



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA
OPCIÓN TERMINAL EN
CONSTRUCCIÓN**

**MÉTODO ESTADÍSTICO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL
CONCRETO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

WOLSTANO VERNET LÓPEZ

ASESOR:

**MTRO. RAUL DAVID GONZÁLEZ
PADILLA**

PUEBLA, PUE.

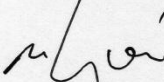
JUNIO 2014

M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e

El suscrito M.I. Raúl David González Padilla, asesor del Tema de Tesis denominado **"Método estadístico para evaluar la calidad del concreto"** que presenta la C. Ing. Wolstano Vernet López, egresado de la Maestría en Ingeniería en Construcción, le informo que después de haber revisado la **tesis** correspondiente, no existe inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma, cumpliendo con el formato establecido en el reglamento de titulación de la Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, por lo que se extiende la presente para los fines que convengan al interesado.

A T E N T A M E N T E

Puebla, Pue. a 24 de junio de 2014



M.I. Raúl David González Padilla
Asesor de Tesis

ccp Mesa de Exámenes Profesionales
ccp Interesado
ccp Archivo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Wolstano Vernet Hernández y Ma. Del Refugio López de Vernet (Q.E.P.D.), por haberme inculcado los buenos principios y orientado hacia la superación personal.

A mis hermanas, Myrna y Marisa con quienes comparto mis logros y siempre están cerca.

A mis hijos Yafet Isaí y Viridiana, a quienes siempre he amado desde su concepción y por quienes siempre estaré trabajando para sembrar en ellos los buenos principios y el conocimiento.

A mi esposa Lourdes Verónica Callejas Vázquez porque en todo momento me brindó su apoyo incondicionalmente y es mi soporte de inspiración. Gracias también por compartir conmigo bellos momentos.

A mis amigos por su agradable compañía y buenos deseos:

Al Ing. Rafael Callejas Aguilar (con sentimiento especial), por su apoyo y aportaciones.

A mis profesores por haberme transmitido sus conocimientos y por sus sabios consejos.

A mi Universidad, orgullosamente BUAP fuente del conocimiento e inspiración para la superación profesional, gracias por darme la oportunidad de pertenecer a su comunidad.

ÍNDICE

	Pág.
Introducción -----	5
Protocolo de Investigación	
Planteamiento del problema -----	6
Justificación -----	7
Objetivos -----	8
Hipótesis -----	9
Variables	
Capítulo I.- Marco de Referencia -----	10
I.1.- Marco Histórico	
I.1.2.- Macrolocalización	
II.1.3.- Microlocalización	
I.2.- Marco Teórico -----	16
I.2.1.- Especificaciones -----	20
I.2.2.- Resistencia del concreto -----	22
I.2.3.- Métodos de prueba -----	24
I.2.4.- Análisis estadístico -----	26
Capítulo II.- Marco Metodológico -----	33
II.1.- Normas de control	
II.2.- Criterios -----	34
III.3.- Procedimiento -----	35
II.3.1.- Aplicación del método de la Desviación Estandar -----	36
II.3.2.- Análisis de resultados en formato “hoja de cálculo” -----	42
II.3.3.- Resumen de resultados estadísticos -----	72
Conclusiones -----	74
Recomendaciones -----	75
Anexo -----	77
Bibliografía -----	78

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se refiere a la obra denominada “Construcción del Paseo de la Barranca, con Ciclo-pista, Pista para trotar, Plataformas de ejercicio al Aire Libre y Alumbrado”. Ubicada en el Municipio de Zacatlán, del estado de Puebla. El proyecto tiene la finalidad de rehabilitar y modernizar el paseo de la barranca, ya que es una arteria principal del municipio asentada al pie del cañón conocido como “*la barranca de los jilgueros*” en donde la pavimentación anterior a base de concreto asfáltico se sustituye por concreto hidráulico estampado (en una longitud de 960 m.), y se proyectan 4 terrazas con cafetería, gimnasios al aire libre así como una ciclo-pista y pista de tartán. Se calculó una inversión aproximada de 73 mdp derivados del presupuesto de egresos de la federación. Una obra para beneficio de los habitantes de esta región así como también para el sector turístico. Ante esta situación con el conocimiento de las técnicas estadísticas fue posible evaluar la uniformidad de las mezclas de concreto que se fabricaron “in situ” y así asegurar un producto de mejor calidad.

En virtud de que el concreto es una masa endurecida de materiales heterogéneos que está sujeto a la influencia de numerosas variables, las características de cada uno de los componentes del concreto pueden producir variaciones que dependen de su uniformidad. La resistencias especificadas para este proyecto varían según el tipo de elemento estructural, es decir que para plantillas de cimentación se utilizaron concretos de una resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, para banquetas, guarniciones, castillos y dalas de desplante un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ y para elementos de grado estructural tales como zapatas, pilotes, muros de contención, trabes y losas un $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Dada la importancia de este proyecto nace la inquietud de analizar toda una serie de especímenes de concreto de grado estructural que fueron muestreados en obra y ensayados en laboratorio durante el desarrollo de la misma y así dejar asentado que mediante un análisis estadístico de los resultados es posible elaborar especificaciones racionales para controlar la calidad del concreto y poder mejorar las construcciones y hacerlas más económicas.

Planteamiento del problema.

La fabricación del concreto empleado en la obra denominada “Paseos de la Barranca”, en el municipio de Zacatlán, Puebla no fue dosificado y mezclado en planta, se elaboró en la obra y como tal la calidad de éste depende de muchos factores como son: el clima, los materiales (propiedades físico-químicas y mecánicas), la dosificación de los agregados y su homogeneización, la relación agua-cemento, el traslado de la mezcla, el vaciado, el vibrado, el compactado y el curado entre otros factores más. Todas estas condiciones que influyen en las variaciones de resistencia del concreto son controlables en el laboratorio desde su fabricación hasta el ensaye a la compresión, sin embargo no es así en campo, cuando el concreto se fabrica “in situ” debido al error humano en lo que se refiere a la dosificación de la mezcla del concreto por volúmenes aparentes y al deficiente control del contenido de agua en los agregados pétreos así como la falta de supervisión técnica por parte del usuario para asegurar que el proceso de fabricación, transportación, vaciado, vibrado, compactado y curado sean los adecuados. Esto nos obliga a emplear métodos de diseño de mezclas en donde se contemplen ciertos márgenes de seguridad para obtener las resistencias y la durabilidad que se requiere en los proyectos. Para esto es necesario hacer una evaluación estadística observando las indicaciones de la Norma Mexicana NMX-C-155- ONNCCE-2004, la Norma Americana ACI 214R-11 y el manual M.CAL.1.02 y -03 S.C.T. en donde por medio del análisis de cierto universo de muestras ensayadas a compresión simple y que son representativas del concreto que se emplea en la obra nos genera resultados confiables para conocer la resistencia de proyecto que debe considerarse en los diseños de la mezcla del concreto y la resistencia requerida a partir de una dosificación optima de sus agregados en peso o en volumen. De esta forma al comparar el $f'c$ de proyecto contra el $f'c$ requerido se puede manejar un porcentaje de seguridad en la dosificación de la mezcla del concreto ya que la adición de los materiales pétreos, así como del agua se realiza por medio de volúmenes aparentes utilizando botes de 19 l. durante los acarreos y el vaciado de los mismos. La intención es controlar

la calidad de "mano de obra" para la elaboración de las mezclas de concreto in situ aumentando su margen de eficiencia.

Finalmente, se cierra este apartado con las siguientes preguntas: ¿La calidad en el muestreo, transportación, curado y ensaye de los especímenes de prueba, significa que es representativa de los concretos colados en la obra? ¿El buen control de calidad en las mezclas de concreto elaboradas en la obra nos lo da el porcentaje obtenido de los coeficientes de variación o de las desviaciones estándar calculadas? ¿Es factor determinante analizar estadísticamente en el laboratorio los resultados de prueba de los cilindros de concreto para controlar la uniformidad de las mezclas elaboradas en campo?

Justificación.

En esta obra como en cualquier otra, es necesario asegurar un buen control de calidad tanto de los materiales que se emplean en la elaboración del concreto, así como del proceso de fabricación (dosificación), transporte, vaciado, vibrado, compactado, cimbrado y curado del mismo. Por esta razón debe emplearse un método de análisis estadístico validado por la normatividad vigente y que sea aplicable a las condiciones de la obra y especificaciones del proyecto con el fin de garantizar los mejores resultados para su control desde el punto de vista técnico - constructivo.

Se consideró dentro de los alcances del proyecto, informar a la empresa que ejecutó la obra, sobre los resultados de calidad que se analizaron al concluir los ensayos de especímenes de concreto requeridos hasta alcanzar un determinado número de resultados, y para poder interpretarlos y evaluar su calidad a detalle se analizaron estadísticamente observando la normatividad vigente comparando las resistencias obtenidas en cada prueba solicitada, con la curva de distribución de frecuencia normal que se genera de forma gráfica, e interpretando que donde existe un buen control de calidad los valores de las resistencias estarán agrupados cerca de la media y la curva será alta y estrecha pero si aumentan las variaciones en la resistencia, los valores se apartan y la curva se vuelve baja y alargada. Estos

análisis se pueden clasificar por elemento, por resistencia proyectada y por grado estructural indicado.

Este informe pudo darse a conocer al gobierno municipal y estatal como parte del expediente técnico generado hasta la entrega-recepción de la obra para su conocimiento.

De no realizar el procedimiento de control, clasificación y análisis de pruebas de compresión simple obtenidas por un laboratorio, se correría el riesgo de perder la calidad de los concretos empleados en la obra, de equivocar las especificaciones de resistencia y también de pasar por alto el concepto de durabilidad en sus diseños, dadas las condiciones climáticas de la región y los ataques de diversos agentes que pueden afectar directamente al concreto y al acero de sus estructuras, tales como deficiencias en la hidratación del concreto, fraguados acelerados o retardados, resistencias bajas, expansiones o inestabilidad volumétrica, y deterioros severos en la estructura del concreto debido al ataque de sulfatos, reacción álcali-agregado y en ocasiones riesgo de corrosión en el acero de refuerzo.

De la misma forma el ahorro económico que deriva del uso racional del concreto y agregados pétreos justifica dicho trabajo, así como también la seguridad estructural que aporta un buen diseño de mezclas de concreto y que tiene que ver con los años de vida útil de la estructura en su conjunto.

Objetivos.

Objetivo general.

Medir las variaciones de la resistencia del concreto fresco mediante la aplicación del método estadístico que propone la norma ACI 214R-11 y el manual M.CAL.1.02 y -03 S.C.T. para evaluar su calidad. Considerando también que para trabajar en las especificaciones de los materiales y con los métodos de prueba y equipo que debe utilizarse desde el muestreo hasta el ensaye de especímenes de concreto, aplicará lo dispuesto en la Norma Mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004 (incluyendo sus complementarias).

Objetivos específicos:

- Establecer los conceptos teóricos a que se refiere el conocimiento de las variaciones en la resistencia del concreto fresco y endurecido debido a las diferencias en las propiedades de la mezcla y su influencia en los valores de la resistencia, así como en los procedimientos de prueba.
- Describir el método estadístico considerando desde los aspectos generales, la notación matemática empleada y los criterios que se tomaron para la evaluación de los resultados de prueba, de acuerdo con lo indicado en la normatividad vigente según corresponde.
- Aplicación del método de la desviación estándar, análisis e interpretación de los resultados obtenidos apegado a la norma ACI 214R-11 y Al manual M.CAL.1.02 y -03 S.C.T. para emitir la valoración final del control de calidad de los concretos que se emplearon en la obra.

Hipótesis.

Aplicando métodos estadísticos a las pruebas de la resistencia del concreto fresco, podrá determinarse la calidad del concreto empleado y conocer el comportamiento de las diferentes muestras que permitan tomar decisiones correctas en este tipo de proceso de construcción.

Variables.

Variable independiente:

- Aplicación de los métodos estadísticos en las pruebas de resistencia.

Variable dependiente:

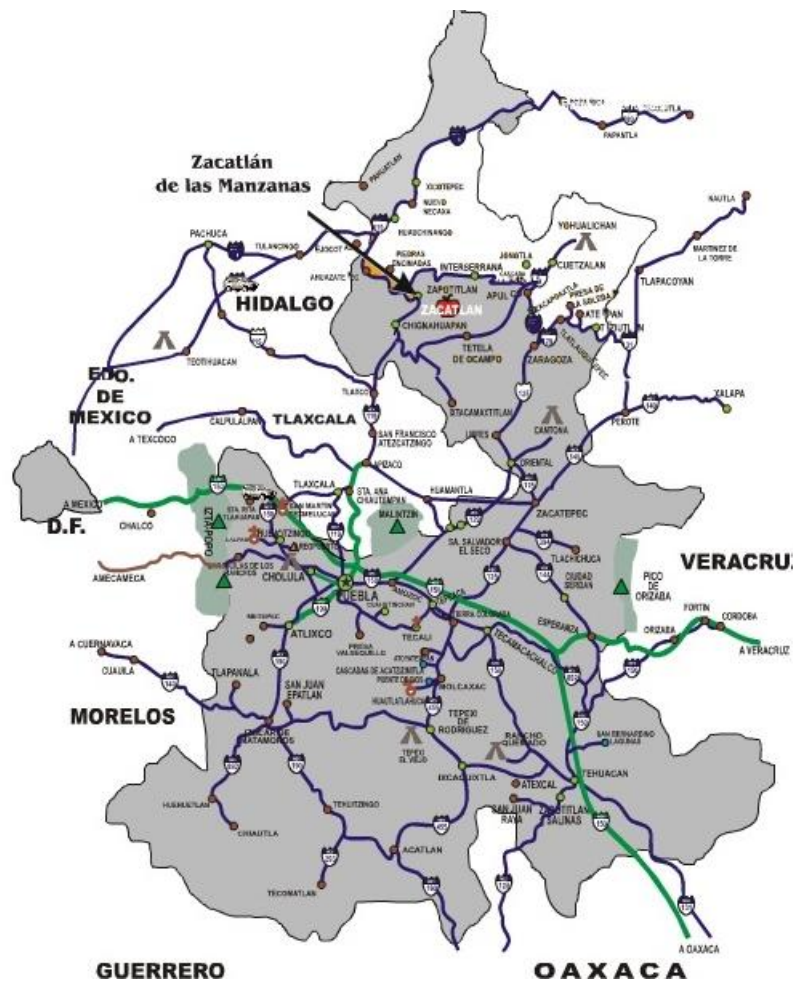
- Conocer la calidad del concreto empleado.
- Evaluar las condiciones del proceso de construcción.

Capítulo I.- MARCO DE REFERENCIA

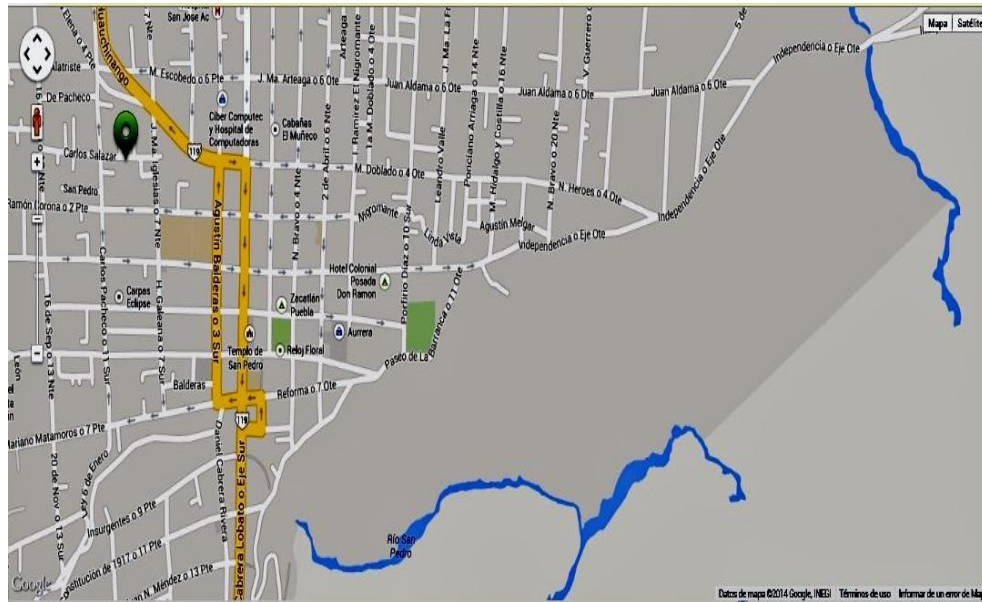
I.1.- Marco histórico.

Zacatlán es un municipio localizado en el Estado de Puebla, México. Es reconocido con el nombre de Zacatlán de las Manzanas, por ser uno de los principales centros productores de manzana.

I.1.2.- Macrolocalización.



I.1.3.- Microlocalización.



Geografía.

La extensión territorial de Zacatlán es de 512.82 km cuadrados, ubicándolo en el séptimo lugar de los municipios del estado de Puebla.

Se localiza a una altitud de 2, 010 metros sobre el nivel del mar, latitud 19° 56´ N, longitud 97° 57´ O.

Zacatlán colinda con los municipios de Chignahuapan, Aquixtla, Tetela de Ocampo, Cuautempan, Ahuacatlán, Chiconcuautla, Ahuazotepec y Huauchinango.

Clima.

Su clima es templado, sin embargo a lo largo de su extensión se presentan las siguientes variantes:

Temperatura máxima absoluta: 26.8 °C / anual. Temperatura máxima media: 20.5 °C / anual. Temperatura media: 14.5 °C / anual. Temperatura mínima media: 8.6 °C / anual. Temperatura mínima absoluta: 2.7 °C / anual. Precipitación total: 1098.5 mm / año.

Demografía.

Actualmente la población asciende a 76, 296 personas, de las cuales 36, 133 son hombres y 40, 163 son mujeres. (censo poblacional 2010).

(<http://www.zacatlandelasmanzanas.com.mx/index.php>, 2014).

A partir del 27 de abril de 2011, se declara oficialmente a Zacatlán de las Manzanas como “pueblo mágico” estando al frente el gobernador del estado Rafael Moreno Valle, lo que significó que a partir de ese momento tal distinción serviría como detonador para el crecimiento económico y desarrollo de la región debido a su riqueza natural, su arquitectura civil, religiosa, a su gastronomía, artesanías y a la calidad y trabajo de su gente. De acuerdo con esto el apoyo que tiene actualmente Zacatlán por parte del gobierno del estado es constante en cuanto al impulso de inversiones en infraestructura turística y de capacitación.

El jefe del Ejecutivo estatal puso en marcha la construcción del proyecto del “paseo de la barranca” en Agosto de 2012 el cual consta de una inversión aprox. De 73 millones de pesos, el objeto de dicha obra es que la llamada “barranca de los jilgueros” se convierta en un mirador seguro, desde donde se pueda disfrutar de la majestuosidad de la barranca y de la cascada llamada “De las tres marías” incluyendo un espacio de ejercicio al aire libre con pista para trotar, de aprox. 1 km, ciclo-pista y alumbrado público incluyendo 4 miradores con cafetería, así mismo se considera dentro del proyecto la pavimentación de concreto hidráulico a lo largo de este tramo turístico. La mayor parte de la estructura es proyectada a base de concreto reforzado con acabados arquitectónicos que armonizan con el entorno natural.

Las características de la obra son las siguientes:

Pavimento rígido de espesor de losa 15 cm. Con resistencia de 250 kg/cm². El proyecto contempla tres carriles paralelos para alojar las diferentes zonas como lo son la pista de trote, ejercicio y la ciclo pista principalmente. En este también se contemplan paraderos turísticos y zonas para cafetería así como miradores. El ancho total del proyecto es de 10 m y la longitud promedio 920 m. Este será

equipado con aparatos para ejercicio además de contar con alumbrado para mayor seguridad de los usuarios.

Muro de contención:

La geometría está proyectada de forma regular a base de sección trapezoidal en la pantalla del muro anclada sobre una zapata corrida en sección rectangular, apoyada sobre una plantilla de concreto simple con un $f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$.

En planta, el muro de contención, tiene un trazo recto y en elevación tiene una pendiente longitudinal de 0.00 %, ósea que la corona del mismo estará al mismo nivel a lo largo de toda su longitud.

Concreto para cimentación (zapatas y pantalla): $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ Peso volumétrico del concreto reforzado: 2.4 ton./m^3

El módulo de elasticidad del concreto se estima a partir de la expresión:

$$E_c = 15000 (f'c)^{1/2}$$

$$E_c = 237,170 \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

$f'c$ = Resistencia del concreto a los 28 días (kg /cm^2)

Los efectos del peso propio para el muro son calculados considerando una densidad de 2.40 ton/m^3 .

