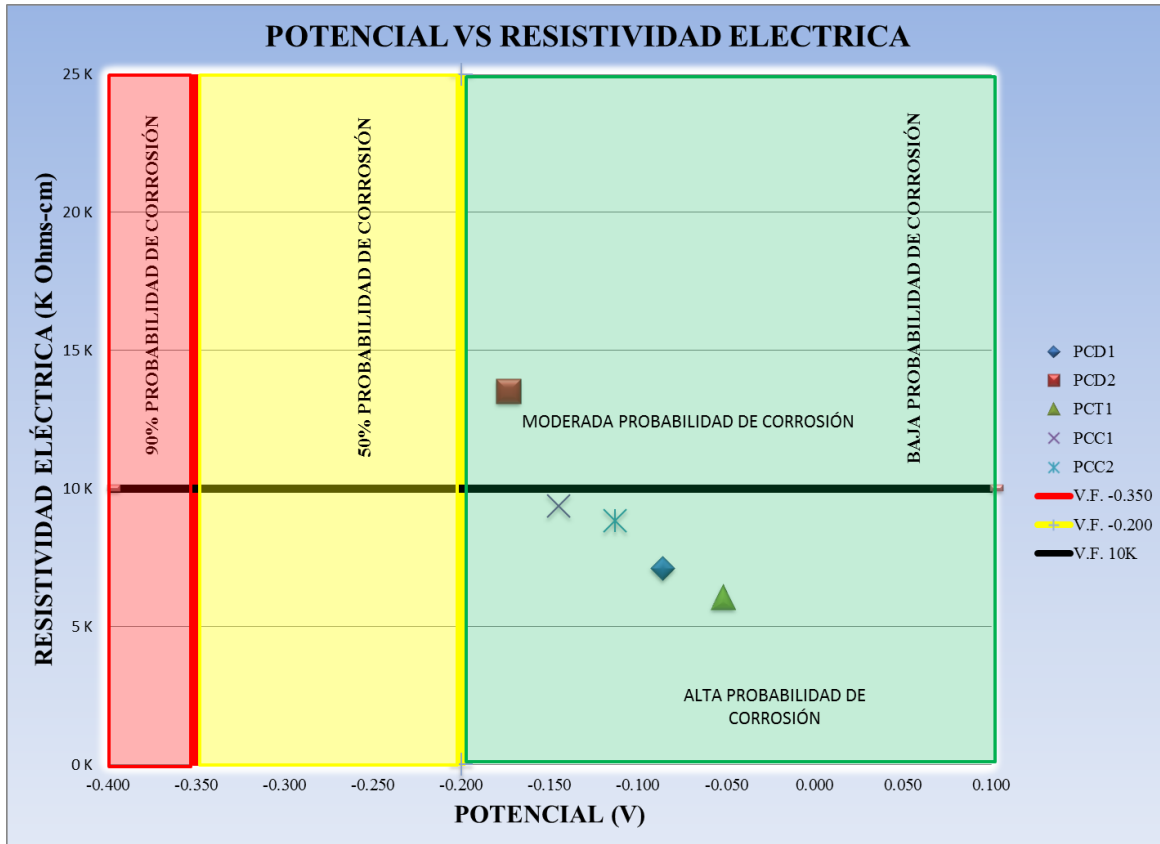
La Red Durar clasifica en tres zonas, según el valor de potencialidad con respecto al electrodo de (Cu/CuSO₄), la probabilidad de corrosión; para valores mayores a -0.350 V existe una probabilidad de corrosión del 90%; si los resultados de potencial se encuentran entre -0.350 V y -0.200 V, presentan un 50% de probabilidad de corrosión; por último si los

datos de la muestras son menores de -0.200 V, se considera una baja probabilidad de corrosión. [7]



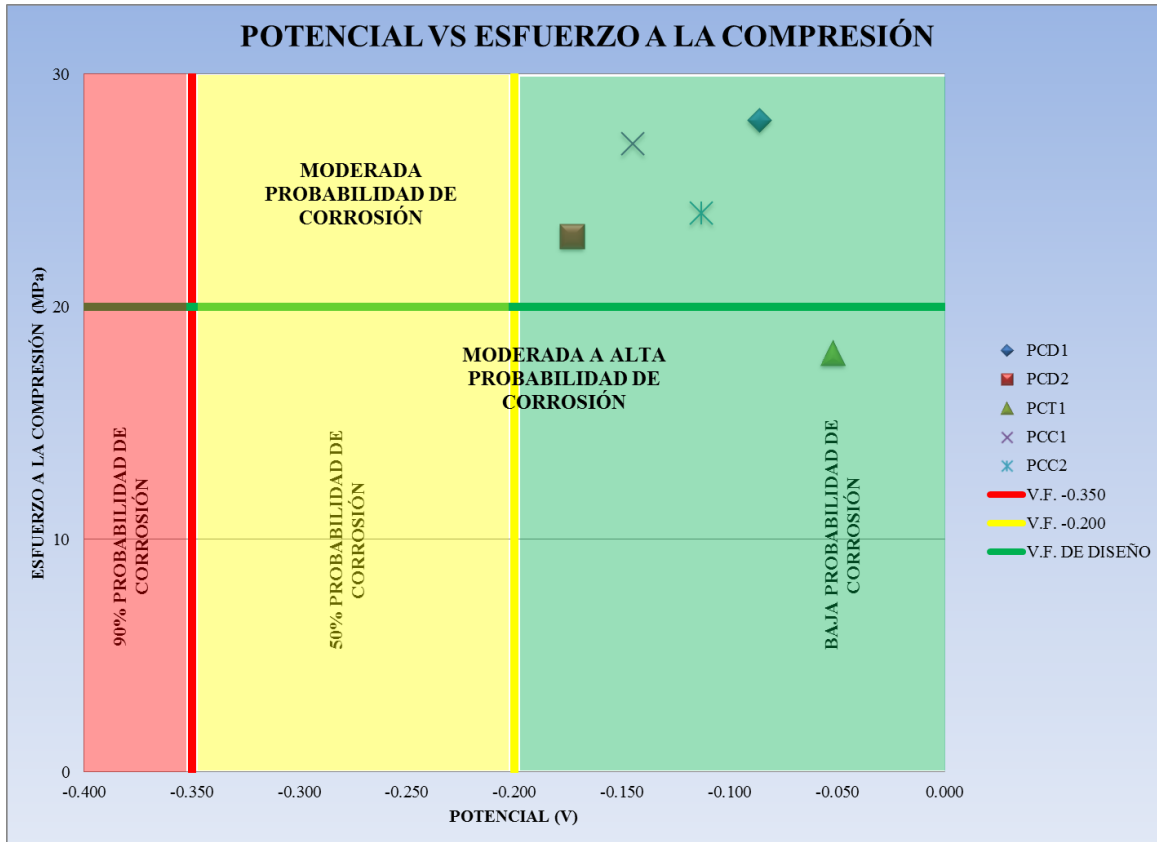
Gráfica VIII.10 Resultados de Porcentajes acumulados de Potenciales.

En la Gráfica VIII.10 En la prueba de medición de potenciales como se muestra en la gráfica VIII.10 se observa que PCD1 se encuentra con el 70.88% de baja probabilidad de corrosión, 29.10% con 50% de probabilidad de corrosión y con 0.02% con 90% de probabilidad de corrosión, PCD2 cuenta con 98.80% de baja probabilidad de corrosión y con 1.20 % con 50% de probabilidad de corrosión, PCT1 cuenta con el 82.74% de baja probabilidad de corrosión y con 17.26% con 50% de probabilidad de corrosión, PCC1 cuenta con el 93.54% de baja probabilidad de corrosión y con 6.46% con 50% de probabilidad de corrosión, PCC2 cuenta con el 74.60% de baja probabilidad de corrosión y con 25.40% con 50% de probabilidad de corrosión.



