



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

# **DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA TEMPRANA DE HORMIGÓN PROYECTADO: CORRELACIÓN ENTRE MÉTODO NORMADO UNE-EN14488-2 Y MÉTODO ALTERNATIVO**

**MEMORÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**CHRISTIAN IGNACIO LINARES PIPÓN**

PROFESORA GUÍA:  
CARMEN PAZ MUÑOZ EFFA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
MILENKO ALONSO OGAZ CARRASCO  
JACQUES PHILLIPES BORNAND ARAYA

SANTIAGO DE CHILE  
2018

El hormigón proyectado ha demostrado ser una excelente herramienta en el ámbito de la construcción, es por esta razón que ha sido utilizado a lo largo de todo el mundo en diversas obras civiles, especialmente en fortificación de túneles, debido a su capacidad de soporte y a las altas resistencias que puede obtener en poco tiempo.

En Chile, se analizan las resistencias tempranas del hormigón proyectado concorde al método normado UNE-EN14488-2 el que cuenta con dos métodos de medición de resistencia temprana: El penetrómetro de aguja y el Hincado de clavos, el primero válido para resistencias entre 0.2 y 1.2Mpa y el segundo para resistencias entre 3 y 16 MPa.

Actualmente las curvas de resistencias tempranas obtenidas bajo la norma UNE-EN14488-2 genera un intervalo entre el método penetrómetro de aguja y el método del hincado de clavo, el cual no se tiene certeza de la continuidad de la curva en tal rango, por lo que se realiza una simple unión lineal entre la última medición del método penetrómetro de aguja con la primera medición del método hincado de clavo.

La incertidumbre que existe en el intervalo anteriormente señalado es la que da origen a este estudio, el que busca correlacionar el método normado con el método alternativo, el cual entrega resistencias en el intervalo en cuestión.

El método alternativo a utilizar es el Method Statement Shotcrete Testing, el que corresponde a una versión acotada del método normado, en el que, las resistencias a compresión con el método hincado de clavos se obtienen, solamente, a partir de la penetración del clavo y no de la penetración y la extracción, como sucede en el caso del método normado. Una característica importante del Method Statement Shotcrete Testing, es que se pueden obtener resultados en todos los intervalos de resistencia.

Finalmente, a partir de un análisis estadístico mediante la Regresión lineal y el coeficiente de Pearson, se obtiene que los dos métodos poseen una tendencia lineal, y que ambos métodos pueden ser correlacionados perfectamente. Dado lo anterior, la utilización de cualquiera de los dos métodos queda a la decisión del profesional previa autorización por parte del mandate e ITO, lo que ayuda a tener una mayor certidumbre con respecto a lo que realmente sucede con las resistencias a compresión del hormigón proyectado.

## Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi familia, en especial a mis padres Cristian y Margarita, mis hermanas Javiera y Camila, mis hermanos Diego, Alonso y Fidel, y a mi sobrina Antonia, por su amor y apoyo incondicional en todo el periodo universitario, y a lo largo de toda mi vida.

También quiero agradecer a todos mis amigos y compañeros que estuvieron cuando los necesité, en especial a Susana y Consuelo por su ayuda incondicional en todo el proceso de la memoria. Y a todos aquellos que aportaron con sus risas y momentos, cada uno sabe de quién hablo.

Finalmente quiero agradecer a los profesionales que hicieron posible este proyecto, partiendo por mi profesora guía Carmen Muñoz y coguía Milenko Ogaz, quienes fueron los precursores del trabajo de tesis, y a Jaques Bornand, Luis Rivera y David Silva por la facilitación de los ensayos utilizados en esta memoria.

Finalmente, Familia, Amigos, compañeros....

Muchas Gracias.