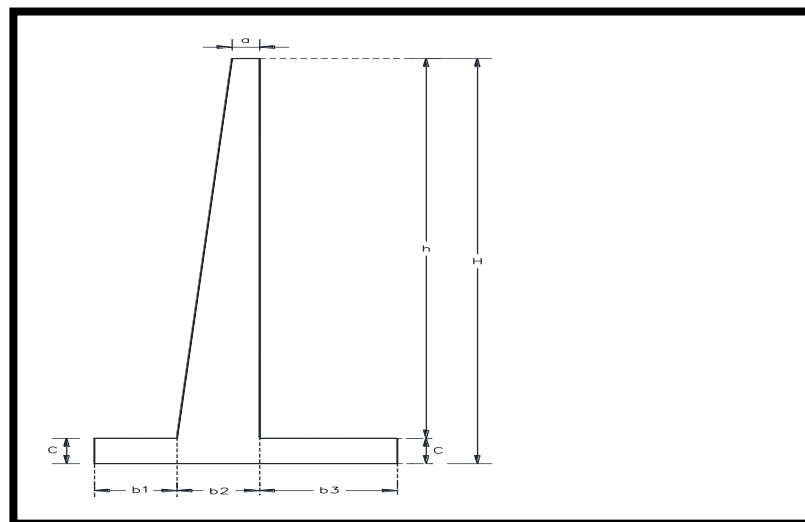


Figura a).- Modelo de la sección de los muros de contención.

El muro de contención tiene una sección transversal de tipo trapezoidal a base de concreto armado, el cual se desplanta sobre una plantilla de concreto simple en un espesor de 5 cm, y está apoyada sobre el terreno natural, y la altura total de los muros es de 4.50 m y el ancho de zapatas es de 2.50 m por un peralte de 0.5 m.

Pilotes.

Estructuras de anclaje, con una profundidad de desplante de 10.80 m bajo el nivel de rasante y una sección transversal de 80 cm diseñados con una resistencia $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

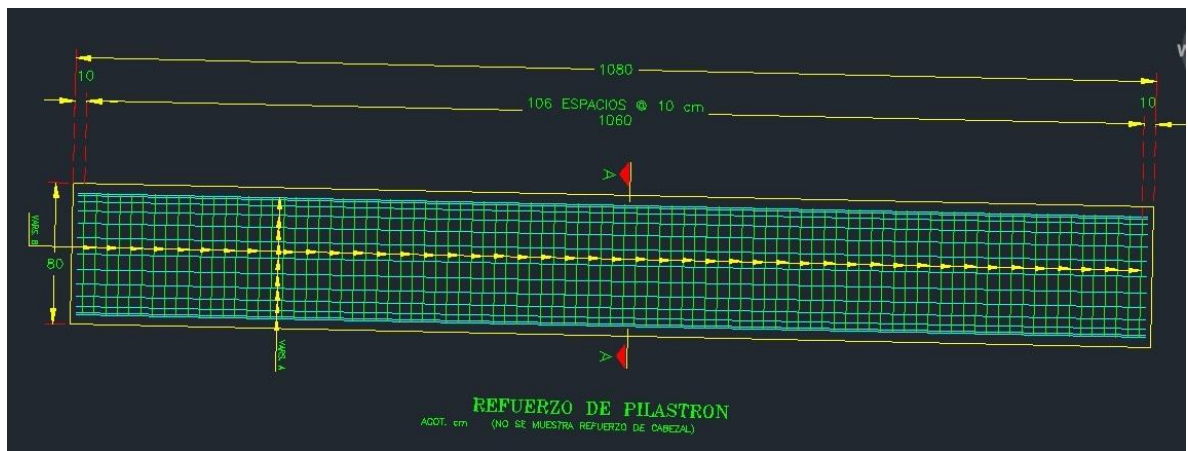


Figura b).- sección longitudinal de armados para Pilotes de anclaje.

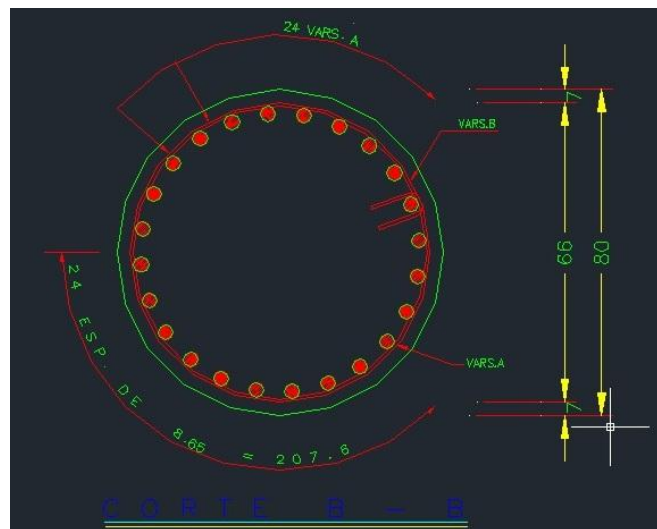


Figura c).- sección transversal de armado de pilotes de anclaje.

Las trabes son de concreto armado con resistencia de 250 kg/cm^2 y las losas son prefabricadas a base de vigueta y bovedilla con peraltes de 30 y 35 cm con una capa de compresión de resistencia igual a 250 kg/cm^2 .



Fotografía 1.- Panorámica del frente de obra km 0+400 aprox. (Área mirador).



Fotografía 2.- Panorámica del frente de obra km. 0+650

I.2.- Marco teórico.

En el siguiente contexto consideraremos la normatividad que aplica para el desarrollo del presente trabajo no sin antes establecer algunas definiciones, especificaciones y notación matemática inherentes al tema:

Aditivos para concreto.

Son materiales diferentes al agua, a los agregados y al cemento que se pueden emplear como componentes del concreto y se agregan en pequeñas cantidades a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado.

Agregados.

Materiales naturales, procesados o artificiales que se mezclan con los cementos y agua para hacer morteros o concretos.

Cemento hidráulico.

Es el cemento producido por la pulverización de Clinker y sulfato de calcio en alguna de sus formas.

Coeficiente volumétrico.

Índice relativo a la esfericidad de un agregado empleado para calificar la forma de los agregados gruesos. Es la relación entre el volumen aparente de las partículas seleccionadas en condición saturada y superficialmente seca respecto al volumen de las esferas que la circunscriben.

Complementos cementantes.

Son materiales que desarrollan características cementantes, como la puzolana natural, escorias, humo de sílice, ceniza volante o ceniza de cáscara de arroz, que se pueden emplear como constituyentes del cemento o del concreto. La cal no se considera como adición cementante.

Concreto con aire incluido.

Es el concreto que tiene un contenido de aire mayor al 3% del volumen absoluto.

Concreto de masa normal.

Es el concreto que tiene una masa unitaria de 1800 kg/cm³ a 2400 kg/cm³.

Concreto hecho en obra.

Es el concreto hidráulico para uso estructural, no industrializado, elaborado por medios mecánicos en el sitio de utilización y generalmente dosificado por volumen.

Concreto hidráulico.

Es una mezcla de materiales, naturales, procesados o artificiales, cementante y agua, a la que además se le pueden agregar algunos aditivos y adicionantes.

Adicionantes para concreto.

Son materiales como las fibras que se utilizan como refuerzo o los pigmentos, que no tienen propiedades cementantes.

Concreto hidráulico en estado endurecido.

Es la condición en la que el concreto hidráulico es capaz de resistir las acciones para las cuales fue especificado.

Concreto hidráulico en estado fresco.

Es la etapa inicial del proceso de fraguado del concreto durante el cual presenta una trabajabilidad que permite realizar las operaciones de transporte, colocación, compactación y acabado.

Concreto hidráulico para uso estructural.

Es el concreto hidráulico empleado para soportar esfuerzos y formar parte integral de una estructura o edificación. Los requisitos de resistencia y durabilidad los debe indicar el estructurista.

Concreto industrializado.

Es el concreto hidráulico elaborado en planta, ya sea fuera o en el sitio de utilización y dosificado generalmente en peso.

Curado.

Es el proceso mediante el cual, en un ambiente especificado de humedad y temperatura, se favorece la hidratación del cemento hidráulico y en su caso, de los materiales cementantes en la mezcla.

Diseño o proporcionamiento del concreto.

Es el cálculo de las cantidades de materiales por unidad de masa o volumen que se requieren para fabricar un concreto que tenga las características especificadas.

Dosificación.

Operación mediante la cual se pesan o miden en volumen los sólidos y los líquidos, de acuerdo al diseño.

Durabilidad.

Es la capacidad del concreto hidráulico para resistir satisfactoriamente durante un tiempo determinado (vida útil) la acción ambiental, ataque químico y abrasión y de proteger al acero de refuerzo y demás elementos metálicos de la corrosión o cualquier otro proceso de deterioro, para mantener su forma original, condición de servicio y propiedades mecánicas.

Estructura.

Conjunto de elementos de una construcción cuya función es la de resistir las cargas o acciones para las que fue diseñada, incluyendo los efectos del medio ambiente al que esté sometido.

Mezclado.

La acción de revolver los componentes del concreto o mortero con el fin de formar una masa homogénea.

Masa unitaria.

Es la masa por unidad de volumen.

Módulo de elasticidad o de Young.

Es la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria.

Muestra.

Porción representativa de un material.

Recubrimiento.

Es la protección que le da el concreto al acero de refuerzo contra el medio ambiente. Es la distancia medida desde la superficie del concreto a la parte más cercana al acero de refuerzo, (incluyendo a los zunchos, anillos y estribos).

Relación agua/cementante.

Es la relación de la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los agregados, a la cantidad de cemento más complemento cementante empleada en la mezcla.

Resistencia a la compresión.

Es la capacidad de carga por unidad de área del concreto hidráulico, medida en ensayos de especímenes elaborados, curados y probados en las condiciones estándar especificadas, generalmente expresada en MPa (kgf/cm²).

Resistencia especificada (característica) a la compresión, f'_c .

Es la resistencia a la compresión especificada en el diseño estructural.

Revenimiento.

Es una medida de la consistencia del concreto fresco.

Revoltura.

Es el conjunto de los componentes del concreto, que intervienen en una sola operación de mezclado.

Segregación de los agregados.

Fenómeno por la cual se separa el agregado grueso del resto de la masa del concreto, afectando su homogeneidad.

Tamaño máximo nominal del agregado.

Es la dimensión de la criba de menor abertura por la que pasa o se requiere que pase la totalidad de un agregado con tolerancias en cuanto al retenido de dicha criba.

I.2.1.- Especificaciones.

Materiales componentes:

Cemento hidráulico.

El cemento empleado en la elaboración del concreto hidráulico para uso en la construcción, debe cumplir con las características y especificaciones descritas en la NMX-C-414-ONNCCE.

El cemento debe almacenarse, de tal forma que quede protegido contra humedad que le pueda causar hidratación. Estas condiciones se verifican de acuerdo con el método de prueba indicado en la norma anteriormente descrita.

Agregados.

Deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-111-ONNCCE. El tamaño máximo del agregado se selecciona de acuerdo con las características del elemento estructural en que se utilice y con lo dispuesto en el reglamento de construcciones de cada localidad y debe ser indicado por el usuario (propietario de la obra). Esta especificación se verifica de acuerdo con el método de prueba indicado en esta norma.

Agua de mezclado.

Debe cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-122. El agua de dudosa calidad se acepta si cumple con el criterio indicado en la norma NMX-C-155-ONNCCE-2004.

El agua de lavado del interior de las revolvedoras montadas en camión puede ser utilizada como agua de mezclado si cumple con los requisitos físicos indicados en la norma NMX-C-155-ONNCCE-2004. Los límites químicos opcionales en la tabla 2 de la misma norma deben ser especificados si son necesarios. Esta especificación se verifica de acuerdo con los métodos de prueba indicados por la norma NMX-C-122-ONNCCE.

Aditivos.

Se permite la utilización de aditivos en el concreto para satisfacer los requisitos especificados para el concreto fresco y endurecido.

Cuando se requiera transportar el concreto se permite la inclusión de aditivos reductores de agua y retardantes de fraguado que permitan la entrega del producto en las condiciones acordadas.

Para concretos de más de 100 mm. De revenimiento nominal, se deben usar aditivos superfluidificantes o de reducción de agua en lugar de agua, para alcanzar el revenimiento.

Para la selección y uso de los aditivos para concreto se debe consultar la norma mexicana NMX-C-255-ONNCCE y cumplir con los requisitos especificados. En caso de utilizarlos en obra, el responsable de la misma, debe solicitar al fabricante o distribuidor información técnica e instrucciones para su almacenamiento, uso correcto y evidencias de su calidad satisfactoria para aprobar su empleo e informar al productor del concreto para su consentimiento.

Esto se verifica de acuerdo con el método de prueba establecido por la norma anteriormente descrita.

Complementos cementantes.

Los complementos cementantes que se utilicen en el concreto deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-146-ONNCCE, estos deben incorporarse a la mezcla de concreto mediante el uso de cementos que ya los contengan integrados en el proceso de fabricación de conforme a la norma NMX-C-414-ONNCCE, para garantizar sistemáticamente la uniformidad y por consecuencia resistencia y durabilidad del concreto. (Norma mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2004).

I.2.2.- Resistencia del concreto

Generalidades.

Cuando se estudian los procedimientos para dosificar mezclas de concreto, se recomienda hacer mezclas de prueba, con el fin de determinar las proporciones del concreto que cumplan con las características deseadas, para ser empleadas en la construcción. Sin embargo, esto no significa, que el concreto hecho en obra o en la planta vaya a tener una resistencia uniforme e igual a la determinada con base a las mezclas de prueba.

Lo anterior se debe a que el concreto es un material esencialmente heterogéneo, porque sus componentes tienen características que no son constantes. No solo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del concreto, también influye su fabricación, la forma de mezclarlo, su transporte y colocación, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione; además de considerar el proceso que se efectúe en los métodos de ensaye. Por lo que, dichas variaciones en las resistencias pueden orientarse a dos causas fundamentales:

- 1) A las variaciones propias del concreto, que deriva de sus agregados.
 - 2) A las variaciones en los procedimientos de ensaye.
-
- 1) Variaciones intrínsecas del concreto (*componentes, fabricación y manejo*):
 - a) Variación en la relación agua/cemento.
 - b) Deficiencia en el control de agua.
 - c) Deficiencia en el control de humedad de los agregados
 - d) Variaciones en el consumo de agua debidas a la variación en la granulometría de los materiales y a su falta de uniformidad.
 - e) Variaciones en las características y proporciones de los componentes (agregados gruesos, finos, cemento, puzolanas, aditivos, etc.)
 - f) Variaciones por efecto de transporte, colocación y compactación.
 - g) variaciones en la temperatura y curado.
 - 2) Variaciones en los procedimientos de ensaye:
 - a) Procedimientos de muestreo incorrectos.
 - b) Técnicas de fabricación no uniforme.

- c) Compactación variable.
- d) Deficiencia en el manejo de muestras
- e) Deficiencias de curado (temperatura y humedad).
- f) Cabeceo incorrecto de los especímenes.
- g) Deficiencia en la velocidad de la aplicación de la carga.

Uno de los principales criterios que debe cuidarse es el contenido de agua en las mezclas de concreto, no solo afecta la trabajabilidad de las mezclas sino también las resistencias, la relación agua cemento es importante para conservar la resistencia especificada desde proyecto, así también el vigilar el grado de saturación de sus agregados será siempre un factor importante en las variaciones que pueden experimentarse.

El empleo de aditivos a la mezcla de concreto puede sumar problemas de variación en las resistencias por lo que se deberá controlar el empleo de acelerantes, retardantes. Puzolanas y agentes inclusores de aire.

Es importante recordar que las discrepancias en las variaciones de la resistencia del concreto obtenidas en el laboratorio dependen de las condiciones del muestreo, la fabricación, el curado y el ensaye de los especímenes considerando que las condiciones estándares de calidad durante el desarrollo de la obra son diferentes, debidas al modo de ejecución de estas actividades y a quien ejecuta (mano de obra).

Los métodos de ensaye correctos reducirán éstas variaciones y por lo tanto deben observarse procedimientos de ensaye apegados a las normas ACI, ASTM, y NMX y deberán seguirse estrictamente.

Cabe mencionar que el emplear equipo de laboratorio adecuado (calibrado y verificado con periodicidad) influirá en la precisión de los resultados e indicarán la resistencia potencial de una estructura más que su resistencia real.

I.2.3.- Métodos de prueba.

Elaboración de cilindros de concreto.

La resistencia a la compresión del concreto se mide para asegurar que el concreto entregado cumpla con los requisitos de las especificaciones de la obra y para el control de calidad. Para probar la resistencia a la compresión del concreto se elaboran especímenes cilíndricos de prueba de 15x30 cm (relación 2:1). Y se almacenan en la obra hasta que el concreto se endurece de acuerdo con los requisitos de la norma NMX C 160, elaboración y curado en obra de especímenes de concreto (ASTM C 31, Práctica estándar para la elaboración y curado de especímenes de prueba de concreto en el campo).

Al elaborar los cilindros para la aceptación del concreto, el técnico de campo, certificado mediante el programa para pruebas en el campo, grado I, del ACI, debe probar otras propiedades del concreto fresco, como la temperatura, el revenimiento, la densidad, peso unitario y el contenido de aire. Un resultado de prueba siempre es el promedio de al menos, dos especímenes probados a la misma edad. Puede hacerse un conjunto de dos a seis cilindros a partir de la misma muestra de concreto como mínimo por cada 115 m³ de concreto colado.

Los cilindros de concreto para pruebas se usan para:

- Pruebas de aceptación para resistencias especificadas.
- Verificar la dosificación del concreto.
- Control de calidad por el productor del concreto.

Cualquier desviación respecto a los procedimientos estándares dará como resultado una resistencia medida más baja. Los resultados de prueba de baja resistencia debido a procedimientos que no están de acuerdo con los estándares generan problemas, costos y retrasos excesivos al proyecto. Los resultados de la resistencia de cilindros curados en la obra se usan para:

- ✓ Determinar el momento en que se puede permitir que una estructura sea puesta en servicio.
- ✓ Evaluar la suficiencia del curado y protección del concreto en la estructura.
- ✓ Programar la remoción de los moldes y de los puntales.

Los requisitos de curado para cilindros curados en la obra, son diferentes a los exigidos para los curados de manera estándar y no deben confundirse ambos.

Y deberán almacenarse para evitar daño y mantener la humedad durante la transportación. El tiempo de viaje desde el sitio de la obra hasta el sitio del laboratorio no debe exceder de cuatro horas.

El ensaye consiste en someter a los especímenes a una carga de compresión directa axial constante y ascendente, hasta llevar la muestra a la falla total, registrando los valores de carga en un manómetro con aguja fijadora (fig. 1).

La resistencia se obtiene tomando el registro de la carga máxima soportada, y se divide entre el área promedio de la sección transversal, que será un valor constante para el concreto, los resultados se proporcionan en kg/cm^2 y con aproximación de $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$.

Las discrepancias en el muestreo, la fabricación, el curado y el ensaye de las muestras pueden ocasionar indicaciones de variaciones en las resistencias que no existen en el concreto de la estructura.

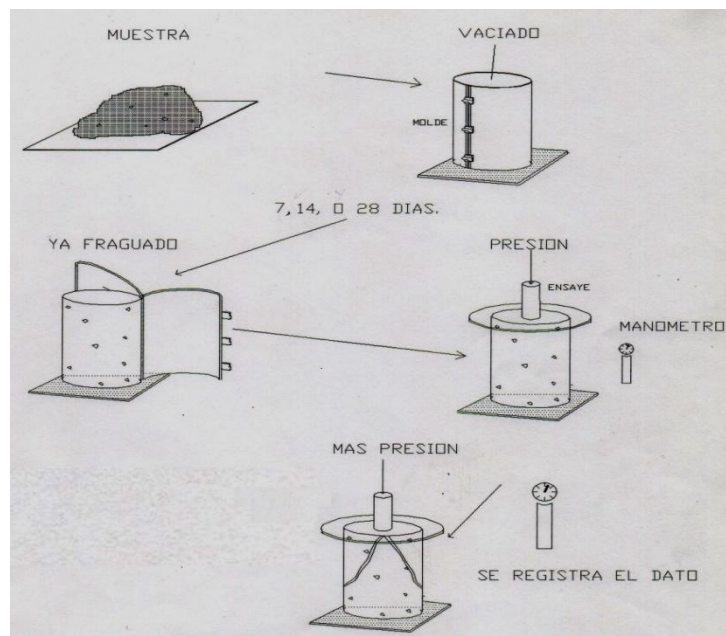


Figura 1.- Croquis simplificado del muestreo y ensaye para cilindros de concreto.

I.2.4.- Análisis estadístico.

Notación (ACI 214R-11).

F_{cr} = Resistencia promedio requerida para asegurarse de que solo aquella porción permisible de pruebas caerá por debajo de la resistencia especificada.

f'_c = Resistencia especificada.

n = Número de pruebas.

R = Intervalo.

R = Intervalo promedio.

σ = Desviación estándar.

σ_1 = Desviación estándar dentro de la prueba.

V = Coeficiente de variación.

t = Multiplicador constante para la desviación estándar (σ) que depende del número de pruebas que se espera caigan por debajo del f'_c .

V_1 = Coeficiente de variación dentro de la prueba.

X_i = Un resultado individual de la prueba.

X = Promedio de los resultados de la prueba.

Δ = Intervalo de clase.

d = Constante que depende del número de especímenes por muestra.

Control estadístico.