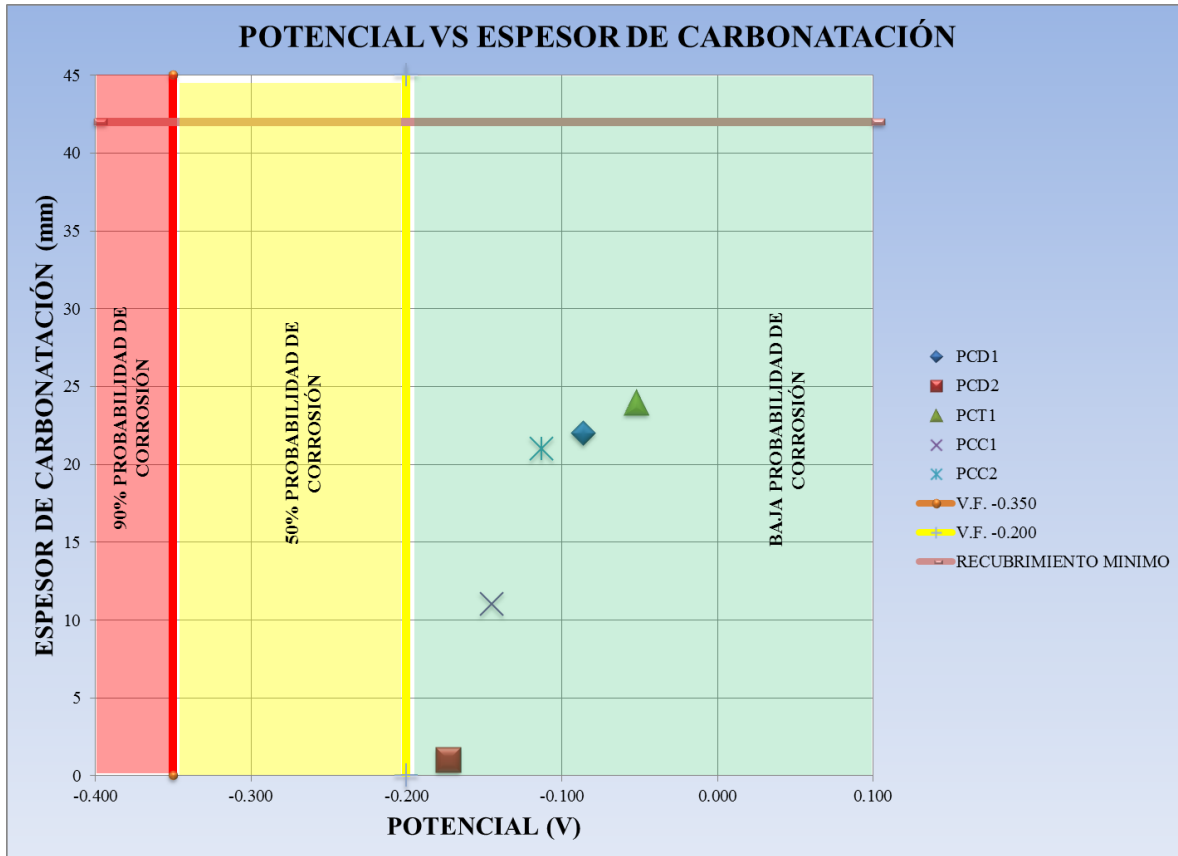
Gráfica VIII.11 Resultados de Resistividad Eléctrica VS Potenciales.

En la gráfica VIII.11 se observa que PCD1, PCT1, PCC1 y PCC2 con respecto a la resistividad eléctrica se encuentra en alto riesgo de corrosión, y PCD2 se encuentra en riesgo moderado, mientras que en el rango de potenciales se encuentra en baja probabilidad de corrosión las 5 secciones mencionadas.



Gráfica VIII.12 Resultados de Esfuerzo a la compresión VS Potenciales.

En la **Gráfica VIII.12** Se observa que el concreto reforzado de PCD1, PCD2, PCT1, PCC1, PCC2 se encuentra en la zona de baja probabilidad de corrosión por medición de potenciales, pero con una moderada probabilidad de corrosión por criterios de durabilidad con respecto a la resistencia a la compresión del concreto, excepto la sección PCT1 que se encuentra en la zona de moderada a alta probabilidad de corrosión de acuerdo con los criterios de durabilidad.



Gráfica VIII.13 Resultados de Carbonatación VS Potenciales.

En la **gráfica VIII.13** observamos que las secciones presentan baja probabilidad de corrosión de acuerdo con los criterios de la RED DURAR. Podemos observar que la estructura presenta avances de carbonatación que es proceso químico aparentemente inocuo, que avanza lentamente y progresivamente hacia adentro desde la superficie expuesta del concreto, y ataca al acero de refuerzo causando la corrosión, pero en este caso el acero se encuentra con baja probabilidad de corrosión.

Comparativa de Resultados.

Los resultados obtenidos por criterios de durabilidad de los materiales del puente “El Cayaco” se pueden analizar con el resumen de la Tabla VIII.1.

Tabla VIII.1 Comparativa de los resultados obtenidos de las Pruebas a los materiales del Puente “El Cayaco”.

PRUEBA	ESPECIMEN	OBJETIVO	CRITERIOS	RESULTADOS	INTERPRETACIÓN	OBSERVACIÓN	
CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA	PCD1	DETERMINAR LA CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA Y LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN A LARGO PLAZO	SI $C < 0.0011$ mm/año DESPRECIABLE SI $0.0011 < C < 0.005$ mm/año MODERADO SI $0.005 < C < 0.011$ mm/año ELEVADA SI $C > 0.011$ mm/año MUY ELEVADA	C = 0.113 mm/año	MUY ELEVADO NIVEL DE CORROSIÓN	EL ACERO DE REFUERZO PRESENTA VALORES MUY ELEVADOS DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN POR LAS CONDICIONES DE CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICAS EN LAS QUE SE ENCUENTRA Y SE DETERMINO EL TIPO DE AMBIENTE COMO UNA AMBIENTE CON ATMÓSFERA MARINA	
	PCD2						
	PCT1						
	PCC1						
	PCC2						
RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	PCD1	DETERMINACIÓN DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL CONCRETO.	p>200K ohms.cm - POCO RIESGO 200>p>10 K ohms.cm - RIESGO MODERADO p<10K ohms.cm - ALTO RIESGO	7.1 K ohms.cm	ALTO RIESGO DE CORROSIÓN	LA ESTRUCTURA PCD1, PCT1, PCC1 Y PCC2 PRESENTAN ALTO RIESGO DE CORROSIÓN Y PCD2 RIESGO MODERADO DE CORROSIÓN	
	PCD2			13.5 K ohms.cm	RIESGO MODERADO DE CORROSIÓN		
	PCT1			6.06 K ohms.cm	ALTO RIESGO DE CORROSIÓN		
	PCC1			9.36 K ohms.cm	ALTO RIESGO DE CORROSIÓN		
	PCC2			8.83 K ohms.cm	ALTO RIESGO DE CORROSIÓN		
PULSO ULTRASÓNICO	PCD1	A).- VERIFICAR LA HOMOGENEIDAD DEL CONCRETO. B).- DETALLAR LAS FALLAS INTERNAS.	2001 a 3000 m/s - NORMAL	vel=3668m/s	ALTA CALIDAD DEL CONCRETO	LA ESTRUCTURA PRESENTA UN CONCRETO CON ALTA CALIDAD	
	PCD2			vel=3907m/s	ALTA CALIDAD DEL CONCRETO		
	PCT1			3001 a 4000 m/s - ALTA	vel=3614m/s		ALTA CALIDAD DEL CONCRETO
	PCC1			>4000 m/s - DURABLE	vel=3745m/s		ALTA CALIDAD DEL CONCRETO
	PCC2			vel=3679m/s	ALTA CALIDAD DEL CONCRETO		
ESCLERÓMETRO	PCD1	EVALUAR LA DUREZA SUPERFICIAL DEL CONCRETO MEDIANTE EL USO DEL ESCLERÓMETRO	EL CONCRETO DEBE SER HOMOGENEO EN TODA LA SUPERFICIE DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO, Y TENER UNA APROXIMACIÓN A LA RESISTENCIA CON LA QUE FUE DISEÑADA.	IDPROM.=36 DESV ST=5	SE OBSERVA UNA HETEROGENIEDAD EN EL CONCRETO DE ACUERDO CON VALORES DE ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO PROMEDIO DE 29 A 38 Y DESVIACIONES ESTANDARS DE 3 A 5.	EN LA ESTRUCTURA PCD1, PCD2, PCC1 Y PCC2 PRESENTA UN CONCRETO ACEPTABLEMENTE UNIFORME Y SUPERIOR A LA ESTRUCTURA PCT1	
	PCD2			IDPROM.=34 DESV ST=5			
	PCT1			IDPROM.=29 DESV ST=3			
	PCC1			IDPROM.=38 DESV ST=3			
	PCC2			IDPROM.=37 DESV ST=4			
PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN	PCD1	DETERMINAR EL AVANCE DE LA CARBONATACIÓN EN EL CONCRETO POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA CON SOLUCIÓN DE INDICADOR ÁCIDO-BASE	SI $K \geq 6$ mm/a ^{0.5} CONCRETO DE BAJA CALIDAD. SI K NO ES MAYOR SE UTILIZA EL SIGUIENTE CRITERIO, $K \leq 3$ mm/a ^{0.5} , CONCRETO DE BUENA CALIDAD Y SI $K \geq 3$ mm/a ^{0.5} MODERADA POTENCIALIDAD DE CORRISIÓN.	3.667 mm/año ^{1/2}	MODERADA POTENCIALIDAD DE CORROSIÓN	EN NINGÚN CASO EL ESPESOR DE CARBONATACIÓN ES MAYOR AL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO. PODEMOS OBSERVAR QUE LA ESTRUCTURA PRESENTA MODERADA POTENCIALIDAD DE CORROSIÓN EN PCD1, PCT1 Y PCC2 Y CONCRETO DE BUENA CALIDAD EN PCD2 Y PCC1	
	PCD2			0.167 mm/año ^{1/2}	CONCRETO DE BUENA CALIDAD		
	PCT1			4 mm/año ^{1/2}	MODERA POTENCIALIDAD DE CORROSIÓN		
	PCC1			1.83 mm/año ^{1/2}	CONCRETO DE BUENA CALIDAD		
	PCC2			3.5 mm/año ^{1/2}	MODERADA POTENCIALIDAD DE CORROSIÓN		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	PCD1	DETERMINAR A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A TRAVÉS DE LA EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DEL CONCRETO CON TALADRO DE DIÁMETRO ADECUADO.	Fe > A 20 MPA Y POROSIDAD < 15% BAJA A MODERADA PROBABILIDAD CORROSIVA. Fe > A 20 MPA Y POROSIDAD > 15% MODERADA/ALTA PROBABILIDAD CORROSIVA. Fe < A 20 MPA MODERADA Y CON PRESENCIA CL O CO2 - MODERAD/ALTA PROBABILIDAD CORROSIVA. Fe < A 20 MPA MODERADA Y SIN PRESENCIA CL - Y SIN PRESENCIA DE CO2 - BAJA PROBABILIDAD CORROSIVA.	28 Mpa Y P=2.21%	BAJA POTENCIALIDAD CORROSIVA	EL CONCRETO DE LA ESTRUCTURA PCD1, PCD2, PCC1 Y PCC2 SE ENCUENTRA CON BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN. Y LA ESTRUCTURA PCT1 SE ENCUENTRA CON MODERAD-ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN	
	PCD2			23 Mpa Y P=1.04%	BAJA POTENCIALIDAD CORROSIVA		
	PCT1			18 Mpa Y P=2.22%	MODERADA - ALTA PROBABILIDAD CORROSIVA		
	PCC1			27 Mpa Y P=1.5%	BAJA POTENCIALIDAD CORROSIVA		
	PCC2			24 Mpa Y P=2.11%	BAJA POTENCIALIDAD CORROSIVA		
ABSORCIÓN CAPILAR	PCD1	DETERMINAR LA ABSORCIÓN CAPILAR Y LA POROSIDAD DEL CONCRETO	PARA AMBIENTES SEVEROS CON SORCIÓN CAPILAR $S \leq 3$ mm/h ^(1/2) (5.10 ⁻⁵ m/s ^(1/2)) BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD, $S \geq 3$ mm/h ^(1/2) (5.10 ⁻⁵ m/s ^(1/2)) MODERADA CALIDAD	S=0.0000353 m/s(1/2)	BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD	LA ESTRUCTURA SE ENCUENTRA CON BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD	
	PCD2			S=0.0000147 m/s(1/2)	BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD		
	PCT1			S=0.0000139 m/s(1/2)	BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD		
	PCC1			S=0.000028 m/s(1/2)	BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD		
	PCC2			S=0.0000153 m/s(1/2)	BUENA CALIDAD Y COMPACIDAD		
MEDICIÓN DE POTENCIALES	PCD1	MEDIR EL POTENCIAL DE LA ESTRUCTURA DEL CONCRETO MEDIANTE EL USO DE ELECTRODOS DE REFERENCIA.	> -200mv- BAJA PROBALIDAD DE CORROSIÓN. >-200<-350mv - 50% DE PROBALIDAD DE CORROSIÓN. >-350 mv -90% DE PROBALIDAD DE CORROSIÓN	50% PROBABILIDAD DE CORROSIÓN	EN TÉRMINOS GENRALES LA ESTRUCTURA DEL PUENTE SE ENCUENTRA CON VALORES DE BAJA PROBALIDAD DE CORROSIÓN	LA ESTRUCTURA PCD1, PCC1 Y PCC2 PRESENTA EL 50% DE PROBABILIDAD DE CORROSIÓN Y LA PCD2 Y PCT1 PRESENTAN BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN	
	PCD2			BAJA PROBALIDAD DE CORROSIÓN			
	PCT1			BAJA PROBALIDAD DE CORROSIÓN			
	PCC1			50% PROBABILIDAD DE CORROSIÓN			
	PCC2			50% PROBABILIDAD DE CORROSIÓN			
CLORUROS	PCD1	LA DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LOS CLORUROS, TOTALES Y LIBRES, PRESENTES EN LA MASA DE CONCRETO A DIFERENTES NIVELES DE PROFUNDIDAD.	SI %Cl ≥ 0.4 Y p > 10K ohms.cm MODERADA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN. SI %Cl ≥ 0.4 Y p < 10K ohms.cm ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN. SI %Cl < 0.4 BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN.	Cl=0.45 % p=7.1 K ohms.cm	ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN	LA ESTRUCTURA PCD1, PCC1 Y PCC2 PRESENTA ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN. LA ESTRUCTURA PCD2 Y PCT1 PRESENTAN BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN	
	PCD2			Cl=0.33 % p=13.5 K ohms.cm	BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN		
	PCT1			Cl=0.13 % p=6.06 K ohms.cm	BAJA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN		
	PCC1			Cl=0.85 % p=9.36 K ohms.cm	ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN		
	PCC2			Cl=0.44 % p=8.83 K ohms.cm	ALTA PROBABILIDAD DE CORROSIÓN		