## Tabla de contenido

1.	Introducción .....	1
1.1	Contexto .....	1
1.2	Objetivos .....	2
1.3	Hipótesis .....	2
1.4	Metodología .....	2
1.5	Importancia de la tesis .....	3
2.	Marco Teórico .....	5
2.1	Resistencia Temprana de hormigón proyectado .....	5
2.2	Faena de Hormigonado .....	6
2.3	Materiales constituyentes .....	9
2.4	Curvas J .....	10
2.5	Definiciones de nivel de interacción entre actores .....	11
3.	Metodología .....	12
3.1	Análisis Estadístico .....	12
3.2	Descripción Programa Utilizado .....	17
4.	Resultados .....	18
4.1	Cálculo de Resistencia Temprana .....	18
4.2	Correlación entre métodos .....	19
4.3	Bandas de Trabajo .....	20
4.4	Resultados Adicionales .....	22

5. Conclusiones .....	23
6. Bibliografía.....	25
Anexo A.....	27

## Índice de Tablas

Tabla 1: Granulometría recomendada para hormigón proyectado .....	10
Tabla 2: Medidas de tendencia central y porcentaje de variación .....	18
Tabla 3: Índices de correlación.....	19
Tabla 4: Ecuación Lineal, relación entre métodos.....	20
Tabla 5: Ecuación Lineal, Bandas de trabajo .....	20
Tabla 6: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1-70 .....	28
Tabla 7: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 71-140 .....	29
Tabla 8: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 141-210 .....	30
Tabla 9: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 211-280 .....	31
Tabla 10: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 281-350 .....	32
Tabla 11: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 351-420 .....	33
Tabla 12: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 421-490 .....	34
Tabla 13: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 491-560 .....	35
Tabla 14: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 561-630 .....	36
Tabla 15: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 631-700 .....	37
Tabla 16: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 701-770 .....	38
Tabla 17: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 771-840 .....	39
Tabla 18: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 841-910 .....	40
Tabla 19: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 911-980 .....	41
Tabla 20: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 981-1050 .....	42
Tabla 21: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1051-1120 .....	43
Tabla 22: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1121-1190 .....	44
Tabla 23: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1191-1260 .....	45

Tabla 24: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1261-1330 .....	46
Tabla 25: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1331-1400 .....	47
Tabla 26: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1401-1470 .....	48
Tabla 27: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1471-1521 .....	49

## Índice de Figuras

Figura 1: Hormigón proyectado sobre malla y perno, para faenas mineras subterráneas	4
Figura 2: Hormigón proyectado para estabilidad de taludes .....	4
Figura 3: Hormigón proyectado como soporte permanente de túneles .....	4
Figura 4: Línea de tiempo para cada método de resistencia temprana con su respectivo intervalo de resistencia a compresión en la que trabaja .....	4
Figura 5: Penetrómetro de Aguja Tipo .....	5
Figura 6: Pistola Hince Clavo .....	5
Figura 5: Procedimiento del ensayo Hince de Clavo .....	7
Figura 8: Procedimiento del ensayo Hincado de Clavo .....	7
Figura 7: Procedimiento del ensayo Penetrómetro de Aguja .....	7
Figura 9: Aplicación manual Shotcrete .....	8
Figura 10: Requisito de resistencia temprana que debe cumplir el hormigón proyectado .....	11

## Índice de Gráficos

Gráfico 1: Tendencia Lineal entre Métodos .....	19
Gráfico 2: Bandas de trabajo .....	21
Gráfico 3: Distribución de la división entre las resistencias de los métodos en análisis.	21
Gráfico 4: Relación entre clavo y rango de Resistencias .....	22





# 1. Introducción

## 1.1 Contexto

El hormigón proyectado es utilizado a lo largo de todo el mundo en obras de construcción, especialmente en obras de tunelería, esto se debe a su capacidad de soporte y a las altas resistencias que puede obtener en poco tiempo. Estas propiedades se deben al rápido fraguado que presenta, producto de los aditivos acelerantes incorporados, y de la dosificación correspondiente. Según la Guía Chilena del Hormigón Proyectado, segunda edición, se define al hormigón proyectado como “Hormigón colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla”. En las Figuras 1,2 y 3 se puede ver los principales usos del hormigón proyectado.

El estudio de las resistencias tempranas del hormigón proyectado está directamente relacionado con el trabajo logístico y la seguridad dentro de la construcción, pues como es bien sabido, el avance en este tipo de obras depende estrechamente del tiempo en que el hormigón alcanza la resistencia necesaria para que no se produzcan derrumbes en la obra y asegurar así el reingreso seguro de las personas al área en ejecución.