Un concepto muy importante que hay que tener en cuenta actualmente es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticos.

Al ser el concreto un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así como a las dispersiones adicionales por las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra.

La resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación la distribución probabilística Normal.

Se puede suponer que en proyectos controlados, las resistencias de las muestras de prueba del concreto, asumirán un patrón similar a la curva de distribución normal de frecuencia tal como se muestra en la figura (2) y figura (3).

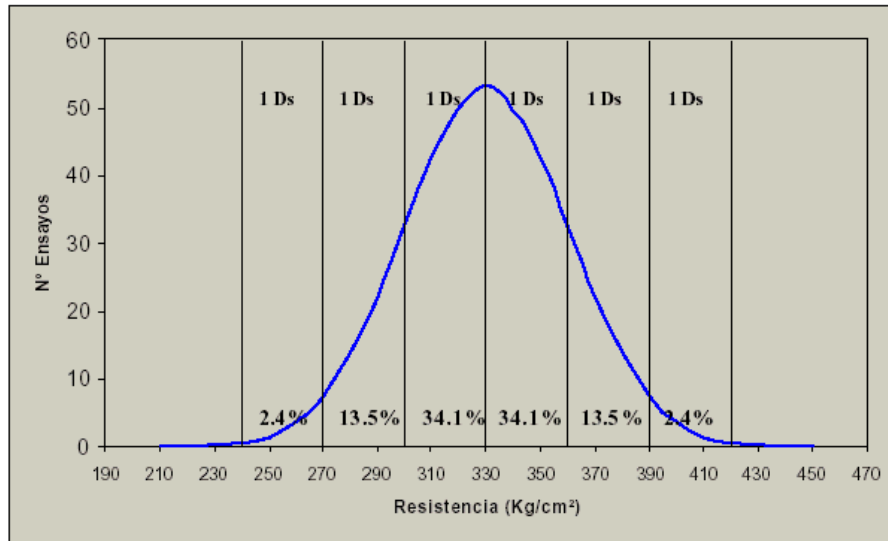


Figura (2). Curva de distribución normal (ACI 214R-11).

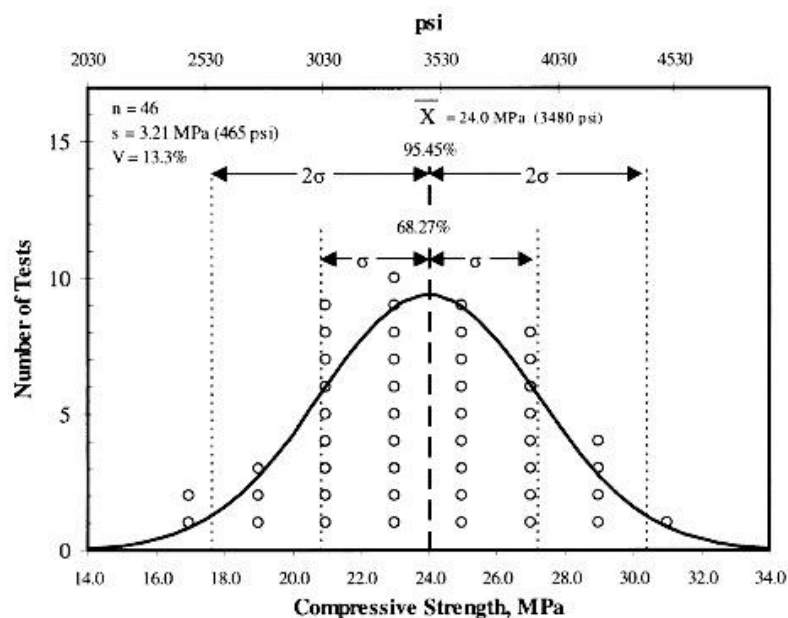


Figura (3). Curva de distribución de normal de frecuencias (ACI 214R-11).

El área total limitada por la curva y el eje x vale 1.

Hoy en día está demostrado que el comportamiento de la resistencia del concreto a compresión se ajusta a la Distribución Normal (Campana de Gauss), cuya expresión matemática es:

$$y = \frac{n}{\sigma} * \Delta * \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{\frac{-t^2}{2}} \text{ ----- Ecuación 1}$$

Dónde: $\pi = 3.14159$ y $e = 2.71828$ Ambas son constantes matemáticas.

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

$\sigma = \text{Desviación Estandar}$

$n = n^\circ \text{ total de muestras ensayadas}$

$\Delta = \text{es el intervalo de clase para el eje } x \text{ } 5, 10, \text{ ó } 15 \text{ según convenga}$

Al graficar la ecuación anterior obtenemos una gráfica especial el cual tiene algunas características:

- Es simétrica con respecto a μ (la media).
- Es asintótica respecto al eje de las abscisas.
- La forma y tamaño va a depender de σ

El siguiente gráfico muestra la curva normal para diferentes valores de σ , teniendo un mismo μ entonces podemos concluir que a medida que aumenta la σ , el grado de dispersión que existe entre las resistencias de las probetas es mayor y por tanto tienden a alejarse del promedio (ver fig. 4):

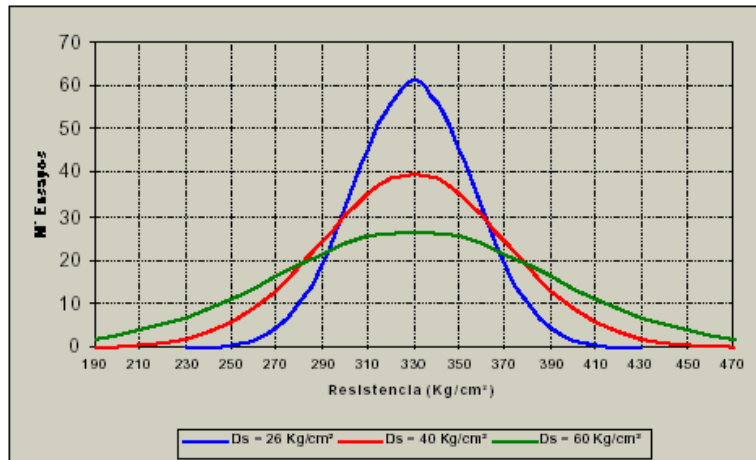


Figura 4.- Curva normal de frecuencias para diferentes distribuciones de resistencia (ACI 214R-11).

Cartas de control.

Estas cartas se manejan normalmente en la obra y son emitidas por la supervisión son muy prácticas (*normas N.LEG.3 y N.LEG.4 ejecución de supervisión de obras*). Son gráficas como las mostradas en la fig. (5) en las que en uno de los ejes se muestran los valores del parámetro estadístico y en el otro se indica el número de muestra, según el tipo de formato que se utilice, asociado a la característica medible o contable bajo control. En ella se grafican los valores de dicho parámetro obtenidos de cada muestra; uniendo con líneas los puntos dibujados se obtiene una poligonal abierta denominada *gráfica de tendencias*; estos límites estadísticos, corresponden exclusivamente al proceso de producción que se controla, de tal forma que es apreciable cuando los valores de los parámetros estadísticos obtenidos están dentro o fuera de la zona de aceptación y por lo tanto identificar si se tienen variaciones debidas a causas aleatorias.

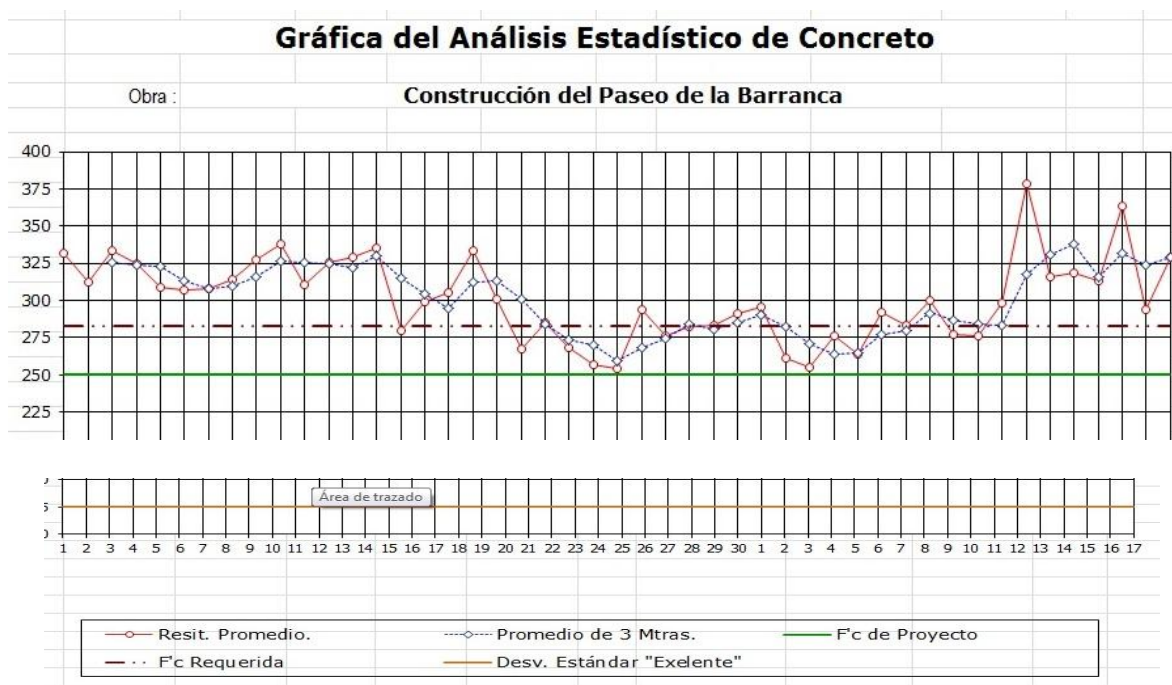


Figura n° 5.- Cartas de control estadístico o gráficas de tendencias.

Donde existe un buen un buen control, los valores de la resistencia estarán agrupados cerca de la media y la curva (gauss) será alta y estrecha.

Conforme aumentan las variaciones en la resistencia, los valores se apartan y la curva se vuelve baja y alargada.

Las características de estas curvas se pueden definir matemáticamente y es posible calcular ciertas funciones útiles de la resistencia con las siguientes expresiones:

Promedio ($\bar{X}$). La resistencia promedio de todas la pruebas individuales:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{--- -- -- -- -- Ecuación 2}$$

La ecuación anterior se refiere a que una prueba se define como la resistencia promedio de todos los cilindros de la misma edad elaborados de una muestra tomada de una única mezcla de concreto.

Desviación estándar (σ). La medida de dispersión más generalmente reconocida, es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las resistencias, respecto a la resistencia promedio, divididas entre el número de resultados menos uno. Esta estadística es conocida como la desviación estándar y puede considerarse como el radio de giro alrededor de la línea de simetría del área bajo la curva de distribución de frecuencia de los datos de resistencia, tal como se muestra en la figura (3).

El mejor cálculo de la Desviación estándar (σ), basado en una cantidad finita de datos, se obtiene mediante la ecuación 3, o mediante su equivalente algebraica, la ecuación 3.a. Esta última ecuación es preferible para propósitos de cálculo porque es más sencilla y evita problemas de errores de aproximación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{x_1^2 - x^2 + x_2^2 - x^2 + \dots x_n^2 - x^2}{n - 1}} \text{ ----- Ecuación 3}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - x^2}{n - 1}} \text{ ----- Ecuación 3.a}$$

Coeficiente de variación (v). La desviación estándar expresada como porcentaje de la resistencia promedio, se llama coeficiente de variación:

$$v = \frac{\sigma}{x} * 100 \text{ ----- Ecuación 4}$$

Intervalo (R). El intervalo es la estadística que se obtiene restando el menor de un conjunto de números del más alto del grupo. Por lo tanto el intervalo dentro de la prueba se obtiene restando la menor de las resistencias del conjunto de cilindros promediada, para formar una prueba a partir de la más alta del grupo.

El intervalo dentro de la prueba es útil en el cálculo de la desviación estándar inherente a la prueba.

Variación inherente a la prueba (tabla I).- La variación en la resistencia del concreto dentro de una prueba única se obtiene calculando la variación de un grupo de cilindros elaborados de una muestra de concreto tomada de una mezcla determinada. Es razonable suponer que una mezcla de prueba de concreto es homogénea y que cualquier variación entre dos cilindros compañeros, elaborados de una muestra determinada es ocasionada por las variaciones en la fabricación, el curado y la prueba.

Tabla I.- Factores para calcular la desviación estándar inherente a la prueba. (ACI 214R-11).

N° de cilindros	d	1/d
2	1.128	0.8865
3	1.693	0.5907
4	2.059	0.4857
5	2.326	0.4299
6	2.534	0.3946
7	2.704	0.3698
8	2.847	0.3512
9	2.970	0.3367
10	3.078	0.3249

No obstante, una única mezcla de prueba de concreto, no proporciona los datos suficientes para el análisis estadístico, y se requieren cilindros compañeros de por lo menos diez muestras de concreto a fin de establecer los valores confiables para R . La desviación estándar dentro de la prueba y el coeficiente de variación puede calcularse convenientemente como sigue:

$$\sigma_1 = \frac{1}{d} * 100 \quad \text{--- -- -- -- -- Ecuación 5}$$

$$V_1 = \frac{\sigma}{x} * 100 \quad \text{--- -- -- -- -- Ecuación 6}$$

Dónde:

σ_1 = Desviación estandar dentro de la prueba

V_1 = Coeficiente de variación dentro de la prueba

CAPÍTULO II.- MARCO METODOLÓGICO

II.1.- Normas de control.

La decisión relativa en cuanto a que si la desviación estándar o el coeficiente de variación es la medida apropiada de dispersión que debe utilizarse en determinada situación, depende de cuál de las dos medidas es la constante más cercana a las características de resistencia, a través de un intervalo de resultados, de esa situación en particular. La siguiente información indica que la desviación estándar permanece como una constante más aproximada, en especial en resistencias superiores a 200 kg/cm². Se considera más aplicable el coeficiente de variación para las variaciones dentro de la prueba.

La tabla n° II nos muestra la variabilidad que puede esperarse de las pruebas de resistencia a la compresión en proyectos sujetos a diferentes grados de control.

Tabla n° II.- Normas para el control del concreto (ACI 214R-11).

Variación total (del universo).

Desviación estándar (kg/cm²).

Clase de operación:	Excelente	Muy buena	Buena	Aceptable	Pobre
Pruebas de control en campo	< 25	25-35	35-40	40-50	> 50

Variación en las pruebas (ensayos).

Coeficientes de variación (%).

Clase de operación:	Excelente	Muy buena	Buena	Aceptable	Pobre
Pruebas de control en campo	< 3	3-4	4-5	5-6	> 6

II.2.- Criterios.

Aspectos generales.

En el análisis estadístico aplicable conforme a la norma ACI 214R-11 para evaluar la calidad de los concretos, debe calcularse la desviación estándar dentro de la prueba (σ_1), y utilizar el factor $(1/d) = 0.8865$ de la tabla n° I, en virtud de que el promedio de las resistencias de cada muestra es de dos cilindros compañeros en todos los casos que refiere el presente trabajo.

Para calcular la resistencia requerida (F_{cr}) se utiliza la formula $F_{cr} = f'_c + (t * \sigma)$

Dónde: $t = 1.28$ -----Tabla n° III, ya que al no diseñar la resistencia de los concretos en los que se pretende evaluar la calidad, debemos suponer el caso más crítico en las posibilidades de que las pruebas caigan por debajo del límite inferior.

Tabla n° III.- (ACI 214R-11).

Porcentajes de pruebas que caen dentro de los límites $x \pm t\sigma$	Probabilidad de que caigan por debajo del límite inferior	t
40	3 en 10	0.52
50	2.5 en 10	0.67
60	2 en 10	0.84
68.27	1 en 6.3	1.00
70	1.5 en 10	1.04
80	1 en 10	1.28
90	1 en 20	1.66
95	1 en 40	1.96
95.45	1 en 44	2.00
98	1 en 100	2.33
99	1 en 200	2.58
99.73	1 en 741	3.00

Para observar el grado de calidad en el control de los concretos se utilizará la tabla n° II en relación a la desviación estándar de una población finita y al coeficiente de variación en los ensayos.

Haciendo referencia a los gráficos de distribución de resistencias cabe aclarar que teóricamente, las colas de la curva normal nunca tocan el eje de las abscisas, sino que se extienden infinitamente en ambas direcciones. Tanto el supuesto de rango infinito como el de continuidad permiten asegurar que, en la práctica, las observaciones jamás se distribuyen de manera perfectamente normal. Sin embargo muchas distribuciones empíricas se acercan a la normalidad aunque sean discretas. Con frecuencia esta aproximación es tan cercana a la normalidad que se puede tratar como normal una distribución empírica sin menoscabo de la precisión, pero se hace necesario de alguna manera ajustar una curva para delimitar las resistencias que quedan dentro y fuera del área bajo la curva, esto por un lado, y por el otro, estandarizar los valores de “x” para definir los porcentajes de área.

“La transformación z”, en estadística se entiende por transformación de un conjunto de operaciones aritméticas que se realizan sobre los valores de una variable para obtener un nuevo conjunto de valores. El procedimiento conocido como estandarización, consiste en convertir datos (aritméticos) como los que hasta ahora hemos manejado, en datos estándar.

II.3.- Procedimiento.

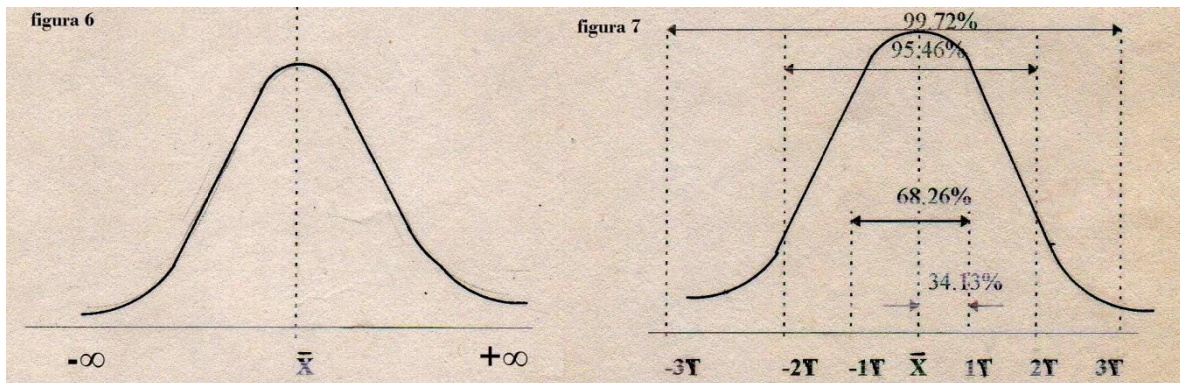
- 1).- Se resta la $\bar{x}$ de cada dato de x
- 2).- Se divide la diferencia $(x - \bar{x})$ entre la desviación estándar de la distribución.

Simbólicamente un dato estandarizado está dado por $z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$, así al convertir todas las categorías en datos z (*Estandar*), obtenemos una distribución nueva en la cual la media y la desviación estándar valen siempre cero y uno respectivamente.

La distribución normal, es una distribución acampanada y continua, como se ve en la figura (6). Debido a su continuidad, se traza como una curva suave y no como histograma. Ahora bien, puesto que la $\bar{X}$ y la σ varían de una distribución a otra, no hay sino muchas distribuciones normales. Lo que les da el carácter normal es que tienen la misma proporción de área bajo la curva en ciertas ordenadas. Esto

significa que si dibujamos las líneas verticales en $+1$ y -1 desviaciones estándar, por ejemplo, en dos distribuciones normales cualesquiera, la proporción con respecto a la distribución total limitada por las líneas verticales será la misma en ambas distribuciones.

Así que podemos buscar la proporción o parte del área total bajo la curva que será la misma en todas las distribuciones (figura 7).



Figuras 6 y 7.- Distribución acampanada y continua con porcentajes de área.

La utilidad de una distribución “z” que tiene una forma normal, ha hecho que se construyan tablas que muestran el área bajo la curva limitada por dos ordenadas cualesquiera. Estas tablas (Anexo) pueden ser usadas en todo conjunto de datos distribuidos normalmente, luego de haber sido estandarizados.

II.3.1.- Aplicación del método de la desviación estándar.

En esta parte se ilustra por cada frente de obra, el análisis secuencial en un formato que registra las operaciones estadísticas para llegar al resultado, observando las características de los concretos solicitados y la forma en que fueron seleccionadas las muestras ensayadas (promedio de dos cilindros compañeros).

Caso específico (de la pág. 42).

Hace referencia al primer análisis concentrado en formato de “hoja de cálculo” diseñados en forma convencional para el elemento: “Zapatas” del cad. 0+000 al cad. 0+450. Donde las características que se analizan son las siguientes:

F'c de proyecto = 250 kg/cm²

Concreto hecho en obra

Cliente: Corporativo Constructor de México

Obra: “Construcción del paseo de la barranca”

Localización: Zacatlán, Pue.

Y finalmente para control se enuncia el elemento en análisis: “Zapatas”.