IX.- ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN.

Procedimiento General de Reparación

En todos los sistemas y procedimientos de reparación se deben considerar tres aspectos fundamentales.

1. Desempeño Intrínseco del material o sistema de reparación
2. Tensiones en la interfase en la reparación nueva y la estructura antigua.
3. Interferencia de un equilibrio físico y químico de la estructura existente, principalmente en las proximidades de la región reparada.

En general, la reparación debe siempre ser efectuado, a través de un análisis cuidadoso de todas las disponibles de acuerdo a lo presentado en la figura IX.1.

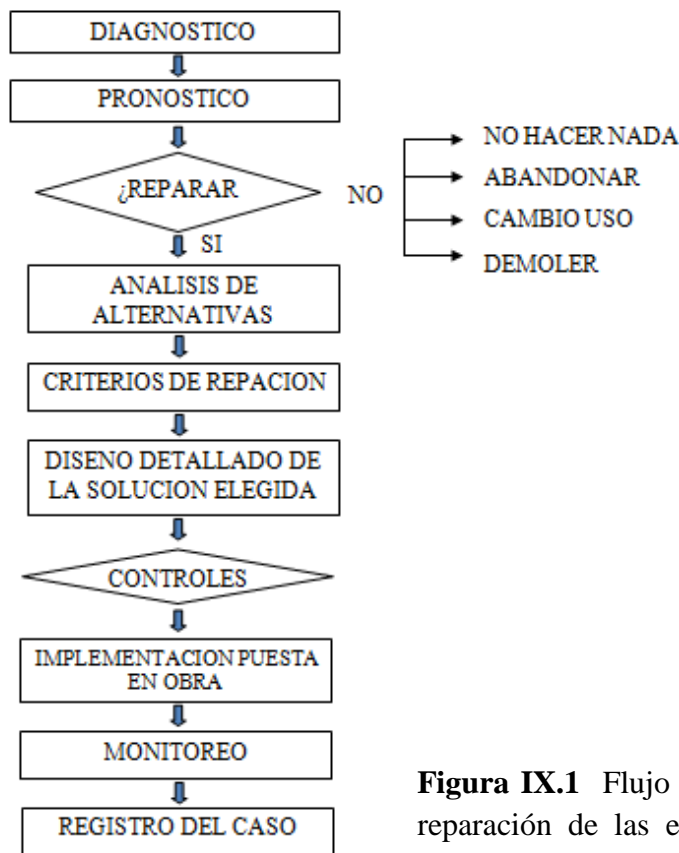


Figura IX.1 Flujo grama a seguir para la reparación de las estructuras de concreto armado.

Alternativas de Reparación.

Existen varios criterios para seleccionar la mejor alternativa de reparación/rehabilitación adecuadas a la características específicas de la estructura evaluada. El diagrama del flujo de la figura IX.2 presente aquellas que deben ser consideradas para obtener una mejor solución.

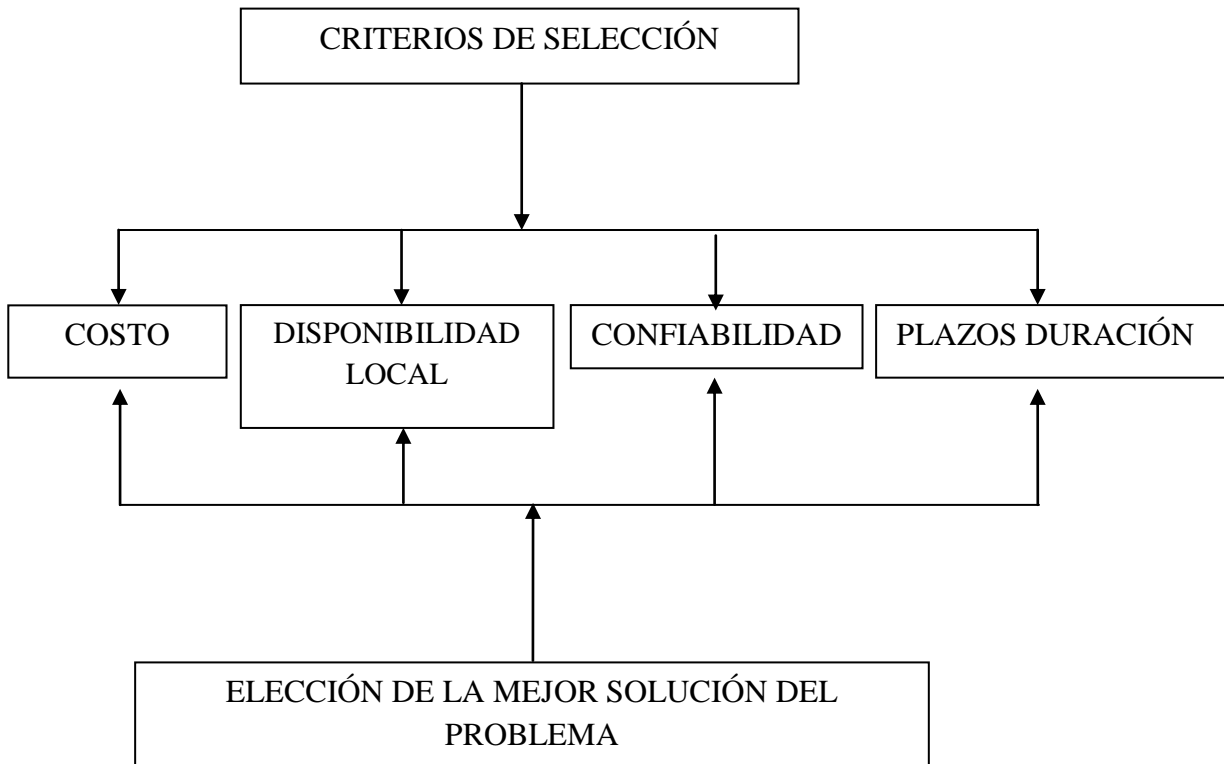


Figura IX.2 Criterios de Selección de la Alternativa más conveniente en una situación específica.