Actualmente, en Chile, se realizan las mediciones de resistencia temprana del hormigón proyectado según la Norma UNE-EN14488-2, la que consta de dos métodos para la determinación de resistencia temprana, el primero de ellos es el Penetrómetro de aguja o también conocido como método a, el que es válido para resistencias a compresión entre 0.2 y 1.2MPa, y el segundo método corresponde al de Hincado de clavos o método b válido para resistencias entre 3 y 16 MPa. Ambos métodos son indirectos, pues obtienen la resistencia a la compresión del hormigón proyectado a partir de otra propiedad del hormigón proyectado y mediante ecuaciones entregadas por los fabricantes de los equipos, se llega al parámetro buscado. En el caso del método a, la resistencia se obtiene a partir del punzonamiento de la aguja en el hormigón, y para el método b se obtiene a partir de la penetración del clavo y de la fuerza de extracción del mismo. Para resistencia mayores a 16MPa o pasada las 24 horas desde la proyección del hormigón, se permite extracción de testigos y medición de compresión.

Para tener una noción más clara de los ensayos de determinación de resistencia temprana en el hormigón proyectado, se puede ver, en la Figura 4, un esquema de estos ensayos con respecto a su tiempo de aplicación, medido desde el inicio de la proyección del hormigón proyectado, y con respecto a la resistencia que alcanza el hormigón proyectado en dicho tiempo de aplicación. Cabe destacar que el esquema de la Figura 4 es general, dado que el tiempo para alcanzar una resistencia temprana específica depende tanto de la dosificación del hormigón como de la colocación de este.

La razón para hacer este trabajo de tesis es el elevado uso del hormigón proyectado en diversas aplicaciones, entre las cuales se destaca su uso en la construcción de túneles. En Chile, en la actualidad, existen 103 kilómetros de líneas de metro en Santiago que, con las nuevas líneas L3 y L6, suma un total de 140 kilómetros. Se proyecta que este número crezca considerablemente con la extensión de línea 2 y 3, y la creación de la nueva línea 7. Por otro lado, la minería está requiriendo más construcciones de túneles. Es por esto que el estudiar la resistencia temprana del hormigón proyectado, proporciona una construcción más eficaz y segura en las futuras obras.

Otro punto de interés es que, al no tener normativa chilena relacionada, el método de medición de resistencias tempranas que permiten el avance queda a discreción de los distintos participantes del proyecto, entonces una buena correlación ayuda a los proyectos en general.

## **1.2 Objetivos**

El objetivo central de esta memoria es determinar la correlación entre el método normado y el método alternativo “Method Statement Shotcrete Testing”, para saber qué es lo que pasa realmente en el intervalo entre 1.2MPa y 3Mpa, que es el rango en donde el método normado no obtiene mediciones de los ensayos utilizados. Actualmente, en el método normado, la curva se completa a partir de la unión de estos puntos sin conocer realmente cómo se comporta la resistencia en el tramo.

### **1.2.1 Objetivos Generales**

Formular la correlación entre el método normado UNE-EN14488-2 y el método alternativo. Con esto, se busca verificar además si para el método hincado de clavos, es necesario hincar el clavo y medir la penetración y la extracción de este para obtener indirectamente la resistencia a compresión o solo basta con medir la penetración del clavo.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los datos entregados, para luego calcular las resistencias tempranas a compresión tanto para el método normado como para el método alternativo
- Diferenciar etapas de colocación del hormigón proyectado, para así tener un mejor control e identificación de este.
- Validar la correlación, entre el método normado UNE-EN14488-2 y el Método alternativo: “Method Statement Shotcrete Testing”.
- Establecer bandas de trabajo entre los métodos, para generar un análisis más eficaz y seguro

## **1.3 Hipótesis**

La hipótesis para la realización de este trabajo de título es asumir que existe la correlación entre el método normado y el alternativo, y a partir de esto, desarrollar los pasos necesarios para demostrarla.

## **1.4 Metodología**

Para este trabajo, se utilizan datos reales de túneles de proyectos civiles que se está ejecutando en la actualidad, en total son cerca de 1500 ensayos. Estos datos sirven para calcular las resistencias tempranas a compresión tanto del método normado como del alternativo, y poder así, establecer una relación estadística entre ellos.