Procedimiento de cálculo:

Se obtiene la suma de todos los resultados promedio de cada dos especímenes de prueba ensayados $x_1 = 332; x_2 = 312; x_3 = 334; x_4 = 325; \dots x_n = 329$ en este caso la suma de 47 especímenes es = 14175, y en seguida se obtiene el promedio:

$$x = \frac{332+312+334+325\dots+329}{47} = 302$$
 -----aplicando la ecuación 2 anteriormente enunciada.

Posteriormente se aplica la ecuación 3:

$$\sigma = \frac{\sqrt{332 - 302^2 + 312 - 302^2 + 334 - 302^2 \dots + 329 - 302^2}}{47 - 1}$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{36343}}{46} = \frac{190.638}{46} = 28.1$$

Luego con esta desviación obtenida, revisamos la tabla normativa n° II del ACI 214R-11 y observamos que se encuentra en el rango de 25-35 y por lo tanto la calidad de este universo de 47 muestras de concreto es “MUY BUENA”.

Se busca el valor máximo y el valor mínimo del conjunto de resistencias analizado (47 muestras) para fijar el parámetro de dispersión con respecto a la media. En

este caso el valor máximo resultante del universo en análisis es de 379 kg/cm² y el valor mínimo es de 254 kg/cm², por lo que para este caso particular se visualiza que ninguno de los valores obtenidos en el universo de especímenes de concreto ensayados cae por debajo del f'_c de proyecto.

Cabe mencionar que los universos de muestreo dependen mucho de los presupuestos que acepte el cliente de la obra de acuerdo con el recurso económico de que se disponga pero sin embargo normativamente se requiere para un análisis aceptable y confiable en los resultados, un mínimo de 30 muestras, en las cuales los resultados obtenidos sean de cilindros que cumplan con la edad de 28 días para poder evaluar el control de calidad que se esté desarrollando en los proyectos, asumiendo que a esta edad el concreto debe llegar al 99 % de su resistencia proyectada (resistencia final). Sin embargo se sabe que con el tiempo el concreto adquiere mayor resistencia y que dependiendo del concepto “Durabilidad” (relación agua cemento) llegará un momento en que ésta se mantenga por un período y luego empieza a declinar hasta llegar a la falla debido a deformaciones permanentes (deformaciones plásticas).

De acuerdo con lo anterior es necesario que se establezca el f'_c requerido (F_{cr}) mediante el análisis estadístico, asumiendo que el diseñador de mezclas debe hacer su análisis en laboratorio con el tipo de cemento, agua y agregados que se usaran en la obra, previamente al muestreo y ensayos reales que se obtengan durante su desarrollo, por lo tanto analizando este concepto con los datos reales del caso particular en cuestión, y basándonos en el criterio normativo (ACI 214R-11) del enunciado III.2. utilizamos un multiplicador constante (t)= 1.28 ya que al no diseñar la resistencia de los concretos que se están analizando y suponiendo el caso más crítico en las posibilidades de que cierto número de pruebas caigan por debajo del límite inferior admisible en resistencia (tabla n° III), se visualiza un margen de seguridad en las resistencias.

Entonces el $F_{cr} = f'_c + (t * \sigma)$

$F_{cr} = 250 + 1.28 * 28.1 = 286 \text{ k/cm}^2$ lo cual significa que teóricamente el diseñador debe calcular las dosificaciones de mezclas de concreto para obtener esta resistencia de 286 k/cm^2 en la obra.

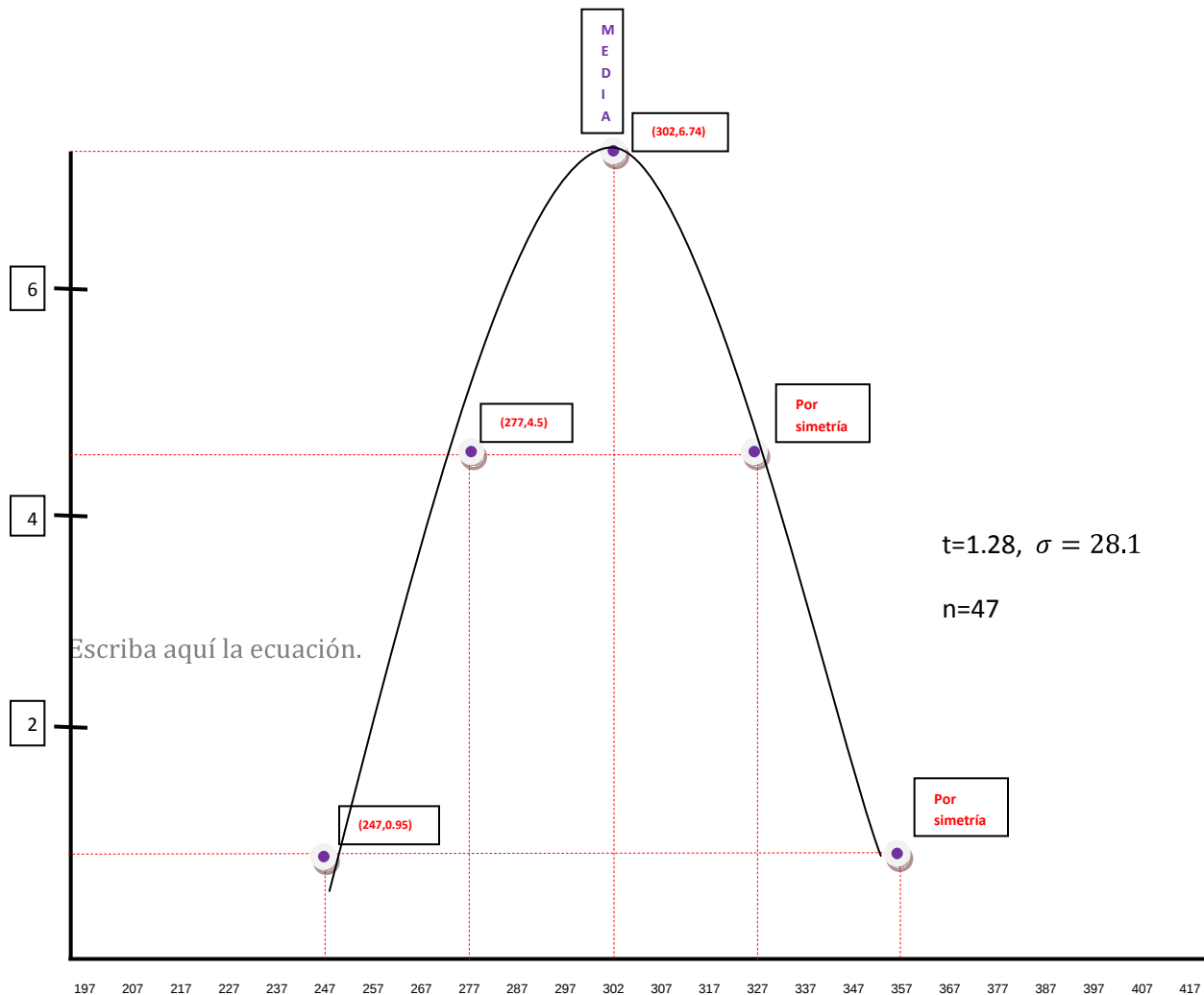
Bien, considerando que el control de calidad obtenido en obra es “muy bueno”, revisamos el estándar de calidad que se ha manejado en laboratorio para el muestreo y ensaye de cilindro a cilindro mediante el cálculo del coeficiente de variación:

$$v = \frac{\sigma}{x} * 100 \text{ --- Ecuación 4}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$v = \frac{28.1}{302} * 100 = 9.30 \%$ y comparando el resultado con la tabla de control n° II podemos asumir que la calidad de este universo de 47 muestras de concreto ensayadas por laboratorio fue deficiente ya que el coeficiente de variación es superior al 6 %.

A continuación grafiquemos la curva de Gauss para observar el comportamiento de las dispersiones de las resistencias con respecto a la media y su probable rechazo a los resultados obtenidos por debajo del $f'c$ de proyecto.



Para cada dato de “x” corresponde un valor de “y” calculado a partir de la siguiente expresión:

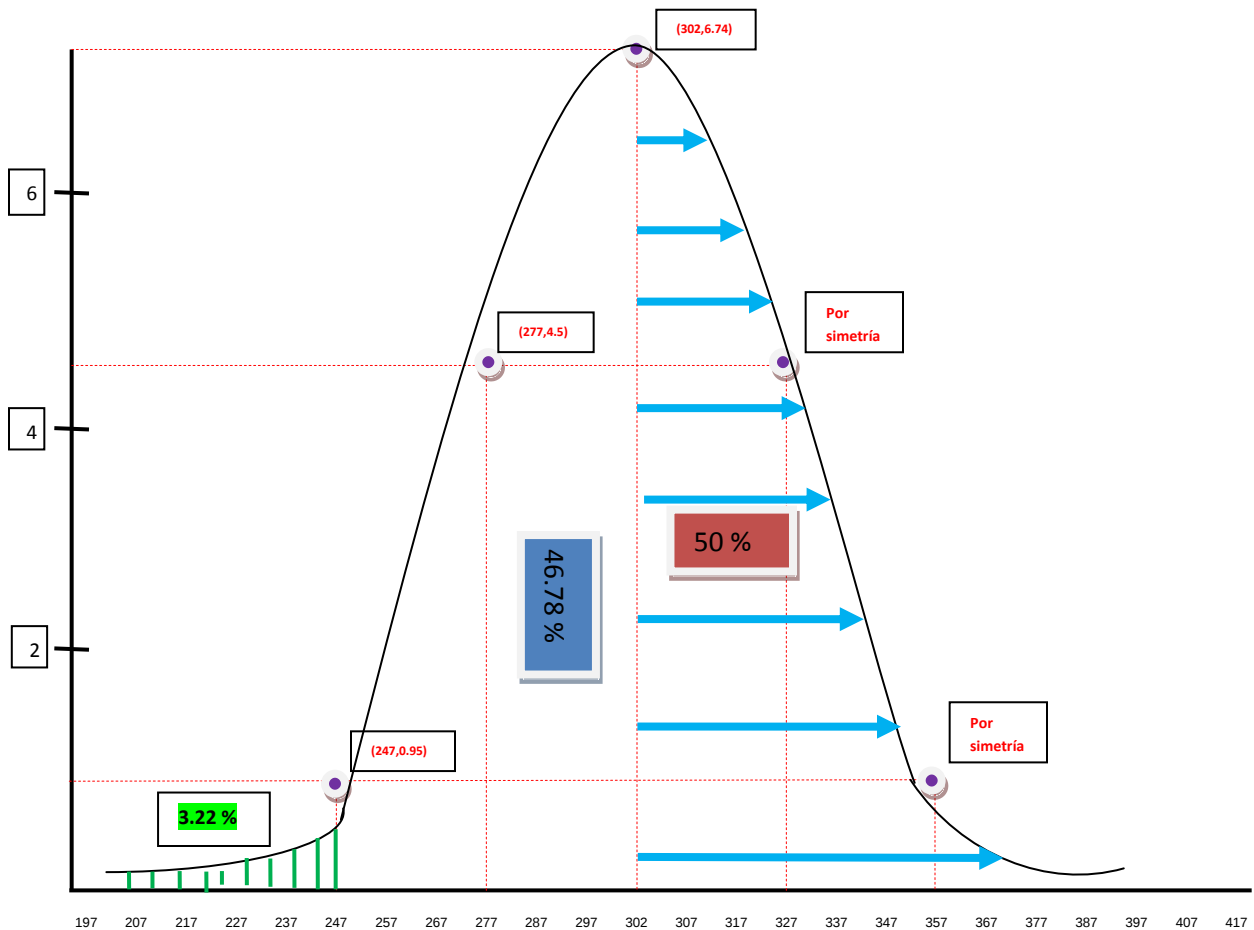
$$y = \frac{n}{\sigma} * \Delta * \frac{1}{2\pi} * e^{\frac{-t^2}{2}} \text{ ----- Ecuación 1}$$

Finalmente estandarizamos los valores de “x” (transformación z) escogiendo el área bajo la curva que va de F’c a x y tenemos que:

$z = \frac{x-x}{\sigma} = \frac{250-302}{28.1} = -1.85$ y buscamos en la tabla del anexo “A” de proporciones entre la media y algún dato “z”:

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.0							
.							
.							
.							
1.8						4678	

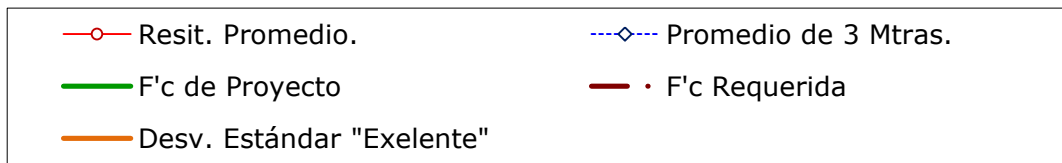
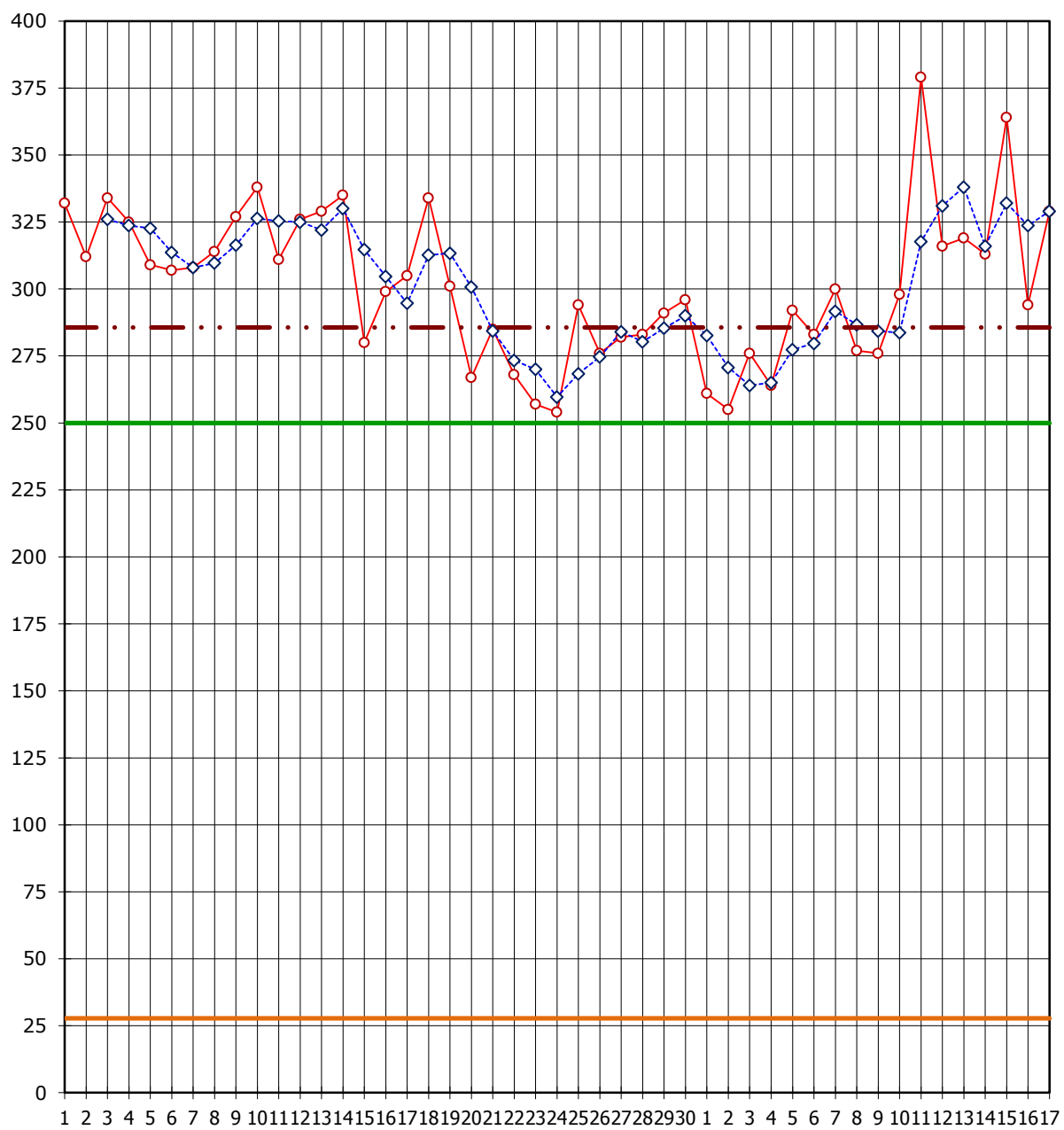
El área resultante es de 46.78 % por lo que al restar el 50% que es la mitad del gráfico en la curva de Gauss, tenemos que el valor de 3.22 % que sería el área que contiene los valores probables que caerían por debajo del f'c de proyecto.

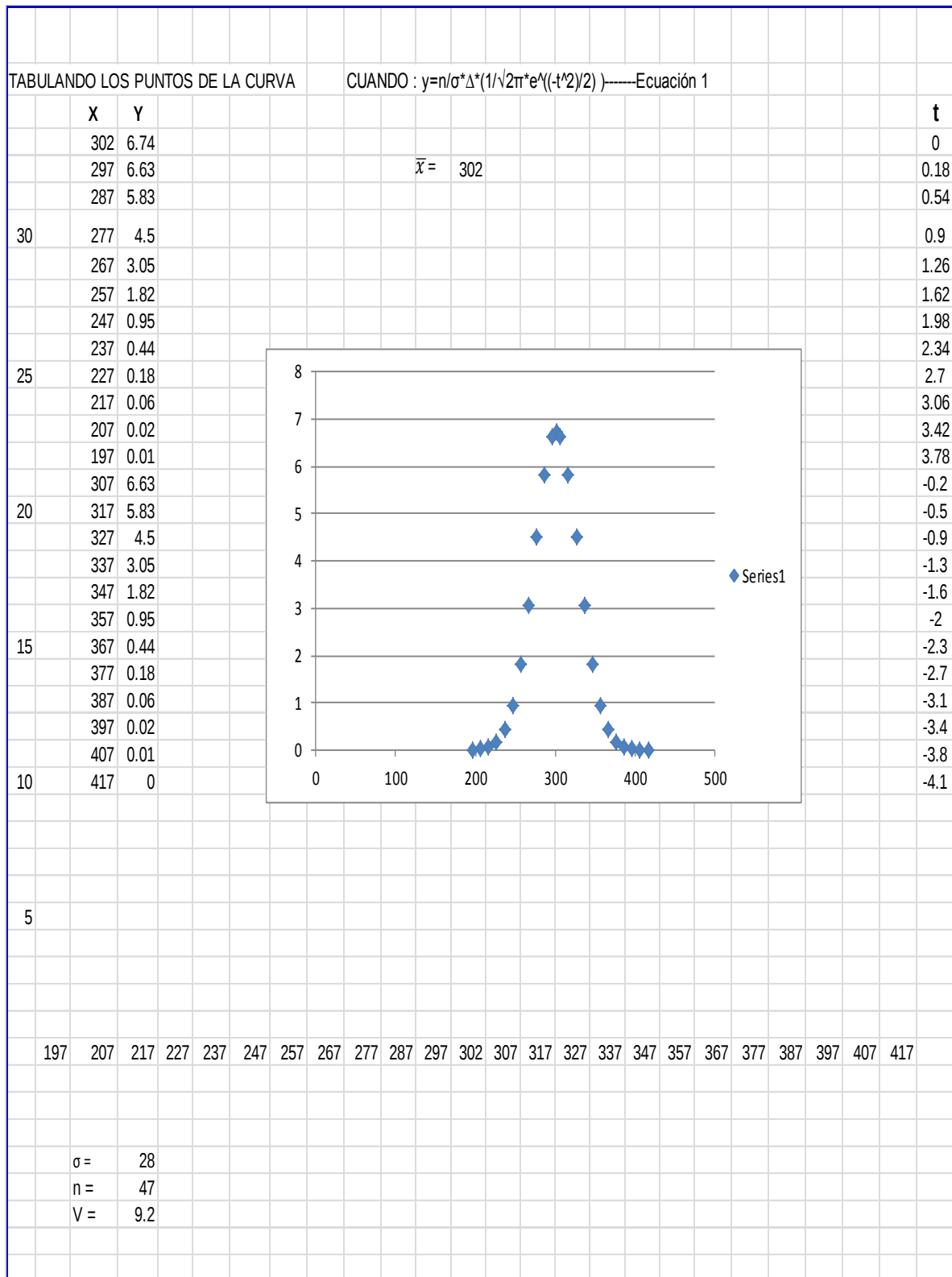


II.3.2.- Análisis de resultados en formato “hojas de cálculo” :