METODO DE PARCHEO EN LOSA GERBER Y REPARACIÓN DE JUNTA PARA EVITAR LA HUMEDAD.

OBJETIVO

Reparar la zona dañada de la losa-gerber que presenta el acero expuesto al intemperie marino y el concreto hidráulico deteriorado por el método de parcheo.

MATERIAL Y EQUIPO

- 1 Compresor con filtro de aire y manguera de alta presión a gasolina.
- 3 andamios de 4.50 mts de altura tubulares.
- 1 Cortadora de concreto con disco de diamante a gasolina.
- 1 cepillo de cerdas de acero
- 30.13 kg de adhesivo Pegacreto Epoxi pasta de dos componentes 100 % sólidos, libre de disolventes, para unir concreto viejo con nuevo.
- 6 saco de MasaRoca Rescate Estructural TG3 de 50 kg, Por su impermeabilidad y resistencia química puede usarse en ambientes salinos para la rehabilitación de construcciones a la orilla del mar.
- 0.293 m³ Grava
- 0.100 m³ Agua libre de cloruros

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

- Especificar y señalar exactamente las zonas a reparar, (mostrada en **Figura IX.3**)

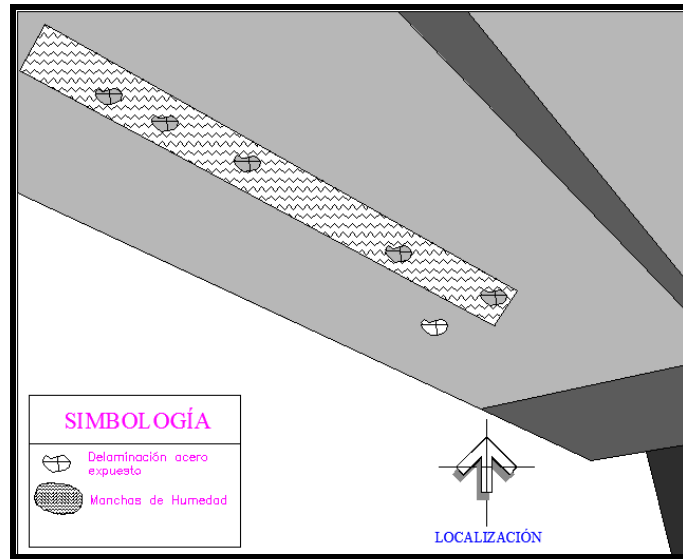


Figura IX.3 Losa- Gerber con manchas de humedad y acero expuesto al intemperie marino.

- Delimitar o marcar la zona a reparar (**Figura IX.4**)

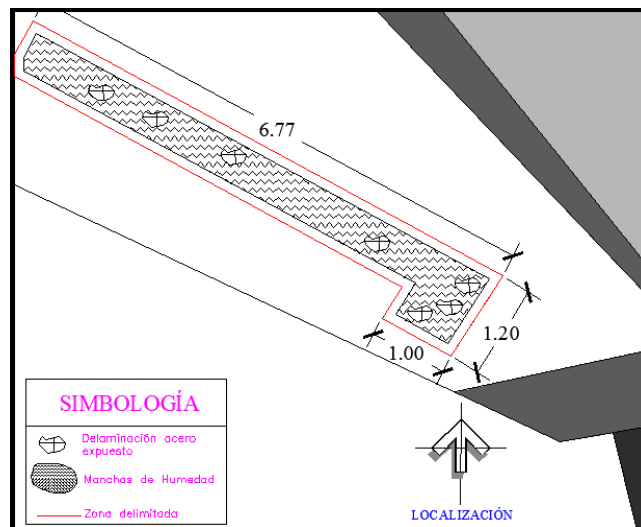


Figura IX.4 Zona delimitada de la Losa-Gerber del Puente El Cayaco.

- Demoler con equipo mecánico y manual el concreto dañado de la estructura del puente (mostrada en **Figura IX.4**).
 1. Primer paso.- con la cortadora de concreto con disco de diamante, cortar la zona delimitada o marcada sin dañar al acero de refuerzo de la estructura.
 2. Segundo paso.- Una vez terminado el 1er paso utilizar la técnica de repicado manual (cincel), en el interior de la zona delimitada hasta alcanzar un sustrato del concreto de buenas prestaciones mecánicas, para conseguir una unión satisfactoria entre el concreto antiguo y nuevo, o hasta descubrir completamente el acero en caso de estar expuesto.
- Se debe cepillar la superficie del acero hasta conseguir en todo el contorno un color metálico, denominado “metal blanco”, lo que implica la completa remoción de partículas sueltas o cualquier otro material inapropiado con cepillo de cerdas de acero (mostrada en **Figura IX.5**).

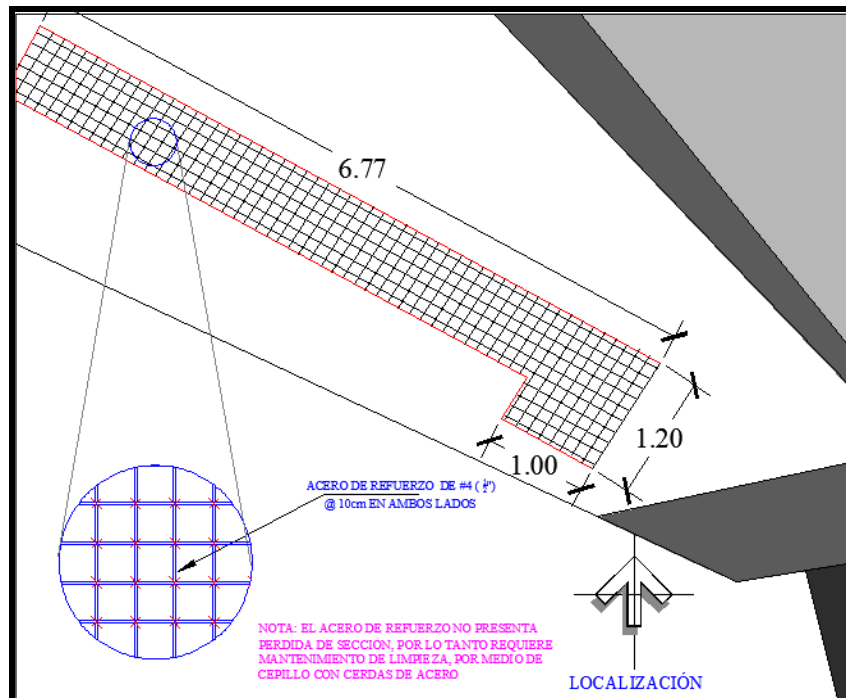


Figura IX.5. Zona de acero expuesto a cepillar hasta conseguir un color metálico o metal blanco.

- Limpiar la zona de reparación con chorro de aire a presión para la aplicación de los materiales ya que este es adecuado para zonas: húmedas secas en concreto y acero.
- Utilizar 6 sacos de 50 kg Masa Roca Rescate Estructural TG3 (resistente a los sulfatos), 100 lts de agua libre de cloruros y 0.293 m^3 de grava, (mostrada en **Figura IX.6.**). La mezcla se realizará en revolvedora. Una vez mezclado debe dejarse reposar la mezcla durante 1 minuto antes de aplicarla. La colocación se hará manual con llana y se utilizará guantes de goma y gafas durante su aplicación.