La idea de buscar esta correlación es poder, con cualquier de los dos métodos, estimar la resistencia a la compresión temprana, usando el método que esté disponible o que sea más eficiente implementar por razones logísticas, técnicas, entre otras. También, se

busca verificar que solo basta con conocer la penetración del clavo, en el método hincado de clavos, para obtener la resistencia a compresión del hormigón proyectado.

En el análisis de estos datos, se evalúa la resistencia mecánica de cada método y utilizando las herramientas estadísticas regresión lineal y coeficiente de Pearson, se estima el valor de correlación entre ambos métodos, además, se crean bandas de trabajo para saber en qué rango se mueven los valores y así tener un mejor control sobre ellos.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos del análisis estadístico, se debe concluir acerca de si existe o no una correlación importante entre los métodos, y de ser cierta la correlación, comprobar que solo basta con tener datos de penetración de clavos para obtener las resistencias a compresión mediante el método hincado de clavos.

## **1.5 Importancia de la tesis**

La importancia de esta correlación es que en el método normado no se tiene una curva real en el intervalo de análisis y esta se obtiene por la mera unión de puntos que puede ser, o no, representativo de lo que sucede en la realidad. En cambio, para el método alternativo si se obtiene la curva en todos los puntos a lo largo del tiempo, pero no está normado, aunque si existe como procedimiento aprobado.

Además, el método alternativo propuesto, facilita la realización del ensayo hincado de clavos al solo necesitar el dato de penetración de clavo y no, de penetración y extracción del mismo, como es el caso del método normado. Es importante repetir que tanto el método normado como el método alternativo obtienen la resistencia a compresión del hormigón a partir del punzonamiento, por lo que son métodos indirectos, los que necesitan de calibración, ecuación suministrada por el fabricante del equipo.

Otro punto importante, es que las propiedades del hormigón proyectado en obra dependen fuertemente de la manipulación por parte de los operadores durante todo el proceso de colocación de este, de los equipos utilizados y de las condiciones particulares de cada obra. Por esta razón, es tan importante el estudio de las resistencias tempranas del hormigón proyectado, ya que cualquier error durante el proceso puede ser detectado a tiempo y así evitar accidentes y pérdidas mayores.

Por otro lado, el hormigón proyectado, está relacionado directamente con el avance de la obra, por lo que condiciona tanto el tiempo de término como los costos de construcción del proyecto en su conjunto. Es por esta razón que mientras más se conozcan las propiedades del hormigón proyectado y más específicamente, el desarrollo de las resistencias tempranas, más beneficios se tienen para el proyecto en general.



Figura 1: Hormigón proyectado sobre malla y perno, para faenas mineras subterráneas

Fuente: Instituto del cemento y del hormigón de Chile (2015)



Figura 2: Hormigón proyectado para estabilidad de taludes

Fuente: Instituto del cemento y del hormigón de Chile (2015)



Figura 3: Hormigón proyectado como soporte permanente de túneles

Fuente: Instituto del cemento y del hormigón de Chile (2015)

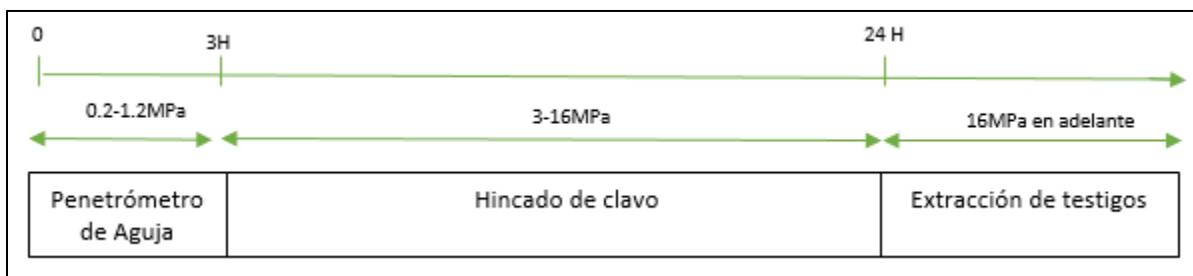


Figura 4: Línea de tiempo para cada método de resistencia temprana con su respectivo intervalo de resistencia a compresión en la que trabaja

Fuente: Elaboración Propia, en base a Norma UNE-EN14488-2

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Resistencia Temprana de hormigón proyectado

Las propiedades del hormigón proyectado cambian considerablemente durante su proceso de fraguado, pudiendo alcanzar una alta resistencia a compresión en poco tiempo. Este hormigón tiene mayor contenido de cemento y posee generalmente aditivos acelerantes de fraguado lo que lo hace distinto a los hormigones tradicionales, por lo que tiene distintas consideraciones y forma de ejecución.