ELEMENTO ANALIZADO: ZAPATAS (CAD 0+000 AL CAD 0+450)					
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO					
Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F' c de Proyecto	F' c Requerida	Desviación Estándar
1	332		250	286	28
2	312		250	286	28
3	334	326	250	286	28
4	325	324	250	286	28
5	309	323	250	286	28
6	307	314	250	286	28
7	308	308	250	286	28
8	314	310	250	286	28
9	327	316	250	286	28
10	338	326	250	286	28
11	311	325	250	286	28
12	326	325	250	286	28
13	329	322	250	286	28
14	335	330	250	286	28
15	280	315	250	286	28
16	299	305	250	286	28
17	305	295	250	286	28
18	334	313	250	286	28
19	301	313	250	286	28
20	267	301	250	286	28
21	285	284	250	286	28
22	268	273	250	286	28
23	257	270	250	286	28
24	254	260	250	286	28
25	294	268	250	286	28
26	276	275	250	286	28
27	282	284	250	286	28
28	283	280	250	286	28
29	291	285	250	286	28
30	296	290	250	286	28
1	261	283	250	286	28
2	255	271	250	286	28
3	276	264	250	286	28
4	264	265	250	286	28
5	292	277	250	286	28
6	283	280	250	286	28
7	300	292	250	286	28
8	277	287	250	286	28
9	276	284	250	286	28
10	298	284	250	286	28
11	379	318	250	286	28
12	316	331	250	286	28
13	319	338	250	286	28
14	313	316	250	286	28
15	364	332	250	286	28
16	294	324	250	286	28
17	329	329	250	286	28

Cliente:.....	Corporativo Constructor de México		
Obra:.....	Construcción del Paseo de la Barranca		
Localización :....	Zacatlan, Pue.	Exp.	09/01
		Clave	BUA
Fecha:.....	11 de junio de 2014		
Cia. Premezcladora:.....	Hecho en Obra		
Periodo de Ensaye ;	De	8 de septiembre de 2013	
	a :	28 de enero 2014	
	Especificaciones NMX-C-155-ONNCCE-2004		
Clase de Concreto	Convencional		
F'c de Proyecto Kg / cm ²	250		
Promedio Kg / cm ²	302		
Desviación Estándar	28	Muy Buena	
Valor Máximo	379		
Valor Mínimo	254		
F'c R	286		
Numero	47		
Valores inferiores a F' c %	0.0	10 %	Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %	0.0	1 %	Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25	
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35	
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40	
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50	
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50	





ELEMENTO ANALIZADO: ZAPATAS (CAD 0+460 AL CAD 0+920)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F° c de Proyecto	F° c Requerida	Desviación Estándar
1	260		250	267	13
2	264		250	267	13
3	270	265	250	267	13
4	273	269	250	267	13
5	263	269	250	267	13
6	277	271	250	267	13
7	282	274	250	267	13
8	285	281	250	267	13
9	291	286	250	267	13
10	297	291	250	267	13
11	280	289	250	267	13
12	290	289	250	267	13
13	292	287	250	267	13
14	295	292	250	267	13
15	261	283	250	267	13
16	276	277	250	267	13
17	280	272	250	267	13
18	295	284	250	267	13
19	278	284	250	267	13
20	261	278	250	267	13
21	270	270	250	267	13
22	262	264	250	267	13
23	256	263	250	267	13
24	271	263	250	267	13
25	274	267	250	267	13
26	266	270	250	267	13
27	269	270	250	267	13
28	269	268	250	267	13
29	273	270	250	267	13
30	276	273	250	267	13
1	259	269	250	267	13
2	254	263	250	267	13
3	266	260	250	267	13
4	260	260	250	267	13
5	272	266	250	267	13
6	268	267	250	267	13
7	278	273	250	267	13
8	268	271	250	267	13
9	266	271	250	267	13
10	275	270	250	267	13
11	316	286	250	267	13
12	286	292	250	267	13
13	288	297	250	267	13
14	285	286	250	267	13
15	307	293	250	267	13
16	274	289	250	267	13
17	293	291	250	267	13

Cliente:..... Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

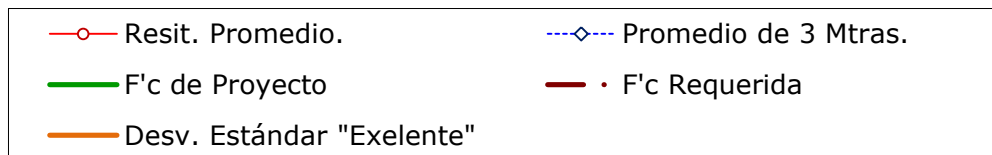
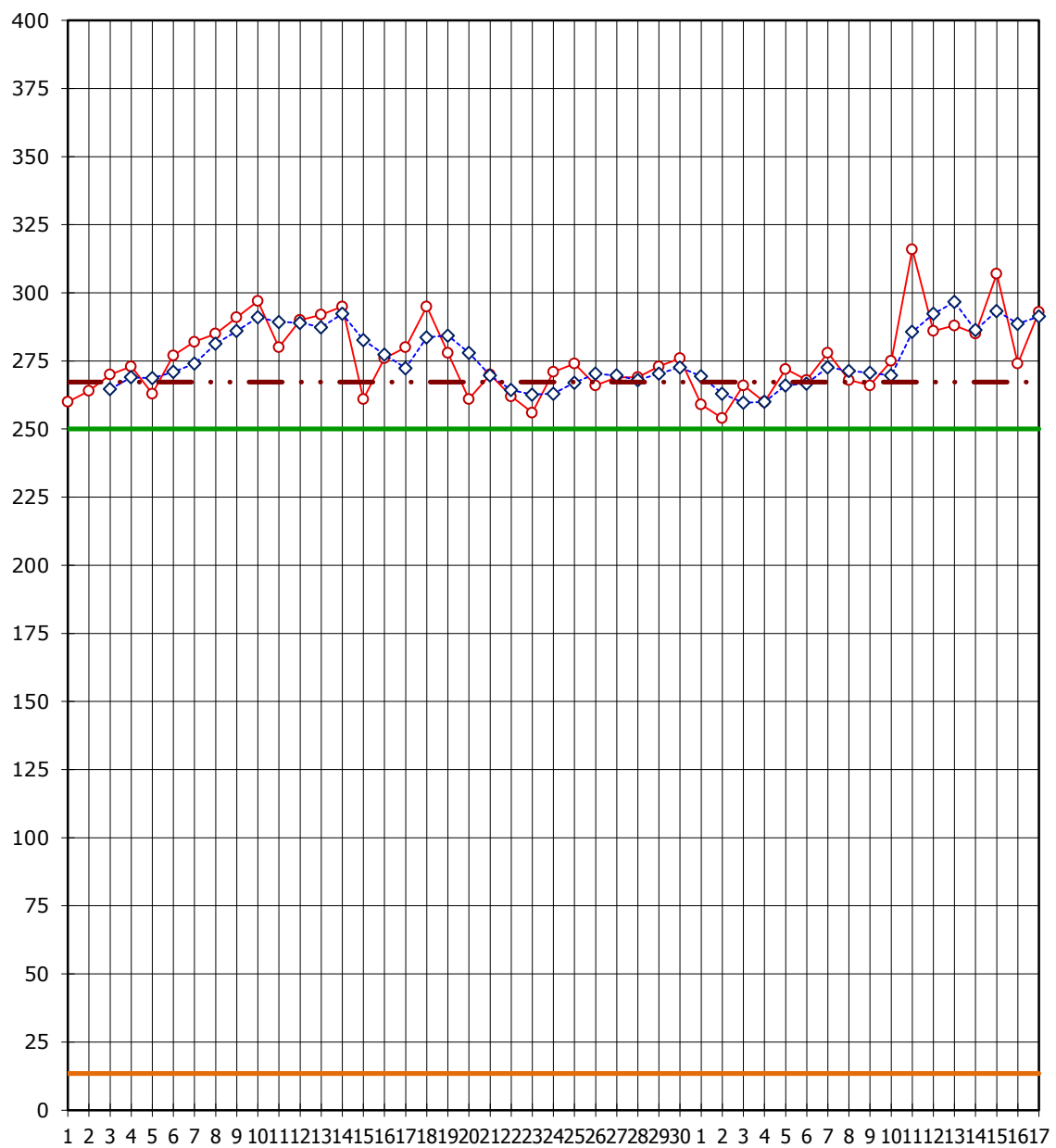
Localización :....	Zacatlan, Pue.	Exp.	09/01
		Clave	BUA

Fecha:.....	11 de junio de 2014
-------------	---------------------

Cia. Premezcladora:.....	Hecho en Obra
--------------------------	---------------

Periodo de Ensaye ;	De	8 de septiembre de 2013
	a :	28 de enero 2014

		Especificaciones NMX-C-155-ONNCCCE-2004	
Clase de Concreto		Convencional	
F'c de Proyecto Kg / cm ²		250	
Promedio Kg / cm ²		276	
Desviación Estándar		13	Excelente
Valor Máximo		316	
Valor Mínimo		254	
F'c R		267	
Numero		47	
Valores inferiores a F' c %		0.0	10 % Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %		0.0	1 % Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25	
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35	
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40	
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50	
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50	



ELEMENTO: Muro de contención cad. 0+000 al 0+450

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F' c de Proyecto	F' c Requerida	Desviación Estándar
1	290		250	291	32
2	250		250	291	32
3	240	260	250	291	32
4	325	272	250	291	32
5	309	291	250	291	32
6	307	314	250	291	32
7	308	308	250	291	32
8	260	292	250	291	32
9	327	298	250	291	32
10	338	308	250	291	32
11	311	325	250	291	32
12	326	325	250	291	32
13	329	322	250	291	32
14	255	303	250	291	32
15	280	288	250	291	32
16	299	278	250	291	32
17	305	295	250	291	32
18	334	313	250	291	32
19	301	313	250	291	32
20	267	301	250	291	32
21	267	278	250	291	32
22	268	267	250	291	32
23	257	264	250	291	32
24	254	260	250	291	32
25	294	268	250	291	32
26	276	275	250	291	32
27	269	280	250	291	32
28	283	276	250	291	32
29	291	281	250	291	32
30	296	290	250	291	32
1	261	283	250	291	32
2	255	271	250	291	32
3	276	264	250	291	32
4	264	265	250	291	32
5	292	277	250	291	32
6	283	280	250	291	32
7	300	292	250	291	32
8	200	261	250	291	32
9	276	259	250	291	32
10	298	258	250	291	32
11	379	318	250	291	32
12	316	331	250	291	32
13	260	318	250	291	32
14	300	292	250	291	32
15	364	308	250	291	32
16	280	315	250	291	32
17	300	315	250	291	32

Cliente:.....Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

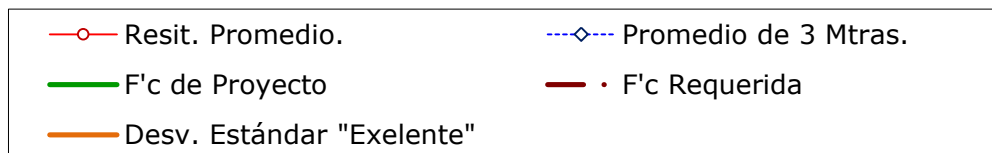
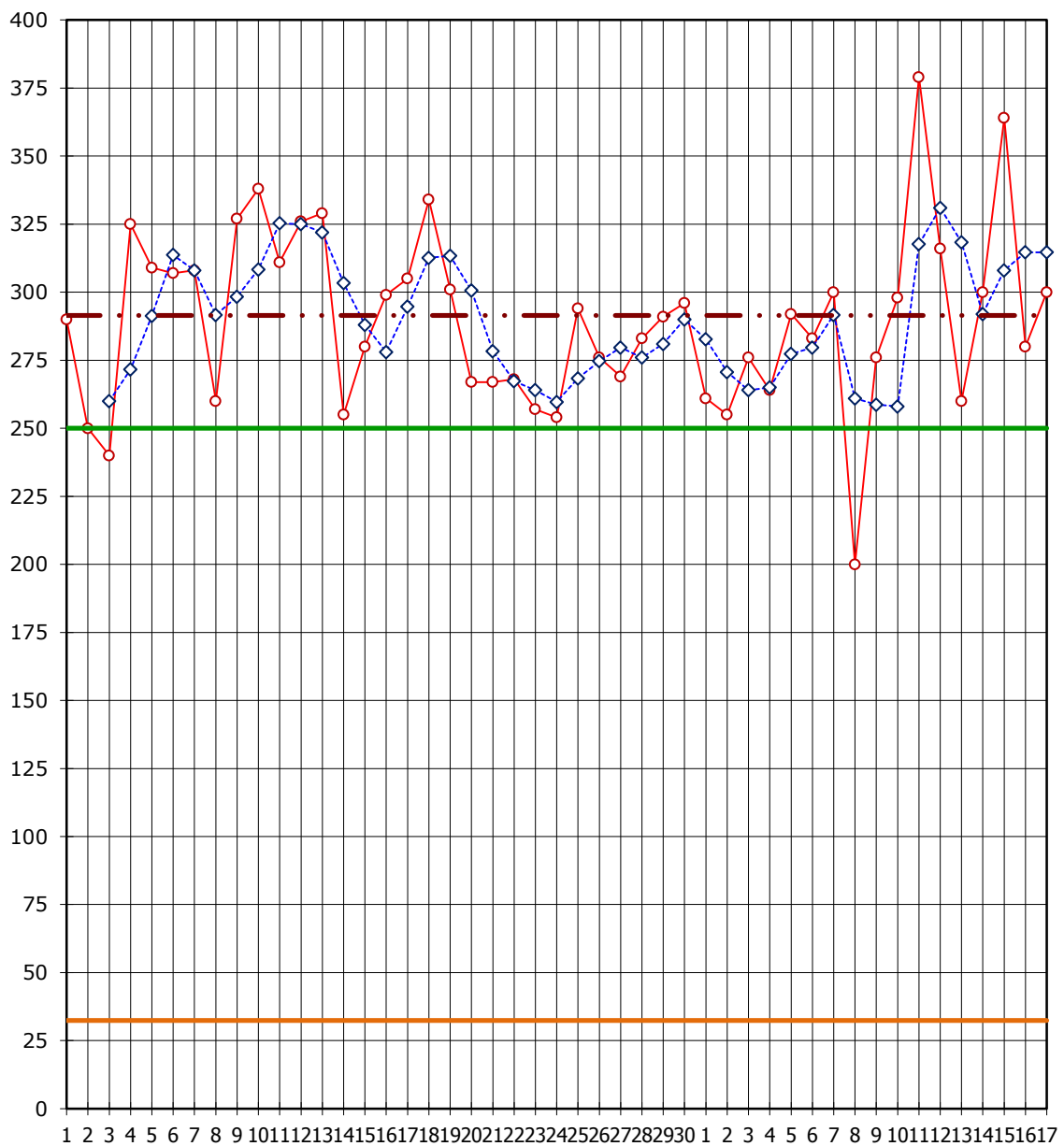
Localización :....	Zacatlan, Pue.	Exp.	09/01
		Clave	BUA

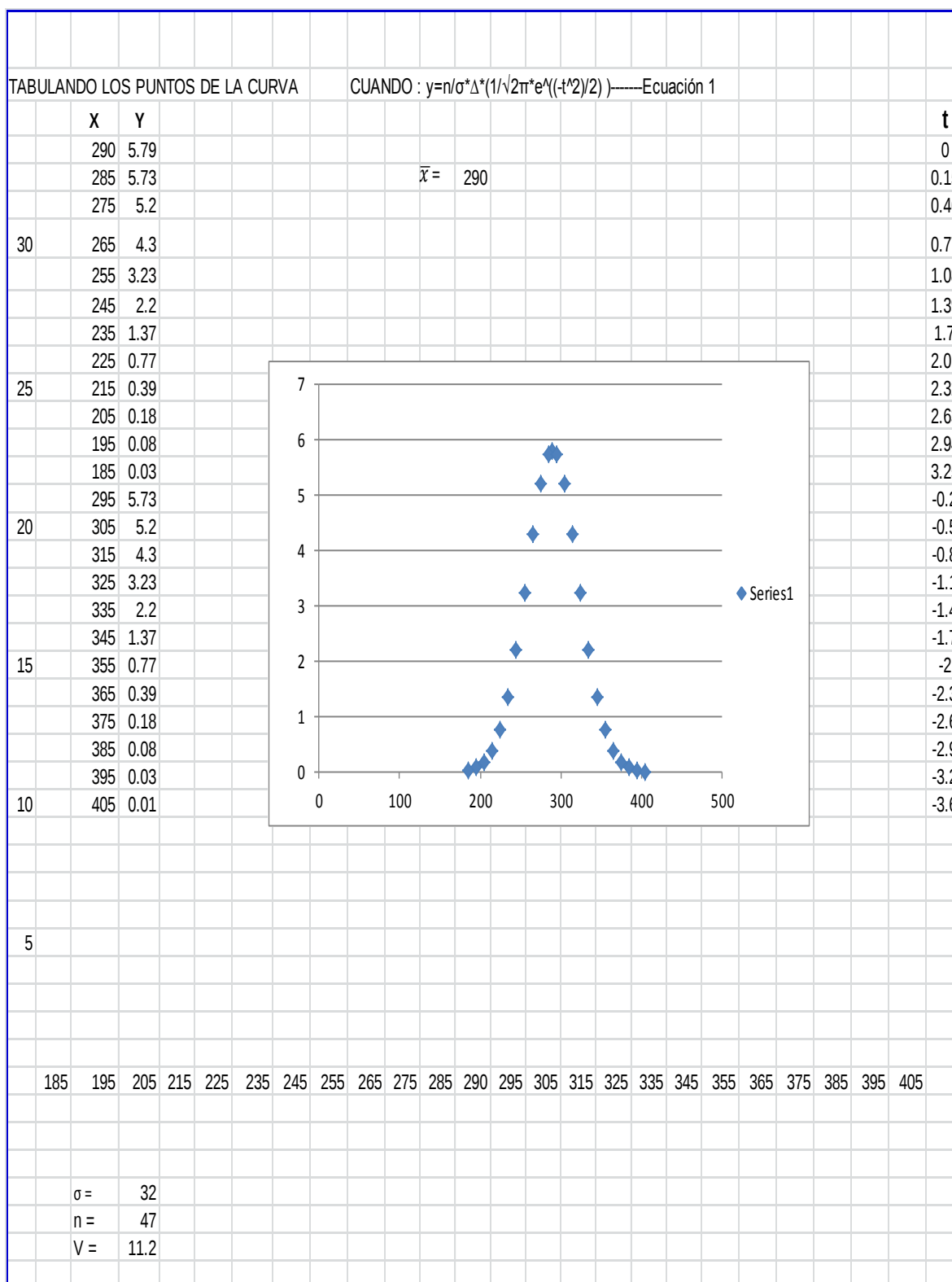
Fecha:.....	11 de junio de 2014
-------------	---------------------

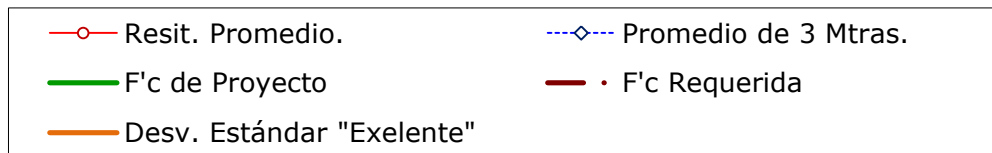
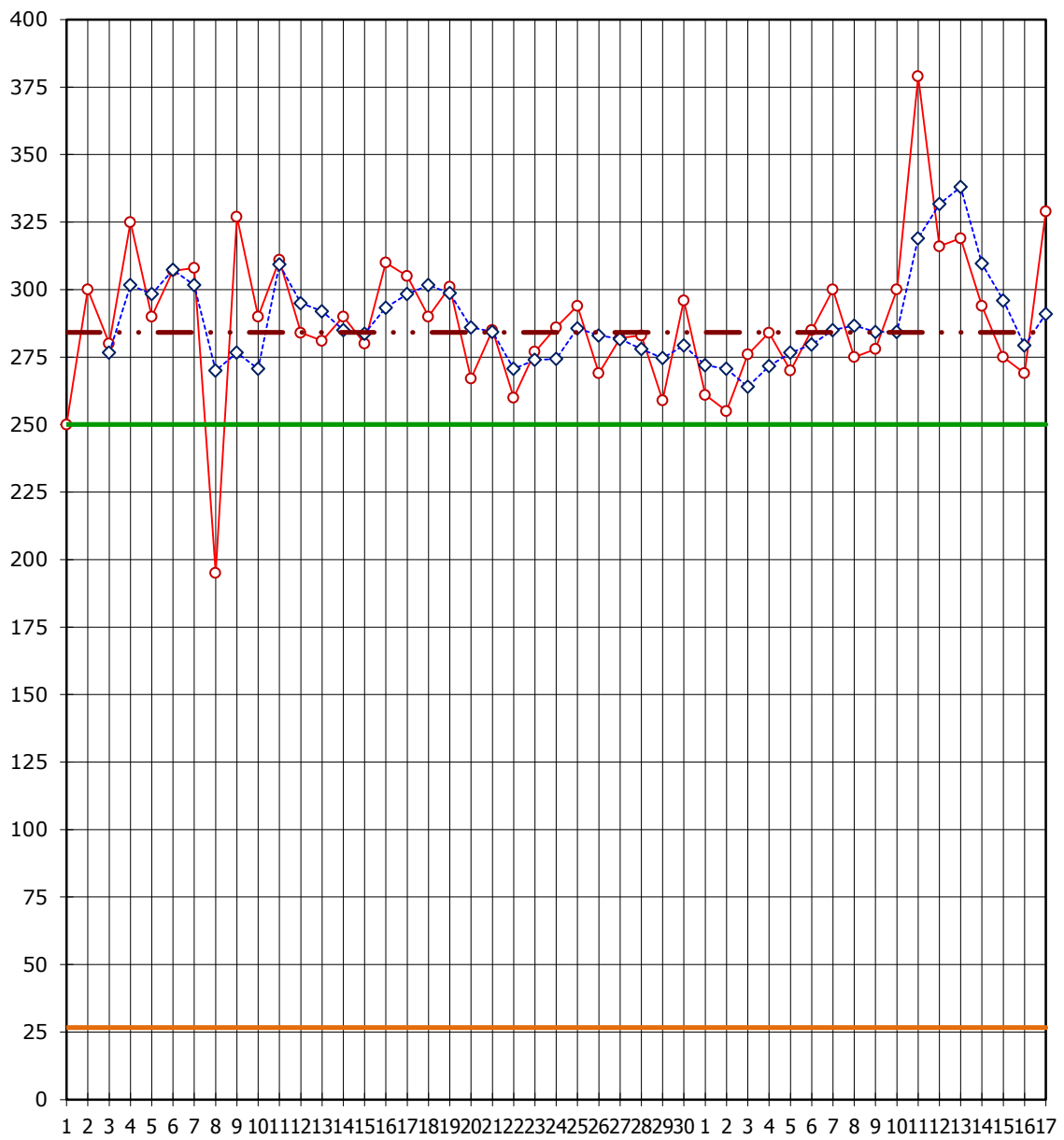
Cia. Premezcladora:.....	Hecho en Obra
--------------------------	---------------