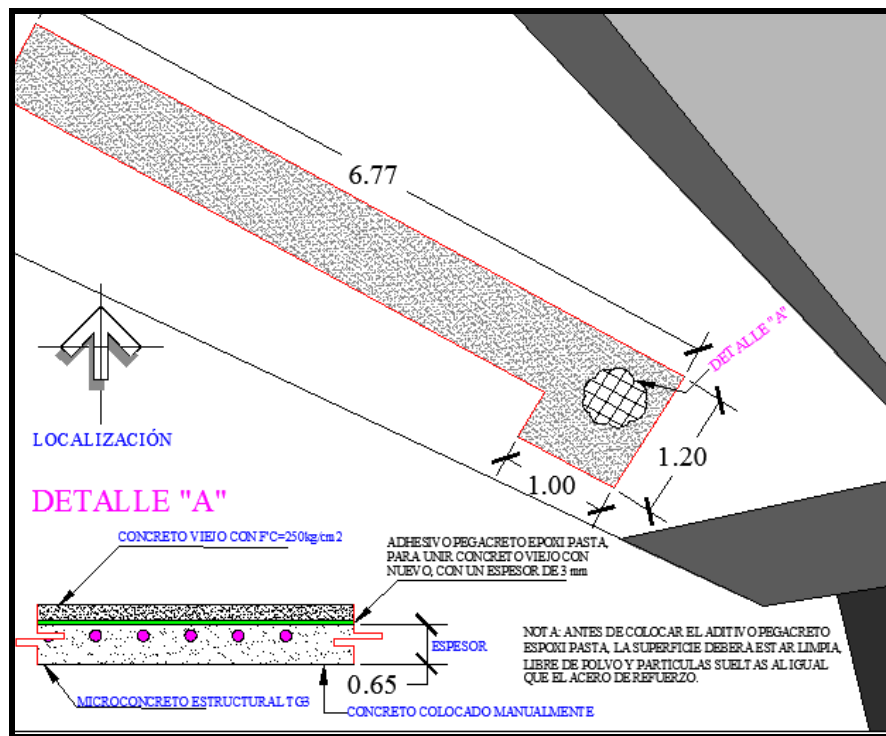


Figura IX.6. Zona delimitada para la colocación de adhesivo y microconcreto.

- Realizar un proceso de curado, rociando agua constantemente durante los 3 días posteriores a la aplicación del producto humedeciendo regularmente la superficie reparada.

PRESUPUESTO DE REPARACIÓN POR MÉTODO DE PARCHEO EN LOSA-GERBER DEL PUENTE EL CAYACO

CATALOGO DE CONCEPTOS						
Clave	Descripción	U	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja:		\$ 26,096.30
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN
				CON LETRA	CON NÚMERO	PESOS
1.1	Demolición de concreto armado de 250kg/cm ² sin perjuicio del acero, de área afectada por desprendimientos del concreto, de 5.38 m ² de área y 6.5 cm de espesor en el lado inferior de la losa-gerber con equipo mecánico y manual con acabado final del corte en ángulos rectangulares aproximados a 90° Incluye, Mano de obra, Herramienta menor, Andamios, Acarreo del producto de demolición hasta 1er km y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	m ³	0.35	DOS MIL DOSCIENTOS NOVENTA PESOS 3/100 M.N.	\$ 2,290.03	\$ 801.51
1.2	Limpieza del acero mediante chorro de aire comprimido a presión para llegar a una superficie libre de polvo y partículas de óxido en Losa-Gerber. Incluye: Mano de obra, compresor de aire comprimido a gasolina, accesorios, limpieza Herramienta menor y todo lo necesario para su correcta ejecución de los trabajos.	m ²	5.38	UN MIL SETECIENTOS SESENTA Y SIETE PESOS 10/100 M.N.	\$ 1,767.10	\$ 9,507.00
1.3	Suministro y aplicación del adhesivo epóxico- pasta que funciona como imprimante y puente de adherencia de 2 componentes, libre de solventes y que garantiza una adherencia entre concreto viejo y nuevo, con una adherencia mayor a 22 MPa (220 kg/cm ²), con un consumo aproximado de 1.8 a 5.6 kg/cm ² tipo PEGACRETO EPOXI PASTA de la marca Curacreto. Incluye: Material, Mano de Obra, Andamio, Accesorios y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	5.38	UN MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO PESOS 98/100 M.N.	\$ 1,248.98	\$ 6,719.51
1.4	Colocación de Micro concreto estructural TG3 (resistente a los Sulfatos), hecho en obra con revolvedora para Losa-Gerber, con agregado grueso 3/4" y agua libre de cloruros. INCLUYE: Mano de Obra, Herramienta menor, curado y limpieza del área.	m ³	0.35	VEINTI CINCO MIL NOVECIENTOS NUEVE PESOS 36/100 M.N.	\$ 25,909.36	\$ 9,068.28
(VEINTI SEIS MIL NOVENTA Y SEIS PESOS 30/100 MN)				IMPORTE	\$ 26,096.30	

Nota: estos precios incluyen, Utilidad de 5%, Costo Indirecto 20% y Gasto por Vigilancia del 5 al millar.

PROGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA EN 6 DIAS NATURALES

Clave	Descripción	U	Cantidad	SEMANA 1							
				1	2	3	4	5	6	7	
1.1	Demolición de concreto armado de 250kg/cm ² sin perjuicio del acero, de área afectada por desprendimientos del concreto, de 5.38 m ² de área y 6.5 cm de espesor en el lado inferior de la losa-geber con equipo mecánico y manual con acabado final del corte en ángulos rectangulares aproximados a 90° Incluye: Mano de obra, Herramienta menor, Andamios, Acarreo del producto de demolición hasta 1er km y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	m ³	0.35								
1.2	Limpieza del acero mediante chorro de aire comprimido a presión para llegar a una superficie libre de polvo y partículas de óxido en Losa-Gerber, Incluye: Mano de obra, compresor de aire comprimido a gasolina, accesorios, limpieza Herramienta menor y todo lo necesario para su correcta ejecución de los trabajos.	m ²	5.38								
1.3	Suministro y aplicación del adhesivo epóxico- pasta que funciona como imprimante y puente de adherencia de 2 componentes, libre de solventes y que garantiza una adherencia entre concreto viejo y nuevo, con una adherencia mayor a 22 MPa (220 kg/cm ²), con un consumo aproximado de 1.8 a 5.6 kg/cm ² tipo PEGACRETO EPOXI PASTA de la marca Curacreto. Incluye: Material, Mano de Obra, Andamio, Accesorios y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	5.38								
1.4	Colocación de Micro concreto estructural TG3 (resistente a los Sulfatos), hecho en obra con revolvedora para Losa-Gerber, con agregado grueso 3/4" y agua libre de cloruros. INCLUYE: Mano de Obra, Herramienta menor, curado y limpieza del área.	m ³	0.35								

COLOCACIÓN DE JUNTA PARA EVITAR LA HUMEDAD.

Objetivo.

Colocar junta donde presentan manchas de humedad para evitar daños al concreto armado de la estructura.

Material

- Compactador de placa vibratoria a gasolina
- Sikaflex- Road 1c SL sellador elástico de alto desempeño, de un solo componente, con base en poliuretano, para el sello de juntas estructurales con fuertes movimientos.
- SikaRod respaldo para juntas de polietileno de baja densidad.
- Cepillo de con cerdas de alambre.
- 1 Compresor con filtro de aire y manguera de alta presión a gasolina.

Procedimientos

Especificar y señalar exactamente las zonas con humedad. (Mostrada en la **Figura IX.7**)

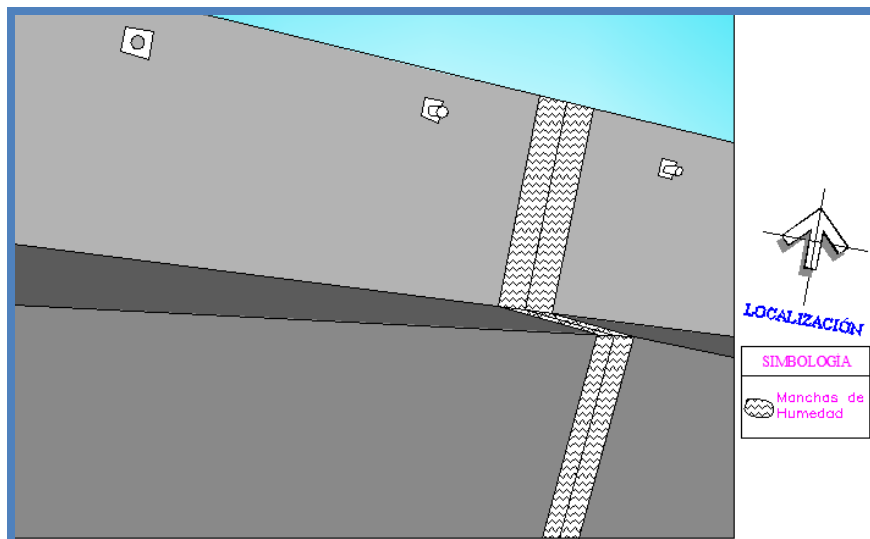


Figura IX.7 Zona delimitada por manchas de humedad.

Demoler con equipo mecánico y manual el concreto asfáltico, para colocar el cordón de cordón de Espuma de Polietileno SikaRod y el sellador Sika flex Road 1c SL de la estructura del puente en el Eje 1 y 2, tramo 2-3, (mostrada en **Figura IX.8**).

1. Primer paso.- con la cortadora de concreto asfáltico, cortar la zona delimitada o marcada sin dañar la losa del puente El Cayaco.
2. Segundo paso.- Una vez terminado el 1er paso utilizar la técnica de repicado manual, en el interior de la zona delimitada hasta alcanzar perfectamente la zona donde están ubicadas las juntas entre losas.