Periodo de Ensaye ;	De	8 de septiembre de 2013
	a :	28 de enero 2014

		Especificaciones	
		NMX-C-155-ONNCCCE-2004	
Clase de Concreto		Convencional	
F'c de Proyecto Kg / cm ²		250	
Promedio Kg / cm ²		290	
Desviación Estándar		32	Muy Buena
Valor Máximo		379	
Valor Mínimo		200	
F'c R		291	
Numero		47	
Valores inferiores a F' c %		0.0	10 % Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %		0.0	1 % Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25	
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35	
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40	
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50	
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50	







ELEMENTO ANALIZADO: PILOTES (CAD 0+000 AL CAD 0+450)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F° c de Proyecto	F° c Requerida	Desviación Estándar
1	287		250	258	6
2	306		250	258	6
3	280	291	250	258	6
4	285	290	250	258	6
5	283	283	250	258	6
6	292	287	250	258	6
7	295	290	250	258	6
8	287	291	250	258	6
9	294	292	250	258	6
10	291	291	250	258	6
11	283	289	250	258	6
12	279	284	250	258	6
13	285	282	250	258	6
14	279	281	250	258	6
15	296	287	250	258	6
16	287	287	250	258	6
17	285	289	250	258	6
18	278	283	250	258	6
19	282	282	250	258	6
20	287	282	250	258	6
21	283	284	250	258	6
22	280	283	250	258	6
23	275	279	250	258	6
24	288	281	250	258	6
25	287	283	250	258	6
26	285	287	250	258	6
27	295	289	250	258	6
28	280	287	250	258	6
29	278	284	250	258	6
30	289	282	250	258	6
1	287	285	250	258	6
2	280	285	250	258	6
3	282	283	250	258	6
4	278	280	250	258	6
5	286	282	250	258	6
6	283	282	250	258	6
7	287	285	250	258	6
8	283	284	250	258	6
9	275	282	250	258	6
10	290	283	250	258	6
11	280	282	250	258	6
12	293	288	250	258	6
13	288	287	250	258	6
14	278	286	250	258	6
15	285	284	250	258	6
16	288	284	250	258	6
17	284	286	250	258	6

Cliente:..... Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

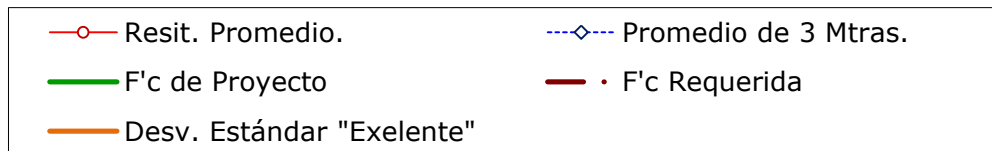
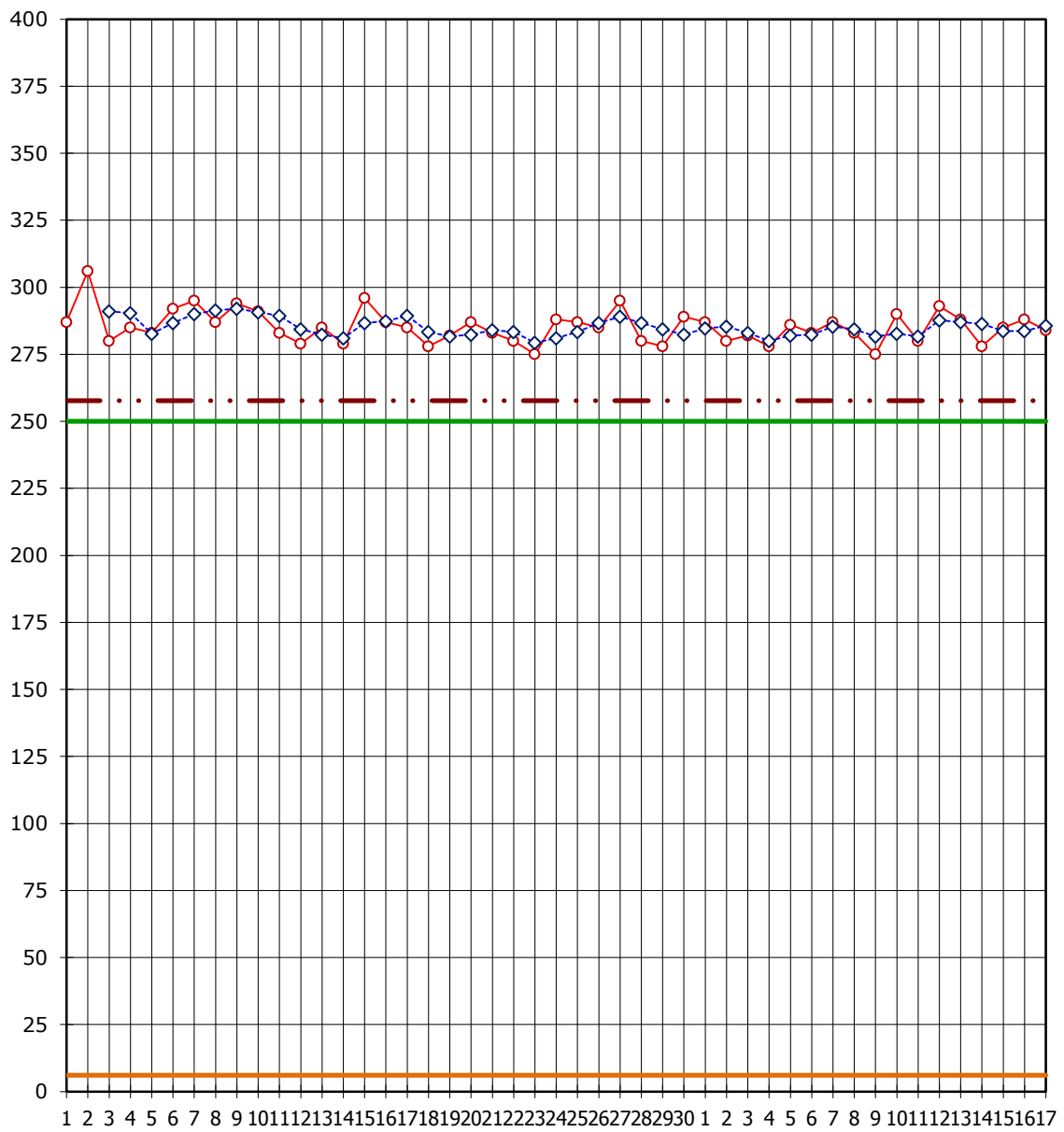
Localización :....	Zacatlan, Pue.	Exp.	09/01
		Clave	BUA

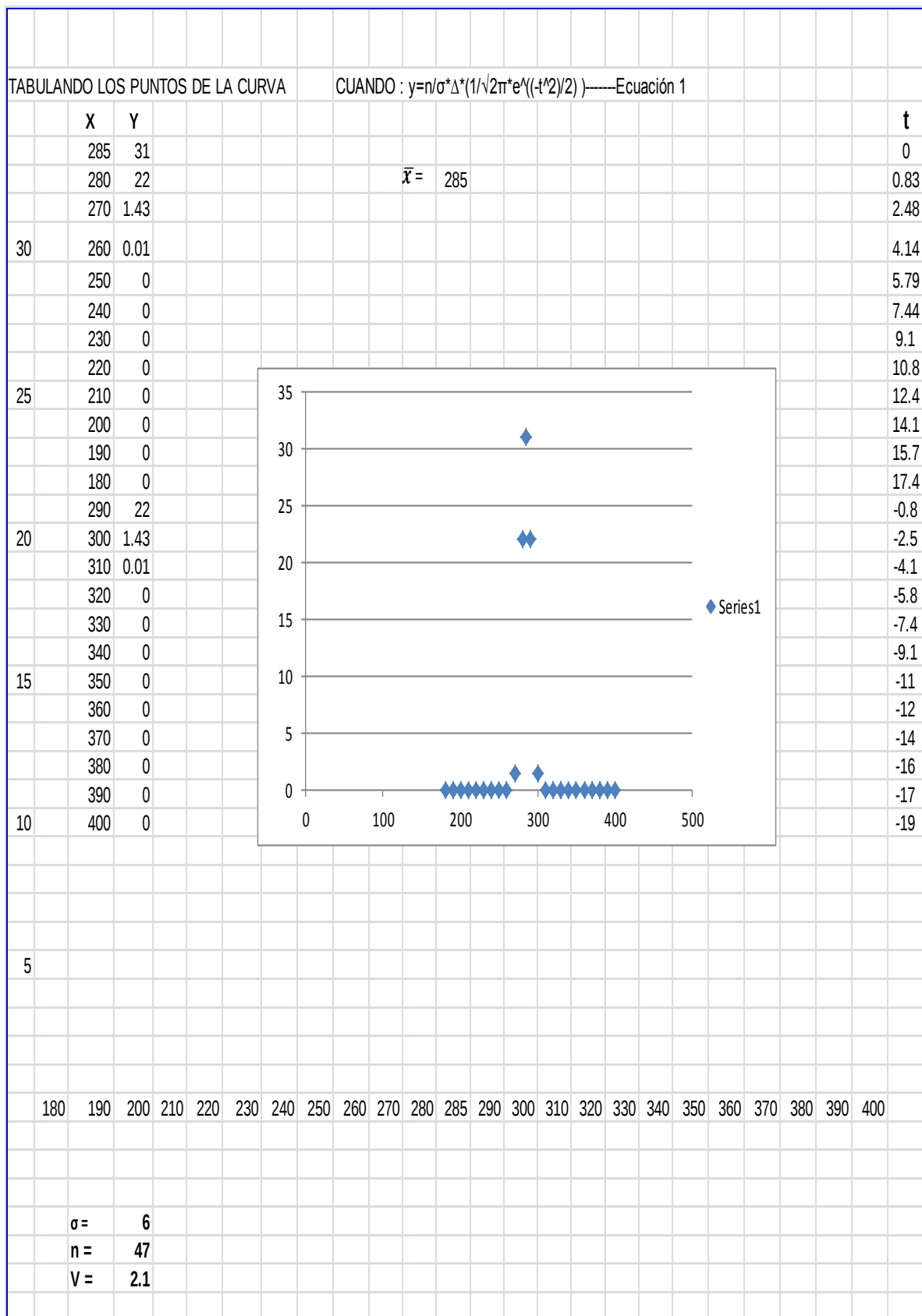
Fecha:.....	11 de junio de 2014
-------------	---------------------

Cia. Premezcladora:.....	Hecho en Obra
--------------------------	---------------

Periodo de Ensaye ;	De	8 de septiembre de 2013
	a :	28 de enero 2014

		Especificaciones NMX-C-155-ONNCC-2004	
Clase de Concreto		Convencional	
F'c de Proyecto Kg / cm ²	250		
Promedio Kg / cm ²	285		
Desviación Estándar	6		Excelente
Valor Máximo	306		
Valor Mínimo	275		
F'c R	258		
Numero	47		
Valores inferiores a F' c %	0.0	10 %	Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %	0.0	1 %	Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25	
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35	
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40	
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50	
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50	





ELEMENTO ANALIZADO: PILOTES (CAD 0+460 AL CAD 0+920)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F' c de Proyecto	F' c Requerida	Desviación Estándar
1	267		250	258	6
2	286		250	258	6
3	260	271	250	258	6
4	265	270	250	258	6
5	263	263	250	258	6
6	272	267	250	258	6
7	275	270	250	258	6
8	267	271	250	258	6
9	274	272	250	258	6
10	271	271	250	258	6
11	263	269	250	258	6
12	259	264	250	258	6
13	265	262	250	258	6
14	259	261	250	258	6
15	276	267	250	258	6
16	267	267	250	258	6
17	265	269	250	258	6
18	258	263	250	258	6
19	262	262	250	258	6
20	267	262	250	258	6
21	263	264	250	258	6
22	260	263	250	258	6
23	255	259	250	258	6
24	268	261	250	258	6
25	267	263	250	258	6
26	265	267	250	258	6
27	275	269	250	258	6
28	260	267	250	258	6
29	258	264	250	258	6
30	269	262	250	258	6
1	267	265	250	258	6
2	260	265	250	258	6
3	262	263	250	258	6
4	258	260	250	258	6
5	266	262	250	258	6
6	263	262	250	258	6
7	267	265	250	258	6
8	263	264	250	258	6
9	255	262	250	258	6
10	270	263	250	258	6
11	260	262	250	258	6
12	273	268	250	258	6
13	268	267	250	258	6
14	258	266	250	258	6
15	265	264	250	258	6
16	268	264	250	258	6
17	264	266	250	258	6

Cliente:..... Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

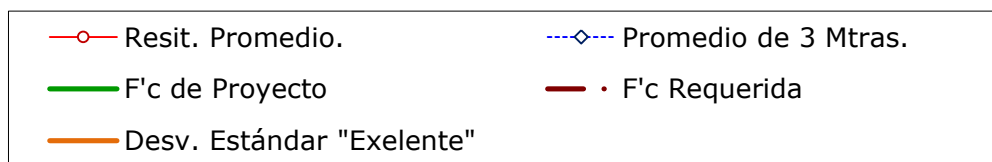
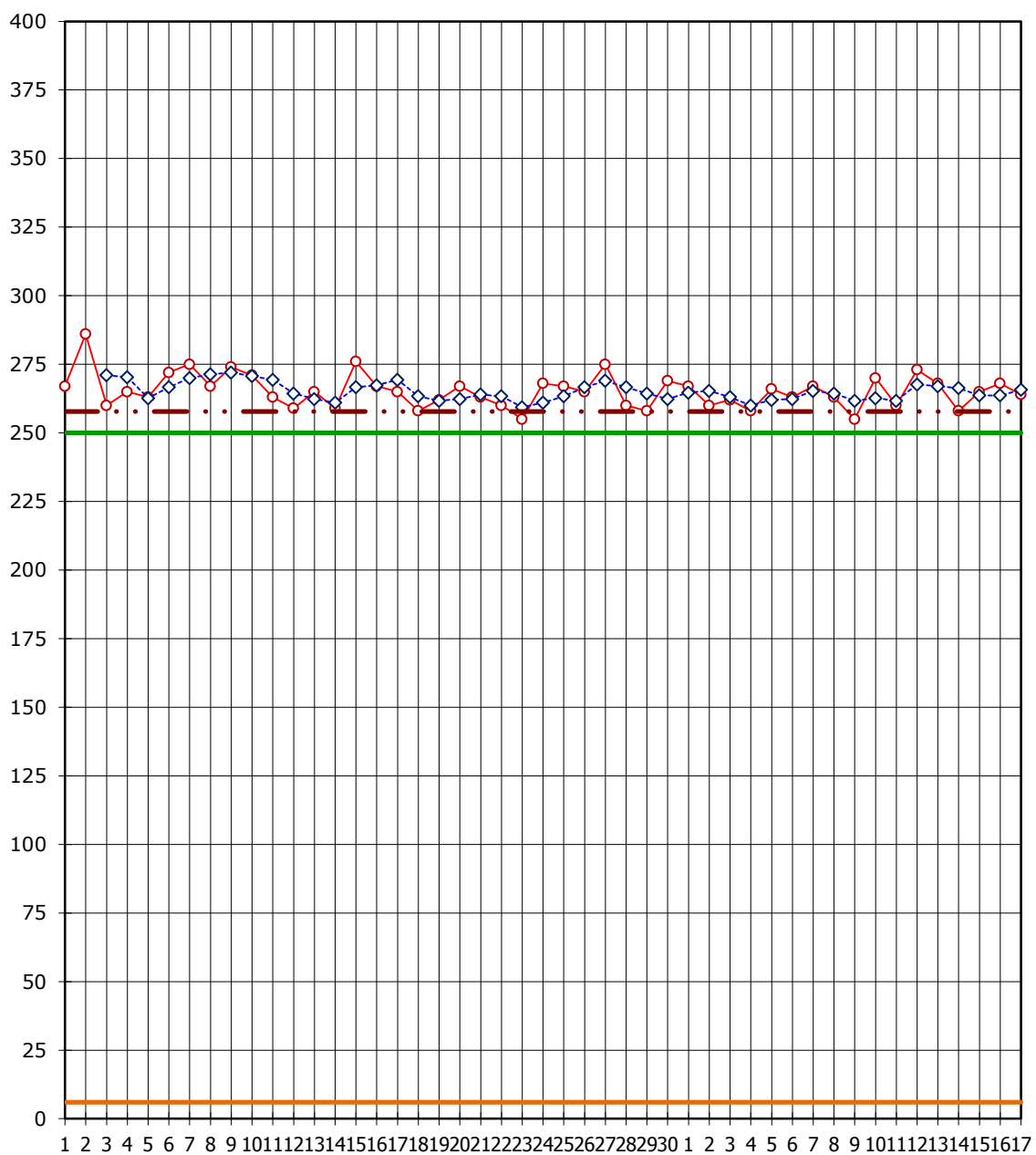
Localización :....	Zacatlan, Pue.	Exp.	09/01
		Clave	BUA

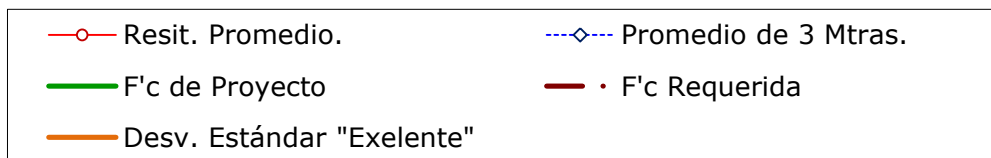
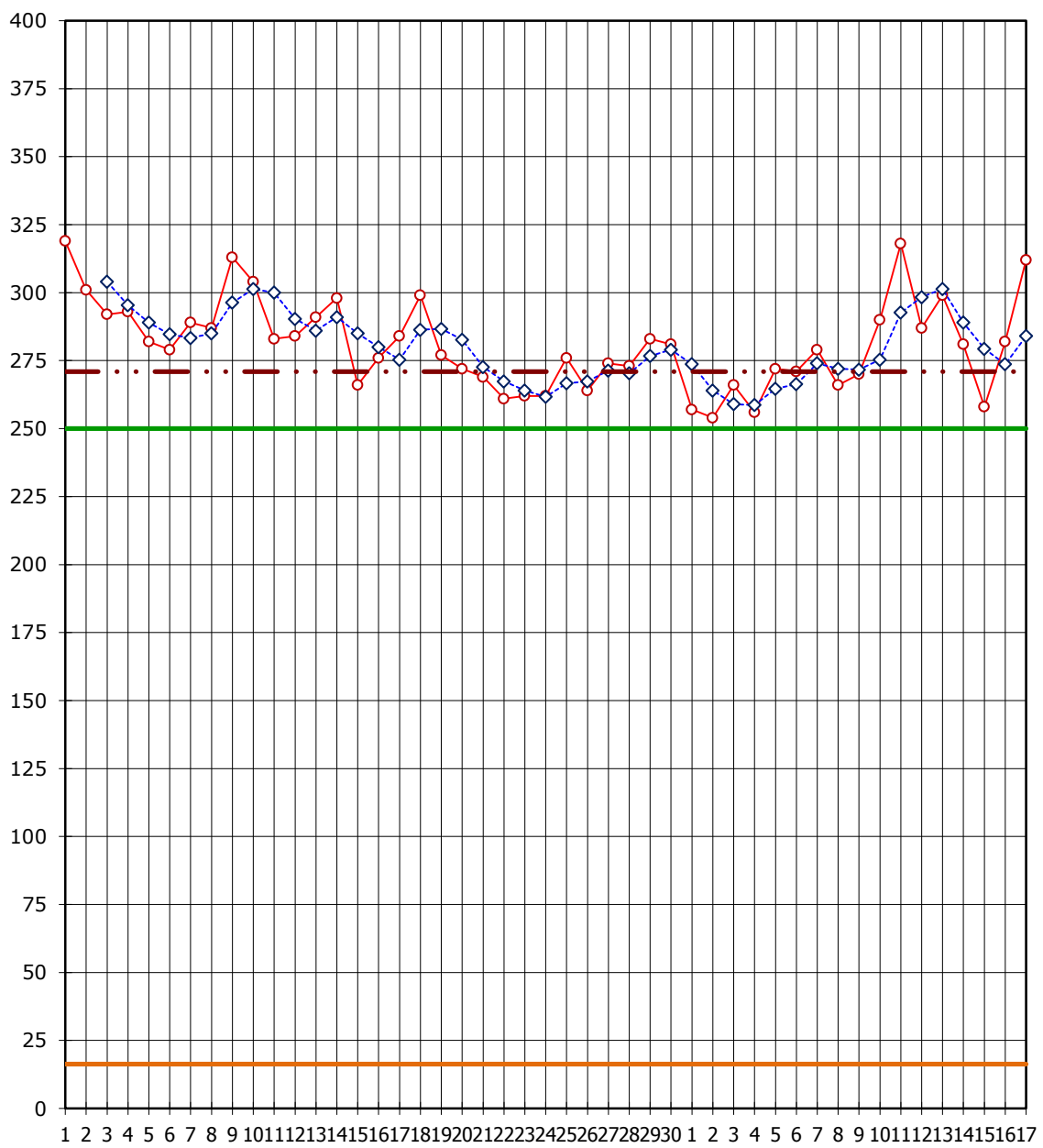
Fecha:.....	11 de junio de 2014
-------------	---------------------