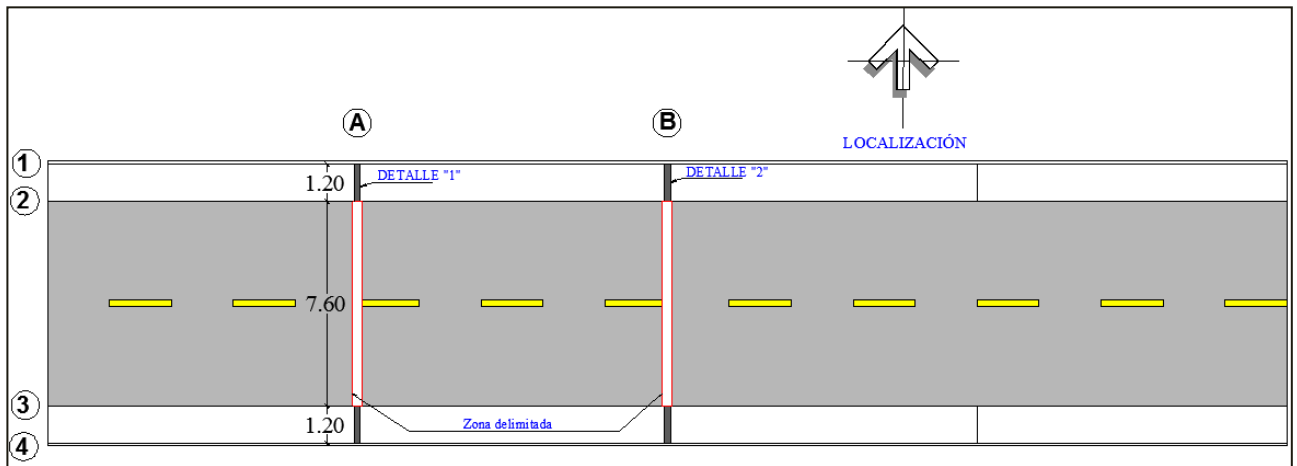


Figura IX.8 Area delimitada para demolición de concreto asfáltico.

- Limpiar la zona con cepillo de cerdas de acero, hasta dejar la zona libre de manchas de humedad y óxido y enseguida limpiar la zona con chorro de aire a presión para eliminar polvo y residuos.
- El Sellador se colocará con Sikaflex- Road 1c SL, entre las juntas por la parte superior de la losa del Puente El Cayaco, en los Ejes A y B, Tramo 1-4 como se muestra en la **Figura IX.9** y el Detalle 1, 2 y el CORTE LONGITUDINAL a-a'.

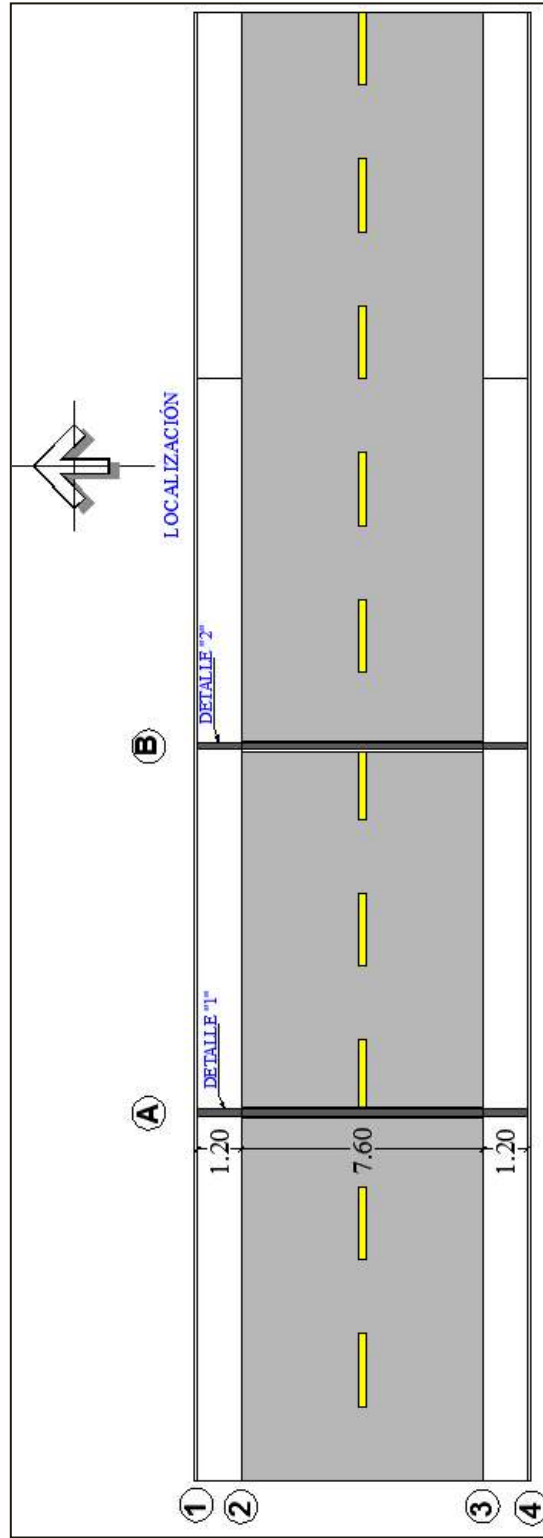
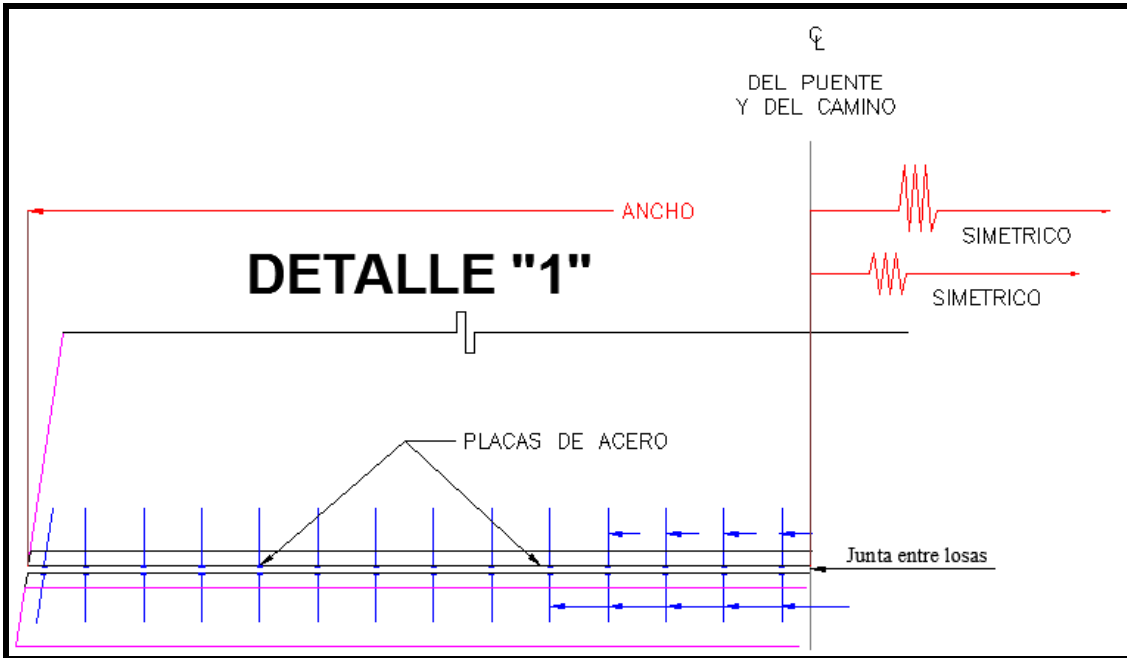
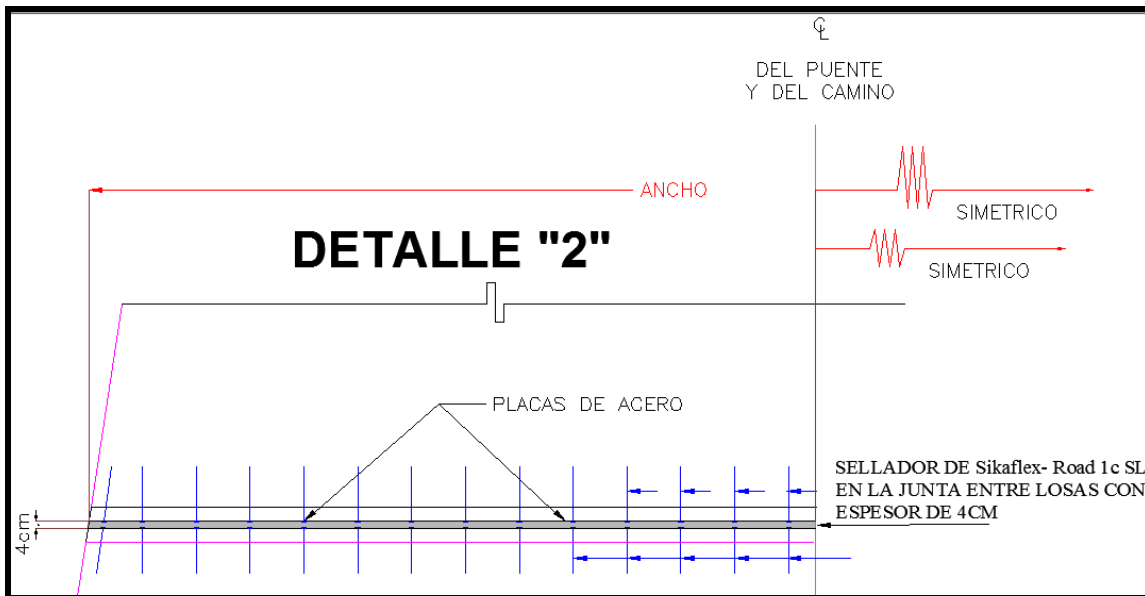


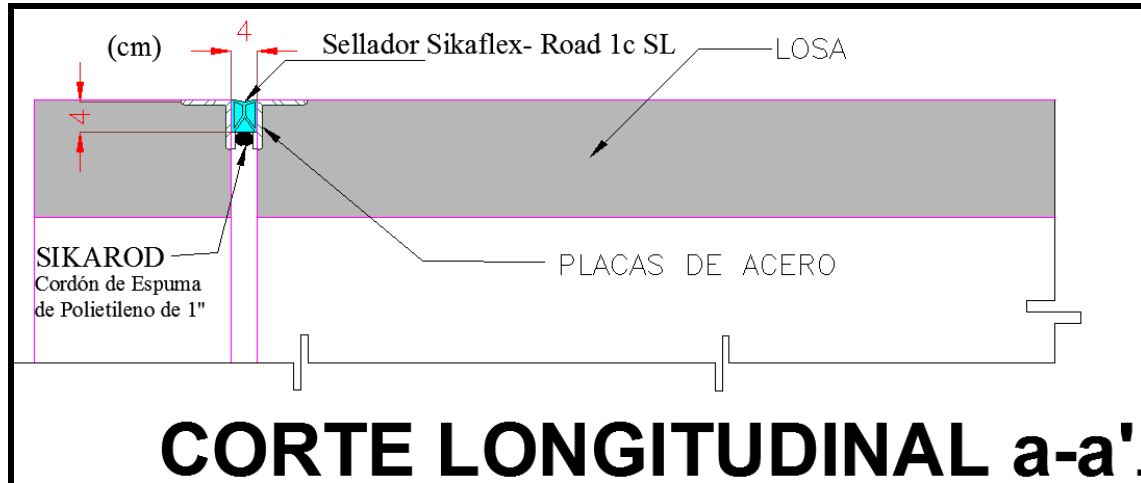
FIGURA IX.9 Zona para colocar sellador en las juntas entre losas.



Detalle 1.- Muestra la junta entre losas.



Detalle 2.- Muestra donde se colocará el sellador Sikaflex- Road 1c SL



Corte Longitudinal a-a' Muestra en perfil la colocación del Cordón de Espuma de polietileno de 1" y el sellador Sikaflex- Road 1c SL

- Una vez colocado el sellador en las juntas entre losas, colocar el concreto asfáltico y será compactado al 95% con compactador de placa vibratoria.

PRESUPUESTO DE COLOCACIÓN DE SIKAFLEX Road 1c SL ENTRE LOSAS.

CATÁLOGO DE CONCEPTOS						
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Importe Acumulado de la Hoja :		\$ 10,902.99
				PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN
				CON LETRA	CON NÚMERO	PESOS
1.1	Demolición de concreto asfáltico sin perjuicio de la losa superior. de área afectada por presentar manchas de humedad en las juntas entre losa, de 0.23m ² área y 0.05 cm de espesor, con equipo mecánico y manual con acabado final del corte en ángulos rectangulares aproximados a 90° Incluye, Mano de obra, Herramienta menor, Acarreo del producto de demolición hasta 1er km y todo lo necesario para su correcto funcionamiento	m ³	0.03	DOS MIL CATORCE PESOS 26/100 M.N.	\$ 2,014.26	\$ 60.43
1.2	Colocación de cordón de junta de espuma de polietileno de baja densidad marca Sika Rod y Sellador elástico de poliuretano-asfalto, autonivelante y mono componente de alto de desempeño, para sellar juntas en pavimentos de concreto hidráulico del puente. Incluye: Mano de Obra, Limpieza de juntas, Herramienta menor y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.	m	20.00	QUINIENTOS TREINTA Y NUEVE 45/100 M.N.	\$ 539.45	\$ 10,789.00
1.3	Colocación de concreto asfáltico superficial con mezcla en caliente compactada al 95%, Incluye: Mano de obra, Equipo, Herramienta menor y todo lo necesario para su correcto funcionamiento.	m ³	0.03	MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CINCO 32/100 M.N.	\$ 1,785.32	\$ 53.56

(DIEZ MIL NOVECIENTOS DOS PESOS 99/100 MN)

Total del Importe \$ 10,902.99

Nota: estos precios incluyen, Costo Indirecto 20%.

- La colocación del sellador para evitar humedad se colocará en un solo día. Debe considerarse que el tope de agua (SikaRod) deberá tener una pendiente tal que permita que en caso de que la junta se despegue por la aplicación de cargas cíclicas, el agua no se estanque, sino que corra hacia afuera de la junta, lo que evitará daños futuros.

X.DISCUSIONES

Se realizó prueba de Resistividad Eléctrica donde se observó que PCD1, PCT1, PCC1 Y PCC2 están por debajo de 10K ohm cm, lo ubica en alto riesgo de corrosión esto es debido a que el concreto no se opone y permite el flujo o la conducción de una corriente eléctrica lo cual dice que es un buen conductor para los agentes agresivos, siempre que el concreto permanezca húmedo. Mientras que PCD2 está por encima 10 K ohm cm, lo ubica en riesgo moderado de corrosión ya que opone más resistencia para el ingreso de los agentes agresivos, en la Gráfica VII.2 observar cómo se ubica cada sección.

En los resultados obtenidos por concentración de Cl% se tomó en cuenta el recubrimiento mínimo de 4.2 cm de las 5 zonas del Puente El Cayaco, para hacer extracción de polvo a 2cm y 4cm y haciendo comparativa con la Gráfica VII.2 de Resistividad eléctrica, que a la profundidad 0cm (superficie) en PCC1 la concentración de Cl (%) es de 0.85 (% respecto al concreto), en la profundidad de 2cm 0.39 (% respecto al concreto) y en la profundidad de 4cm es 0.18 (% respecto al concreto). Los porcentajes obtenidos en la profundidad de 2 y 4 cm no afectan al acero de refuerzo porque aún no rebasan el límite permisible de 0.40(% respecto al concreto) de concentración de cloruros No obstante que el valor más crítico de 0.85 (% respecto al concreto) de concentración de cloruros, rebasa el límite permisible de concentración de cloruros de 0.40% y que la PCC1 tiene una resistividad eléctrica <10 K ohm cm, y que la RED DURAR ubica a la PCC1 en alta probabilidad de corrosión, la recomendación es que debe seguir monitoreándose esta estructura porque a la profundidad de la varilla, los cloruros todavía no alcanzan el valor umbral, pero ya se encuentran en un valor cercano a él. La extracción de cloruros, aunque posible técnicamente, aún es una tecnología muy cara y además esto se tendría que realizar periódicamente ya que el Cayaco se encuentra cerca al mar.

Lo mismo sucede en la zona de PCD1 y PCC2, ya que aunque ambos rebasan el límite 0.40% de concentración de cloruros en la superficie, y ambos tienen < 10 K ohm cm en Resistividad eléctrica, la recomendación es que debe seguir monitoreándose estas estructuras porque a la profundidad de la varilla, los cloruros todavía no alcanzan el valor umbral, pero ya se encuentran en un valor cercano a él.

La PCT1 y el PCD2 están por debajo del límite 0.40 (%) de concentración de cloruros, Esto se debe probablemente a que los vientos dominantes no llegan directamente a estas zonas del puente, por lo cual no sufren el mismo ataque que PCD1, PCC1 y PCC2 que están expuestos directamente a los vientos dominantes.

En la prueba de pulso ultrasónico que muestra la Gráfica VII. 3 de acuerdo a los criterios de evaluación de pulso ultrasónico, las zonas analizadas se localizan en alta calidad del concreto, lo cual son resultados favorables para la estructura del Puente El Cayaco Sin embargo, puede deducirse que debido a la antigüedad del Puente, éste no fue diseñado con criterios de durabilidad, por lo que su vida útil ya terminó al requerir reparaciones.

En los ensayos de Esclerometría se tuvo como resultado la verificación de que el concreto es muy heterogéneo ya que el índice de Esclerometría estuvo entre 21 y 53 en todas las muestras. En la Gráfica VII.3 se muestra que todos los datos en la PCC1 el índice esclerométrico fue mayor a 30 y este dato es equivalente a un $f'c$ de diseño que es $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, cumpliendo aparentemente con la resistencia de diseño. En la Gráfica VIII.3 se observa que el 63.33% de los datos de PCT1 obtenidos en campo están por debajo del índice esclerométrico de 30, por lo tanto aparentemente no cumple con la resistencia de diseño $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, sin embargo las zonas de PCD1, PCD2 y PCC2 se observa en la Gráfica VIII.3 que la mayoría de los datos obtenidos en campo, superan el índice esclerométrico permisible de 30, por lo cual cumple aparentemente con la resistencia $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ con que fue diseñado.

De acuerdo a la Gráfica VII.10 el recubrimiento del concreto es mayor al espesor de carbonatación por lo que el mecanismo principal de corrosión de este puente no es la carbonatación debido a que no está ubicado en zona urbana o industrial. El espesor de carbonatación que existe es debido al tráfico vehicular que ha transitado durante todos estos años debido al dióxido de carbono (CO_2) que liberan los vehículos y camiones pesados.