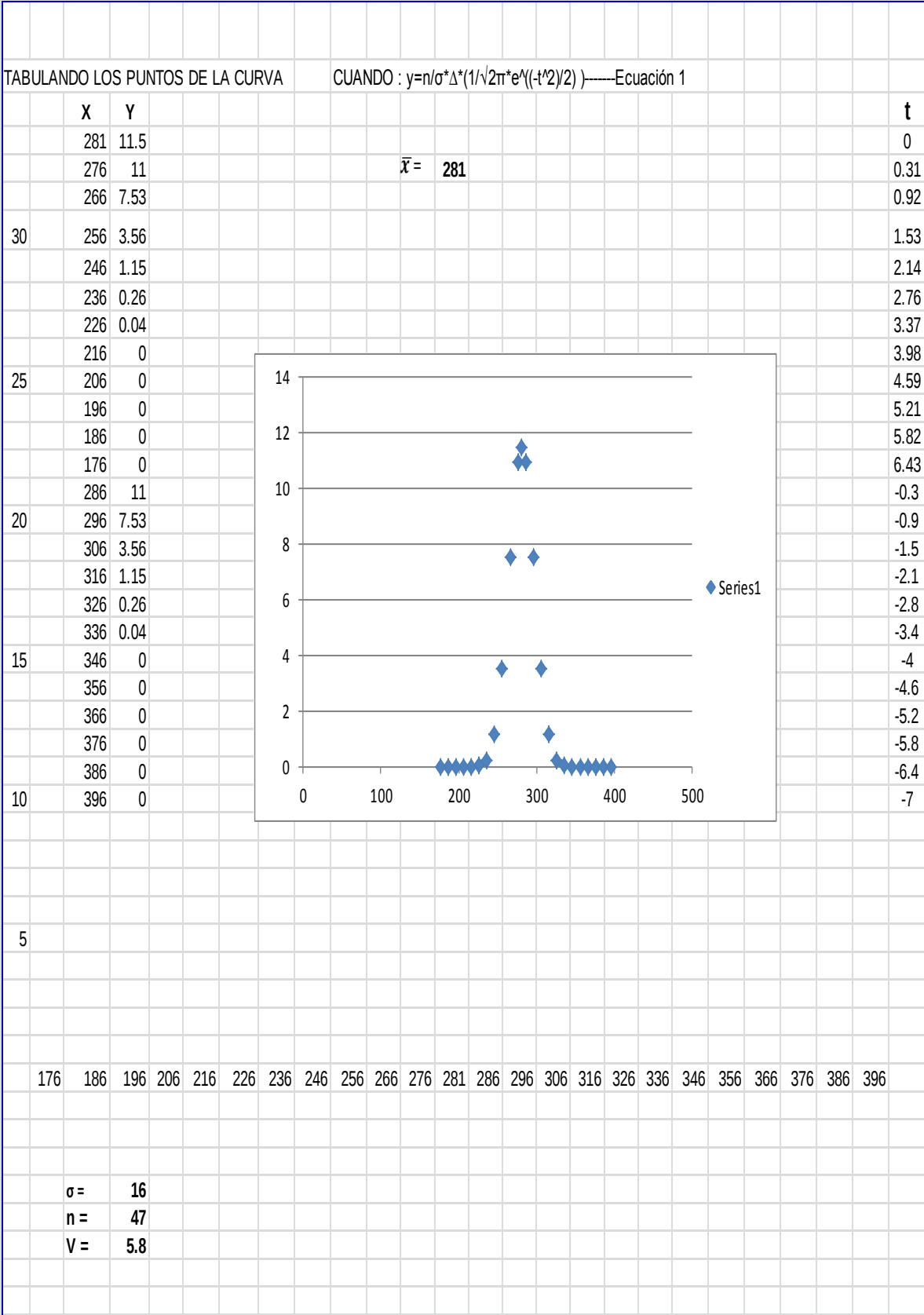
Cia. Premezcladora:.....	Hecho en Obra
--------------------------	---------------

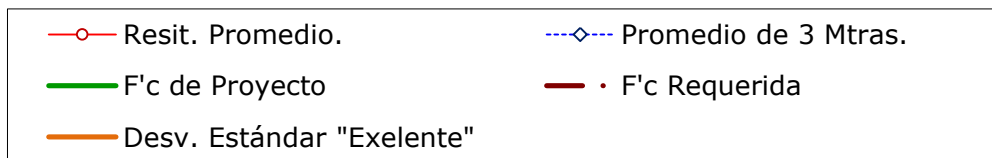
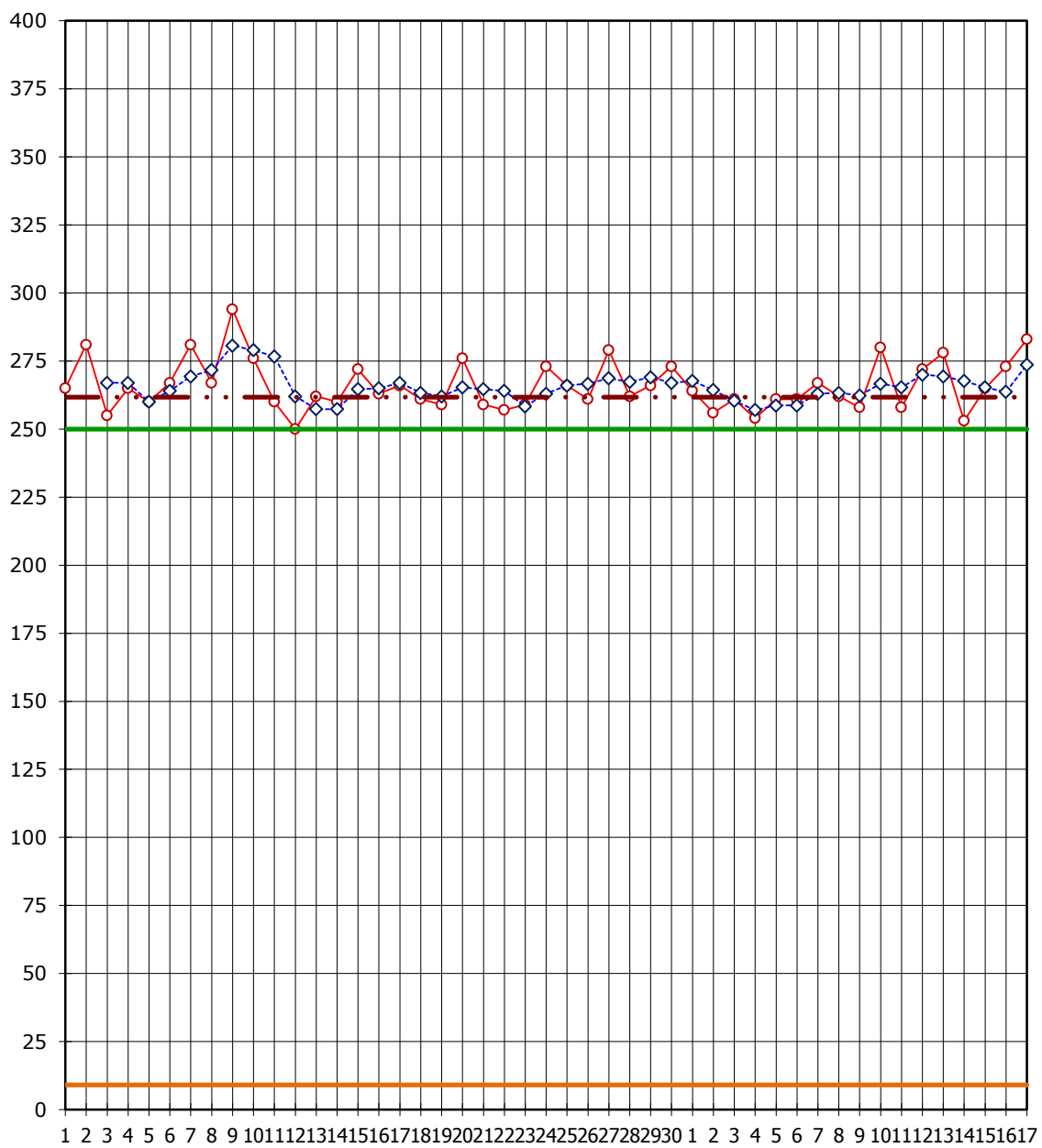
Periodo de Ensaye ;	De	8 de septiembre de 2013
	a :	28 de enero 2014

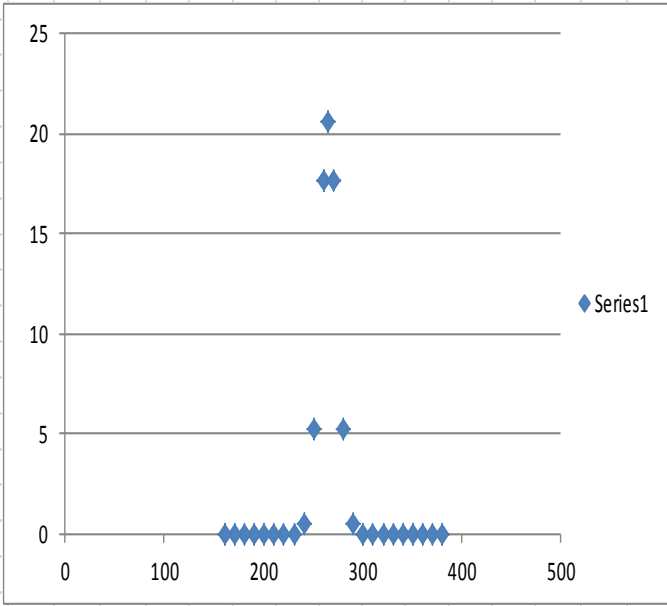
		Especificaciones NMX-C-155-ONNCC-2004	
Clase de Concreto		Convencional	
F'c de Proyecto Kg / cm ²	250		
Promedio Kg / cm ²	265		
Desviación Estándar	6		Excelente
Valor Máximo	286		
Valor Mínimo	255		
F'c R	258		
Numero	47		
Valores inferiores a F' c %	0.0	10 %	Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %	0.0	1 %	Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente		0 - 25
Desviación Estándar.....	Muy Buena		25 - 35
Desviación Estándar.....	Buena		35 - 40
Desviación Estándar.....	Aceptable		40 - 50
Desviación Estándar.....	Pobre		Mas de 50









TABULANDO LOS PUNTOS DE LA CURVA										CUANDO : $y=n/\sigma*\Delta*(1/\sqrt{2\pi}*e^{-(t^2/2)})$ -----Ecuación 1									
		X	Y			$\bar{x} =$			t										
		266	20.6			266			0										
		261	17.7						0.55										
		251	5.3						1.65										
30		241	0.48						2.75										
		231	0.01						3.84										
		221	0						4.94										
		211	0						6.04										
		201	0						7.14										
25		191	0						8.24										
		181	0						9.33										
		171	0						10.4										
		161	0						11.5										
20		271	17.7						-0.5										
		281	5.3						-1.6										
		291	0.48						-2.7										
		301	0.01						-3.8										
		311	0						-4.9										
		321	0						-6										
15		331	0						-7.1										
		341	0						-8.2										
		351	0						-9.3										
		361	0						-10										
		371	0						-12										
10		381	0						-13										
																			
5																			
161 171 181 191 201 211 221 231 241 251 261 266 271 281 291 301 311 321 331 341 351 361 371 381																			
$\sigma =$ 9																			
$n =$ 47																			
$V =$ 3.4																			

ELEMENTO ANALIZADO: PAVIMENTO (CAD 0+00 AL CAD 0+450)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F' c de Proyecto	F' c Requerida	Desviación Estándar
1	262		250	288	30
2	281		250	288	30
3	255	266	250	288	30
4	260	265	250	288	30
5	258	258	250	288	30
6	245	254	250	288	30
7	270	258	250	288	30
8	262	259	250	288	30
9	269	267	250	288	30
10	266	266	250	288	30
11	258	264	250	288	30
12	254	259	250	288	30
13	245	252	250	288	30
14	254	251	250	288	30
15	271	257	250	288	30
16	262	262	250	288	30
17	260	264	250	288	30
18	253	258	250	288	30
19	257	257	250	288	30
20	262	257	250	288	30
21	258	259	250	288	30
22	255	258	250	288	30
23	250	254	250	288	30
24	263	256	250	288	30
25	262	258	250	288	30
26	245	257	250	288	30
27	270	259	250	288	30
28	255	257	250	288	30
29	253	259	250	288	30
30	240	249	250	288	30
1	240	244	250	288	30
2	235	238	250	288	30
3	230	235	250	288	30
4	253	239	250	288	30
5	261	248	250	288	30
6	225	246	250	288	30
7	200	229	250	288	30
8	201	209	250	288	30
9	175	192	250	288	30
10	175	184	250	288	30
11	175	175	250	288	30
12	175	175	250	288	30
13	180	177	250	288	30
14	183	179	250	288	30
15	260	208	250	288	30
16	263	235	250	288	30
17	259	261	250	288	30

Cliente:..... Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

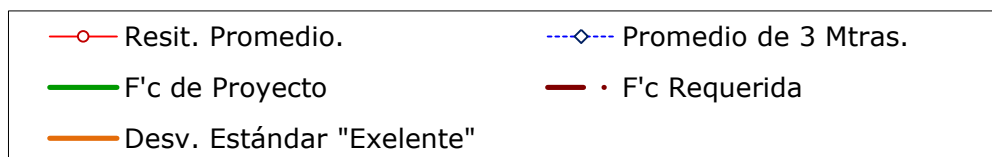
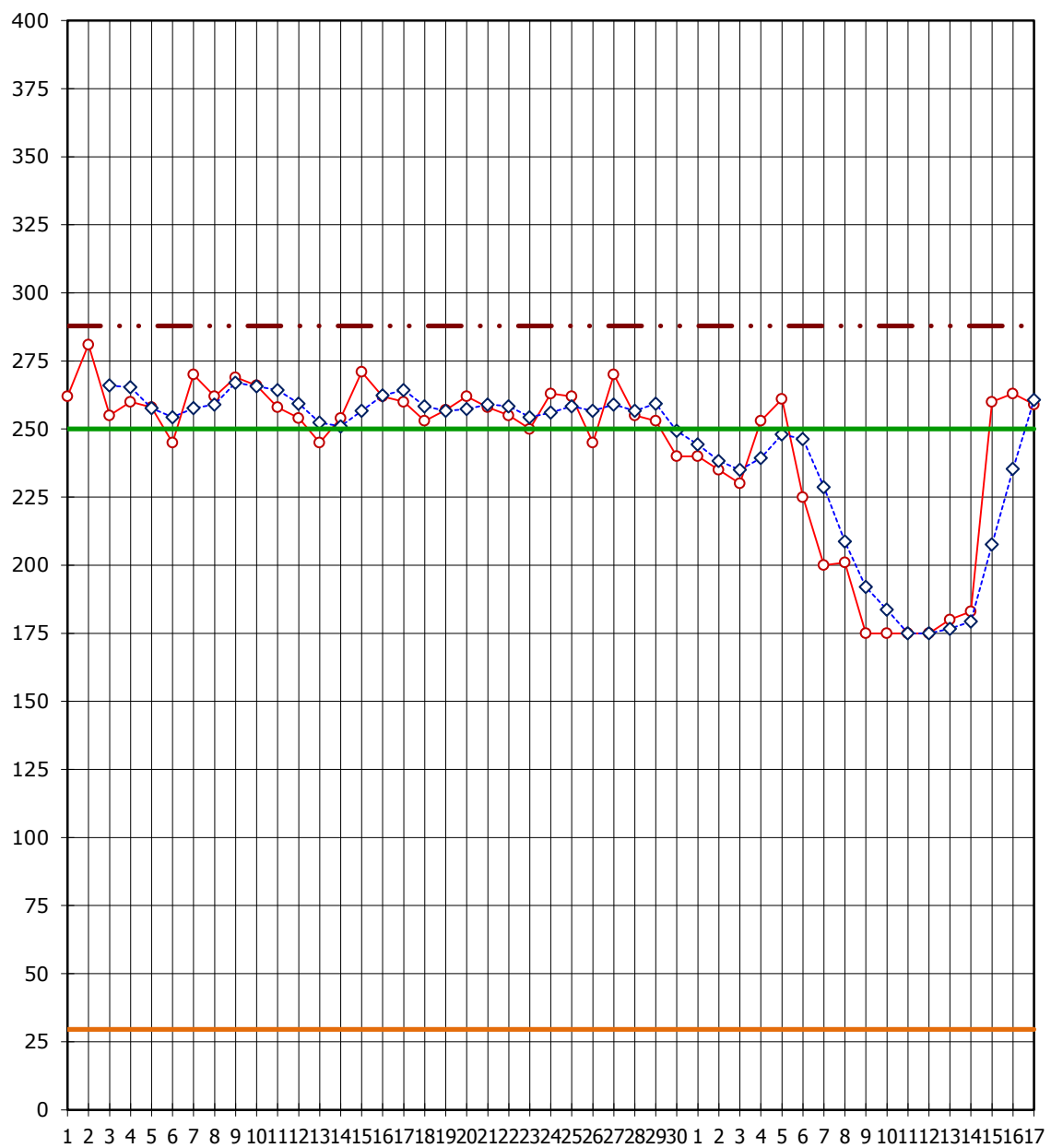
Localización :..... Zacatlan, Pue. Exp. 09/01
Clave BUA