En la prueba de resistencia a la compresión se tomó 1 testigo de cada sección: PCD1, PCD2, PCT1, PCC1 Y PCC2, del Puente El Cayaco, se realizaron pruebas destructivas a la compresión simple en laboratorio y se valoró la calidad del concreto. Los resultados en PCD1, PCD2, PCC1 Y PCC2 son $> 20\text{MPa}$ lo que define un concreto de calidad y debido a que el % de porosidad es menor al 2.5% se ubica en baja probabilidad de corrosión, pero por estar en ambiente marino severo la RED DURAR lo ubica en moderada probabilidad de corrosión. La sección PCT1 es $<20 \text{ MPa}$ y está en ambiente marino severo la RED DURAR lo ubica en Moderada alta probabilidad.

En la prueba de absorción capilar y de acuerdo a la metodología de Fagerlund los resultados obtenidos en las 5 secciones analizadas, como se muestra en la gráfica VIII.8 presentaron buena calidad y compacidad en el concreto, lo cual implica que son buenos

resultados porque la absorción es una de las propiedades más importantes de sus porque implica una mayor resistencia a la penetración de los agentes agresivos externos, lo que le confiere una buena protección al acero de refuerzo.

En la prueba de medición de potenciales como se muestra en la gráfica VIII.10 se observa que PCD1 se encuentra con el 70.88% de baja probabilidad de corrosión, 29.10% con 50% de probabilidad de corrosión y con 0.02% con 90% de probabilidad de corrosión, PCD2 cuenta con 98.80% de baja probabilidad de corrosión y con 1.20 % con 50% de probabilidad de corrosión, PCT1 cuenta con el 82.74% de baja probabilidad de corrosión y con 17.26% con 50% de probabilidad de corrosión, PCC1 cuenta con el 93.54% de baja probabilidad de corrosión y con 6.46% con 50% de probabilidad de corrosión, PCC2 cuenta con el 74.60% de baja probabilidad de corrosión y con 25.40% con 50% de probabilidad de corrosión. Estas secciones analizadas solo requieren constante monitoreo porque se encuentra en el umbral del inicio de la corrosión.

Una de las losas-gerber se inspeccionó al detalle y se observó que existe acero expuesto al ambiente marino, y por lo tanto se planteó un método de reparación por parcheo detalladamente, para prolongar la vida remanente del Puente El Cayaco.

XI. CONCLUSIONES

Como conclusión se puede mencionar que existieron varios factores o causas que provocaron el deterioro de la estructura y a consecuencia de este problema se inició el proceso de corrosión en el acero, debido al ambiente marino a que está sometido la estructura, de acuerdo a estas características que provocan o desencadenan el deterioro de la estructura fue necesario analizar y realizar pruebas destructivas y no destructivas, debido a que fue construido en 1975 y es un puente que es transitado diariamente y no cuenta con monitoreo.

Las técnicas mecánicas, químicas y electroquímicas realizadas en campo y laboratorio aportaron información confiable que permitió tomar medidas adecuadas para la rehabilitación de la estructura de concreto armado del puente El Cayaco.

Se efectuaron las mediciones y análisis requeridos, toma de testigos y las pruebas, para la obtención de información suficiente para así definir los daños de corrosión involucrados, y las causas de los problemas detectados.

Considerando los datos obtenidos de las pruebas destructivas y no destructivas y utilizando los criterios de la Red Durar se obtuvo como resultado que se debe continuar monitoreando el Puente pues se encuentra en el umbral del inicio de la corrosión, lo cual llevaría al deterioro generalizado del mismo.

Se deben rehabilitar las secciones especificadas para detener el deterioro del Puente, sin embargo es importante no ignorar este problema de corrosión y tomar en cuenta que la estructura del Puente El Cayaco necesita monitoreo periódico y mantenimiento para alargar su vida y seguir ofreciendo su servicio como medio de comunicación vial.

Se recomienda se haga un programa de evaluación, reparación o reconstrucción de juntas, como una necesidad en la preservación de las estructuras de los puentes y para dar un mejor confort y seguridad a los usuarios.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. ESTUDIOS DE CORROSION EN PUENTES DE CONCRETO PRE-ESFORZADO, Francisco Javier Carrión Viramontes, Jaime Hernández Rivera, Miguel Antonio Acosta Esqueda, Publicación Técnica No. 122 Sanfandila, Qro, 1999
2. “Base de Datos de los puentes en Michoacán” Archivo SCT, Dirección de Conservación de puentes Zona Lázaro Cárdenas, Michoacán. Campamento la Orilla Km 111+000 Carretera Lázaro Cárdenas Edificio SCT. México 2010.
3. Tronconis, de Rincón Oladys, Romero, de Carruyo Aleida, Andrade Carmen, Helene, Paulo. Et al, “Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado”. CYTED, programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Tercera Edición. Agosto 2002
4. Torres Acosta Andrés Antonio, Ramírez Rentarías Augusto Jorge, Martínez Madrid Miguel. “Estudio de la corrosión en barras de acero inoxidable en concreto contaminado por cloruros cuando se le aplican esfuerzos residuales”. Publicación Técnica No. 287 2006. ISSN 0188.7297. Páginas: 1-4. IMT de la SCT. Sanfandila, Querétaro, México 2006.
5. Bermúdez Odriozola. M. A. Tesis Doctoral “Corrosión de las Armaduras del Hormigón Armado en Ambiente marino: Zona de Carrera de Mareas y Zona Sumergida”. Universidad Politécnica de Madrid. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. Págs. 20. Madrid España. 2007.
6. Red iberoamericana XV.B. “DURAR” (Durabilidad de la Armadura) “Manual de inspección, evaluación y diagnóstico en estructuras de hormigón armado”. Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. Tercera edición, agosto de 2000. ISBN 980-296-541-3. Brasil.
7. Carmona Leal. N. Tesis Profesional “Influencia de la Acción del medio ambiente en la durabilidad del concreto, en un atmósfera urbana, caso Morelia, Michoacán”. Facultad de Ingeniería Civil. U.M.S.N.H. Págs. 13-25. Michoacán México. 2008.
8. O’ Reily, V.A.: “Métodos para Dosificar Mezclas de Hormigón”. Editorial Científico - Técnico. Cuba. 1994
9. Medina Olvera. S. Tesis Profesional “Análisis electroquímico de geopolímeros tipo inorgánico - orgánico utilizados como recubrimientos para disminuir la corrosión

- en estructuras de concreto de resistencia media, reforzado con varillas de acero”. Facultad de Ingeniería Civil. U.M.S.N.H. Págs. 23-25. Michoacán México. 2009.
10. López W., González, J.A., Andrade, C: “ Influence of Temperature on the service Life of Rebars”. Cement and concrete Research. Vol. 23-1993.
 11. Carlos Pasindo Gómez. “LEVANTAMIENTO DE DAÑOS POR CORROSIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA BANDA “B” DEL PUERTO DE MANZANILLO”. Facultad de Ingeniería Civil. U.M.S.N.H. Michoacán México Noviembre 2007.
 12. Fontana, M.G. “CORROSION ENGINEERING” Third Edition, Mc Graw Hill Publishing Company, Chapter three 1986.
 13. Brito, E. Tesis De Maestría “Durabilidad de Estructuras Existentes de Concreto Reforzado, Obtención de su Metodología de Evaluación, y Anteproyecto de la Normativa, Correspondiente Para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes SCT”, Facultad de Ingeniería Civil, UMSNH, Michoacán, México. 2007.
 14. Google Earth. 19 de Julio del 2012.
 15. Administración Portuaria Integral de Lázaro Cárdenas (APILAC) S. A. de C. V. “Reporte Anual de Condiciones Meteorológicas” www.puertolazarocardenas.com.mx. 25 de Julio del 2011.
 16. Base de Datos de los puentes en Michoacán” Archivo SCT, Dirección de Conservación de puentes Zona Lázaro Cárdenas, Michoacán. Campamento la Orilla Km 111+000 Carretera Lázaro Cárdenas Edificio SCT. México 2010.
 17. Ing. Benito Méndez Miranda. Tesis De Maestría “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD DE LOS MATERIALES DEL PUENTE EL CAYACO EN MICHOACÁN, MÉXICO.” Facultad de Ingeniería Civil. U.M.S.N.H. Págs. 58. Michoacán México
 18. ASTM. American Standard Testing Materials. “Estandard Test Method Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concrete. Designation C-1585-04. Cleveland, OH.
 19. Genésca Llongueras Joan, Mariaca Rodriguez Liboria, Uruchurtu Chavarin Jorge, Salvador Hernandez Luis. “CORROSIVIDAD ATMOSFÉRICA”. MICAT-MÉXICO. Plaza y Valdez Editores. ISBN 968-856-707-8. México. 1999

20. <http://smn.cna.gob.mx/emas/graf/MC32hrel.gif>. 16 de Agosto del 2011
21. Denny A. Jones, “Principles & Prevention of Corrosion“, 2nd Ed., Prentice Hall, New Jersey, USA. 1996
22. Paulo Helene, Fernanda Pereira “Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón” Reparación, Refuerzo y protección CYTED Sao Paola Septiembre de 2003