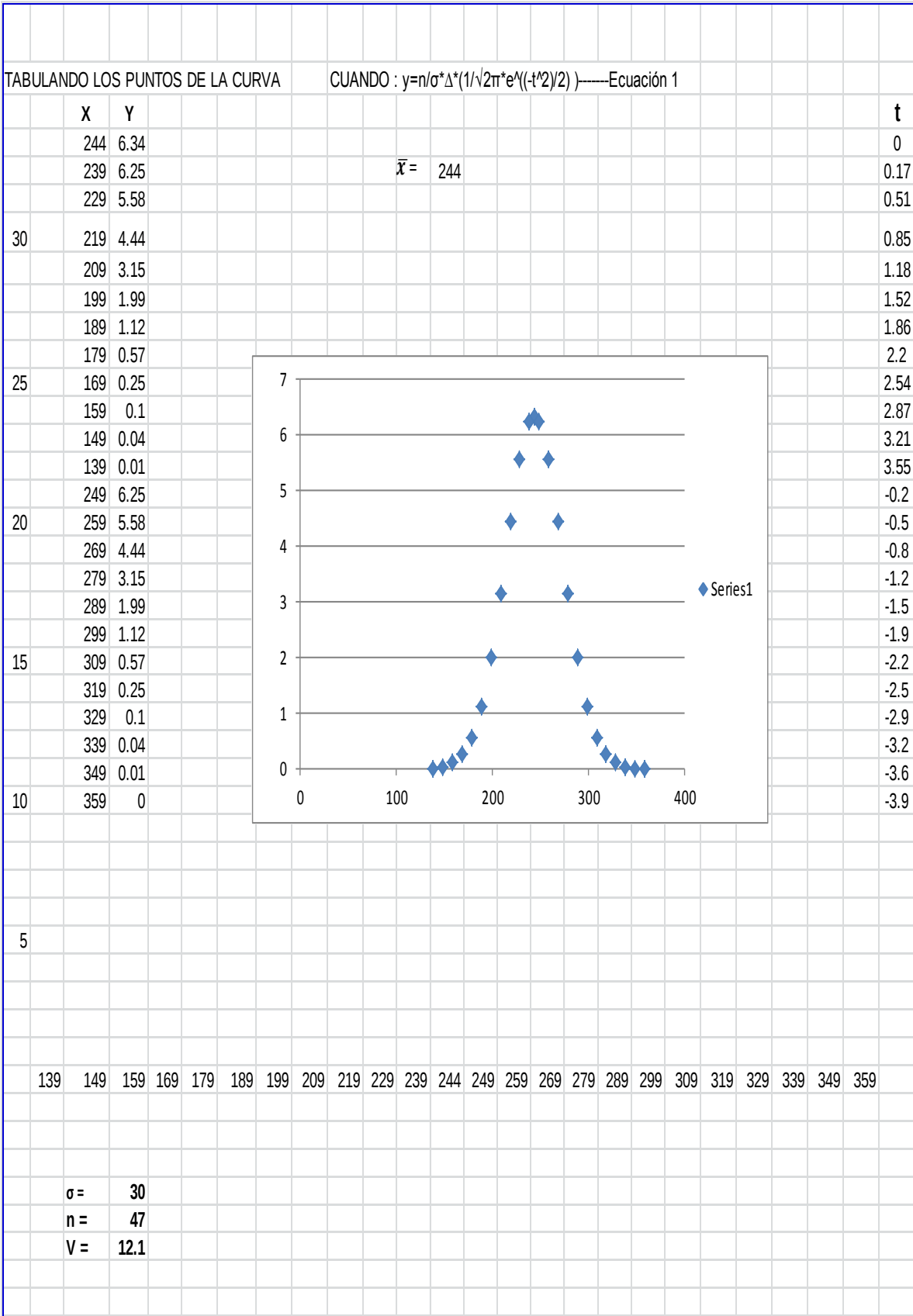
Fecha:..... 11 de junio de 2014

Cia. Premezcladora:..... Hecho en Obra

Periodo de Ensaye ; De 8 de septiembre de 2013
a : 28 de enero 2014

Especificaciones NMX-C-155-ONNCCE-2004		
Clase de Concreto	Convencional	
F'c de Proyecto Kg / cm ²	250	
Promedio Kg / cm ²	244	
Desviación Estándar	30	Muy Buena
Valor Máximo	281	
Valor Mínimo	175	
F'c R	288	
Numero	47	
Valores inferiores a F' c %	0.0	10 % Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %	0.0	1 % Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50





ELEMENTO ANALIZADO: PAVIMENTO (CAD 0+460 AL CAD 0+920)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE CONCRETO

Muestra	Resistencia Promedio	Consecutivo de 3 Mtras.	F' c de Proyecto	F' c Requerida	Desviación Estándar
1	266		250	285	27
2	285		250	285	27
3	259	270	250	285	27
4	264	269	250	285	27
5	262	262	250	285	27
6	249	258	250	285	27
7	274	262	250	285	27
8	266	263	250	285	27
9	273	271	250	285	27
10	270	270	250	285	27
11	262	268	250	285	27
12	258	263	250	285	27
13	249	256	250	285	27
14	258	255	250	285	27
15	275	261	250	285	27
16	266	266	250	285	27
17	264	268	250	285	27
18	257	262	250	285	27
19	261	261	250	285	27
20	266	261	250	285	27
21	262	263	250	285	27
22	259	262	250	285	27
23	254	258	250	285	27
24	267	260	250	285	27
25	266	262	250	285	27
26	249	261	250	285	27
27	274	263	250	285	27
28	259	261	250	285	27
29	257	263	250	285	27
30	244	253	250	285	27
1	244	248	250	285	27
2	239	242	250	285	27
3	234	239	250	285	27
4	257	243	250	285	27
5	265	252	250	285	27
6	229	250	250	285	27
7	204	233	250	285	27
8	205	213	250	285	27
9	179	196	250	285	27
10	204	196	250	285	27
11	216	200	250	285	27
12	179	200	250	285	27
13	184	193	250	285	27
14	187	183	250	285	27
15	264	212	250	285	27
16	267	239	250	285	27
17	263	265	250	285	27

Ciente:..... Corporativo Constructor de México

Obra:..... Construcción del Paseo de la Barranca

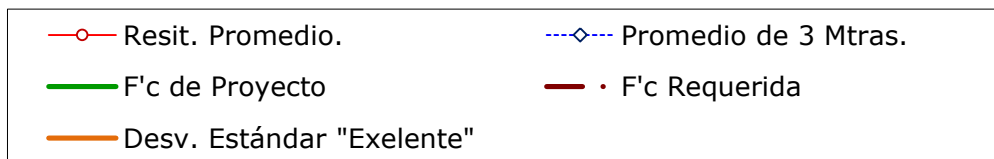
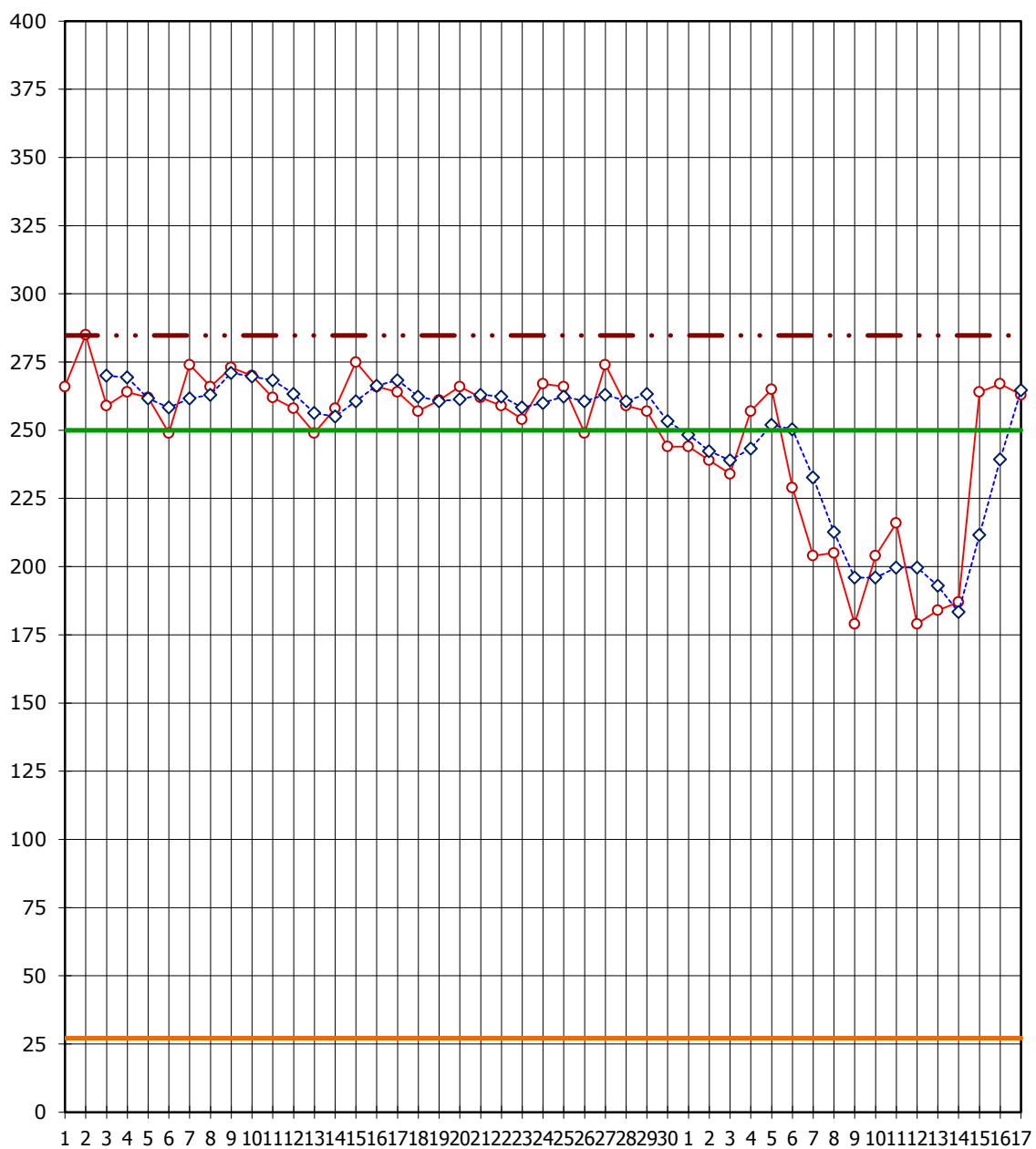
Localización :..... Zacatlan, Pue. Exp. 09/01
Clave BUA

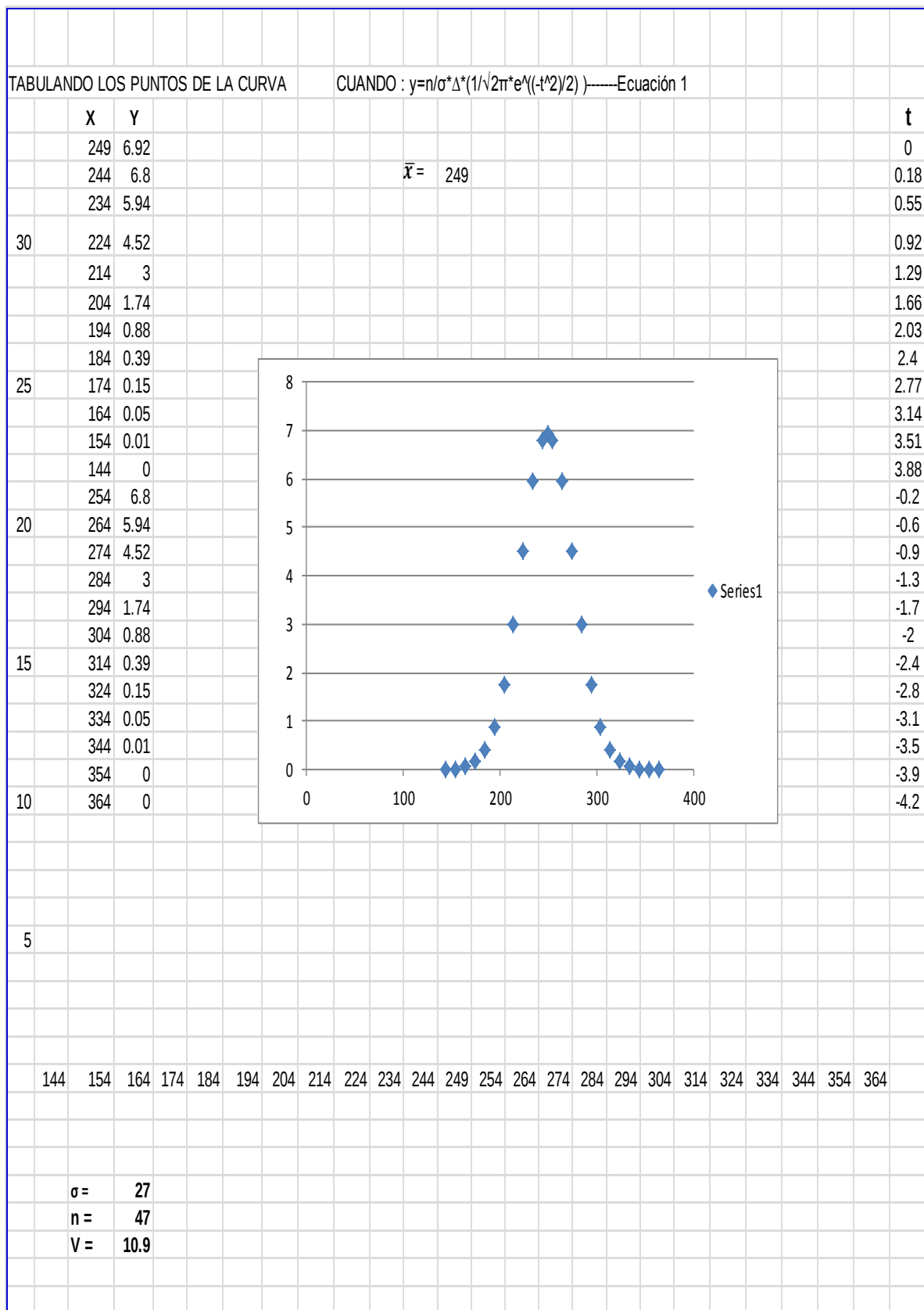
Fecha:..... 11 de junio de 2014

Cia. Premezcladora:..... Hecho en Obra

Periodo de Ensaye ; De 8 de septiembre de 2013
a : 28 de enero 2014

Especificaciones NMX-C-155-ONNCE-2004		
Convencional		
F'c de Proyecto Kg / cm ²	250	
Promedio Kg / cm ²	249	
Desviación Estándar	27	Muy Buena
Valor Máximo	285	
Valor Mínimo	179	
F'c R	285	
Numero	47	
Valores inferiores a F' c %	0.0	10 % Máximo
Valores inferiores a F' c (-35 kg/cm ²) %	0.0	1 % Máximo
Desviación Estándar.....	Excelente	0 - 25
Desviación Estándar.....	Muy Buena	25 - 35
Desviación Estándar.....	Buena	35 - 40
Desviación Estándar.....	Aceptable	40 - 50
Desviación Estándar.....	Pobre	Mas de 50





II.3.3.- Resumen de resultados estadísticos.

Debe consultarse la tabla II (ACI 214R-11), para emitir la siguiente evaluación del control de calidad en campo con las Desviaciones estándar obtenidas así como la evaluación del control de calidad en los ensayos que realizó el laboratorio, mediante los coeficientes de variación calculados:

Frente	Elemento	F'c proyec. Kg/cm ²	Desv. estánd (σ) %	Coef. Variac. (v) %	Control campo Tabla II	Control laborat. Tabla II	Valores inf. Al F'c proy (10% max.)
1	Zapatas	250	28	9.2	Muy buena	Pobre	Cumple
2	Zapatas	250	13	4.9	Excelente	Buena	Cumple
1	Muro Cont.	250	32	11.2	Muy buena	Pobre	Cumple
2	Muro Cont.	250	27	9.3	Muy buena	Pobre	Cumple
1	Pilotes	250	6	2.1	Excelente	Excelente	Cumple
2	Pilotes	250	6	2.3	Excelente	Excelente	Cumple
1	Trabes	250	16	5.8	Excelente	Aceptable	Cumple
2	Trabes	250	9	3.4	Excelente	Muy buena	Cumple
1	Pavimento	250	30	12.1	Muy buena	Pobre	Cumple
2	Pavimento	250	27	10.9	Muy buena	Pobre	Cumple

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1.- De los resultados obtenidos en campo se concluye que las variaciones en las resistencias del concreto fabricado en la obra estuvieron controladas de “Muy bien a Excelente” de acuerdo con los porcentajes de las Desviaciones estándar obtenidas y referidas con la norma ACI 214R-11 según el resumen de resultados anteriormente descrito.

Las curvas de distribución normal en todos los casos fueron largas y angostas, observando que la dispersión de las resistencias obtenidas se encontraron cerca de la resistencia media, por lo que gráficamente se confirman los resultados obtenidos del cálculo estadístico y se hacen más confiables.

2.- De acuerdo con la norma ACI 214R-11, la variación en los ensayos (de cilindro a cilindro), según el coeficiente de variación calculado refleja que el grado de calidad no es constante, ya que algunos porcentajes estuvieron por arriba del 6 % considerándose un control de laboratorio “Pobre”, y se puede pensar en la posibilidad de que los equipos de ensaye probablemente no estaban calibrados o también puede suceder que el muestreo no sea el adecuado, sin embargo cabe señalar que hay más factores que influyen en la obtención de los resultados de prueba y que es otro tema interesante para la investigación.

3.- El concreto que se fabricó en la obra fue de grado estructural para todos los elementos señalados en el cálculo estadístico y de acuerdo con los resultados obtenidos está claro que de todos los universos analizados en ningún momento se rebasa el 10% de valores del f'_c de que resultaron por debajo de lo especificado. Entonces podemos concluir que el concreto utilizado en este proyecto cumple con lo solicitado en el reglamento de construcciones del municipio de Puebla y con lo dispuesto en la norma oficial Mexicana NMX C-155.

RECOMENDACIONES

1.- Para poder lograr un buen control de calidad en las resistencias de los concretos fabricados en la obra es necesario mantener mezclas uniformes tanto en la obra como en el laboratorio y procurar que el concreto que se maneja en campo tenga condiciones similares a las que se le dan en un laboratorio.

2.- Uno de los puntos clave para mantener la uniformidad en las mezclas de concreto es el vigilar que la relación agua-cemento se apegue al diseño.

3.- También es importante vigilar la calidad de los agregados (granulometría, textura superficial, resistencia, rigidez de la partícula y tamaño máximo del agregado) ya que esto influye en los resultados que obtiene laboratorio previo al diseño de mezclas.

4.- Finalmente es recomendable que los laboratorios observen las Normas Oficiales Mexicanas para la realización de los muestreos y ensayos de especímenes de concreto, esto por una parte. Por otro lado es también de suma importancia que los laboratorios se apeguen a lo dispuesto por la normatividad vigente en cuanto a la calibración periódica de sus equipos de ensaye además de contar con un programa de mantenimiento tanto a las instalaciones como a equipos y/o herramientas de trabajo.

Actualmente existen organismos o empresas encargadas de la certificación para laboratorios y para técnicos laboratoristas, es recomendable que como requisito de contratación de servicios de control de calidad se exija la certificación a las empresas dedicadas a este rubro así como al personal técnico que labore en ellas.

ANEXO

ANEXO

La distribución normal estandar.

Proporciones bajo la curva normal entre la media y algún dato de Z. Aparecen con cuatro cifras decimales, sin el punto para ahorrar espacio.

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0000	0040	0080	0120	0159	0199	0239	0279	0319	0359
0.1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0.2	0739	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0.3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0.4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0.5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2133	2157	2190	2224
0.6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2518	2549
0.7	2580	2612	2642	2673	2704	2734	2764	2794	2823	2852
0.8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0.9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1.0	3413	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3557	3599	3621
1.1	3643	3665	3686	3718	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1.2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1.3	4032	4049	4066	4083	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1.4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1.5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4430	4444
1.6	4452	4463	4474	4485	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1.7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1.8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1.9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4758	4762	4767

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
2.0	4773	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2.1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2.2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2.3	4898	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2.4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936
2.5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2.6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2.7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2.8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4980	4980	4981
2.9	4981	4982	4983	4984	4984	4984	4985	4985	4986	4986
3.0	4986.5	4987	4987	4988	4988	4988	4989	4989	4989	4990
3.1	4990.0	4991	4991	4991	4992	4992	4992	4992	4993	4993
3.2	4993.12									
	9									
3.3	4995.16									
	6									
3.4	4996.63									
	1									
3.5	4997.67									
	4									
3.6	4998.40									
	9									
3.7	4998.92									
	2									
3.8	4999.27									
	7									

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
3.9	4999.51									
	9									
4.0	4999.68									
	3									
4.5	4999.96									
	6									
5.0	4999.99									
	7133									

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318S-08 – 2005.
- 2.- ACI committee 332, “Requirements for residential concrete construction (ACI 332-04) and commentary”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 26 pp.
- 3.- “Control de calidad del concreto” ACI-E 704-4; IMCYC; México 1974.
- 4.- Gutiérrez Aranceta Carlos; “Introducción a la metodología experimental”, Editorial Limusa, México; 18ª. Edición 1991.
- 5.- “Práctica recomendable para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del concreto”; ACI 214R-11; IMCYC; México-2004.
- 6.- “Concreto premezclado”; Especificaciones NMX-C-155
- 7.- González Cuevas Oscar M; “Aspectos fundamentales del concreto reforzado” Editorial Limusa, 2ª Edición, México 1986.
- 8.- Lizárraga G. Ignacio M.; “Estadística”; Mc. Graw-Hill; México; Julio 1991.
- 9.- W. Hines William y Montgomery C. Douglas; “Probabilidad y Estadística para Ingenieros; Editorial Prentice-Hall; México 1981.
- 10.- Annual Book of ASTM Standards 2001, C 150.
- 11.- Maultzsch, M., Gierloff, M. y Schimmelwitz, P. Aging of cement through long term storage. 7th International Congress on the Chemistry of Cement, Paris, 1980.
- 12.- Norma Técnica Peruana (INDECOPI) NTP 334.009 (1997).
- 13.- Ossa, M. Influencia de la edad y del tipo de almacenamiento en los cementos chilenos. Revista del IDIEM, Vol. 13, 2 (1974), pp. 83-104.
- 14.- Ramírez, A. Estudio del comportamiento del cemento Pórtland tipo I Sol con envase protector aislante de plástico. Tesis, UNI Lima 1999.
- 15.-Jimenez, H."TECNOLOGIA DEL CONCRETO".UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA DEL PERU". www.fic.uni.edu.pe. Febrero, 2008.
- 16.- ASTM,“Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars”, American Society for Testing and Materials, Mayo 2008.