Como se dijo anteriormente, en este trabajo de título se busca correlacionar los métodos UNE-EN14488-2 y Method Statement Shotcrete Testing, los que constan de dos métodos de determinación de resistencia temprana: El método de Penetrómetro de aguja y el Método Hincado de Clavos, la utilización de cada uno depende de la resistencia a la compresión que se esté midiendo. En las Figuras 5 y 6 se puede ver un penetrómetro de aguja tipo y una pistola hincado de clavo, respectivamente.



*Figura 5: Penetrómetro de Aguja Tipo*

*Fuente: Belmar (2013)*



*Figura 6: Pistola Hince Clavo*

*Fuente: Belmar (2013)*

El penetrómetro de aguja es válido para resistencias entre 0.2 y 1.2MPa tanto para la UNE-EN14488-2 como para el método Alternativo, y consiste en la medición de la fuerza requerida para la penetración de una aguja de 3 mm en el hormigón proyectado hasta una profundidad de  $15\text{mm} \pm 2\text{mm}$ . La punta de la aguja tiene un ángulo de 60 grados. El penetrómetro generalmente es digital, este instrumento se utiliza en el modo Newton y a partir del promedio de diez lecturas, se obtiene la resistencia a la compresión en MPa de acuerdo a la calibración del fabricante. (UNE-EN14488-2, 2007) Para tener una mejor noción de este ensayo, se puede ver la Figura 7.

Para el caso del método normado, el método hincado de clavos es válido para resistencias entre 3MPa y 16MPa, y consiste en hincar un clavo en el hormigón proyectado para luego medir la fuerza de extracción de este clavo, se necesitan mínimo 10 lecturas por medición. La resistencia temprana a la compresión se estima a partir de la penetración del clavo y de la fuerza de extracción de este, desde una curva de conversión suministrada por el fabricante del equipo. (UNE-EN14488-2, 2007)

Por otro lado, para el método Alternativo, el segundo ensayo es válido desde los 1.2MPa hasta los 16MPa, y consiste en hincar un clavo en el hormigón proyectado para luego medir penetración de este clavo en el hormigón, también se necesitan mínimo 10 lecturas por medición. La resistencia temprana a la compresión se estima a partir de la penetración del clavo desde una curva de conversión suministrada por el fabricante del equipo. (Lindlar, 2010, pág. 07).

Para tener una mejor noción del método b, tanto para el método normado como para el alternativo, se puede ver la Figura 8.

## **2.2 Faena de Hormigonado**

### **2.2.1 Colocación**

El éxito del hormigón proyectado está relacionado principalmente con su colocación, ya sea por proceso manual o robotizado, por vía seca o húmeda. Es por esta razón que posee distintas consideraciones con respecto a su manipulación en obra.

Antes de la colocación del hormigón proyectado, se debe preparar el lugar de trabajo, esto quiere decir tener un lugar iluminado y despejado. Después se debe preparar la superficie, generando superficies sin desprendimientos y limpias. Posteriormente, se debe hacer la dosificación del hormigón, tomando en cuenta si la proyección de este será vía seca o vía humedad.

Con respecto a la proyección manual, una vez que tanto el personal como los equipos estén establecidos en el área de trabajo, junto a los materiales, es necesario revisar las conexiones de tuberías de transporte de hormigón, la conexión de mangueras de aire y evaluar que la presión de aire sea correcta. Luego se debe asegurar que los conductos de suministros de la bomba a la boquilla queden correctamente asegurados y totalmente lubricados con lechada de cemento o un lubricante aprobado. Posteriormente, se debe verificar el tiempo de mezclado y cono antes de la descarga a la bomba. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015)

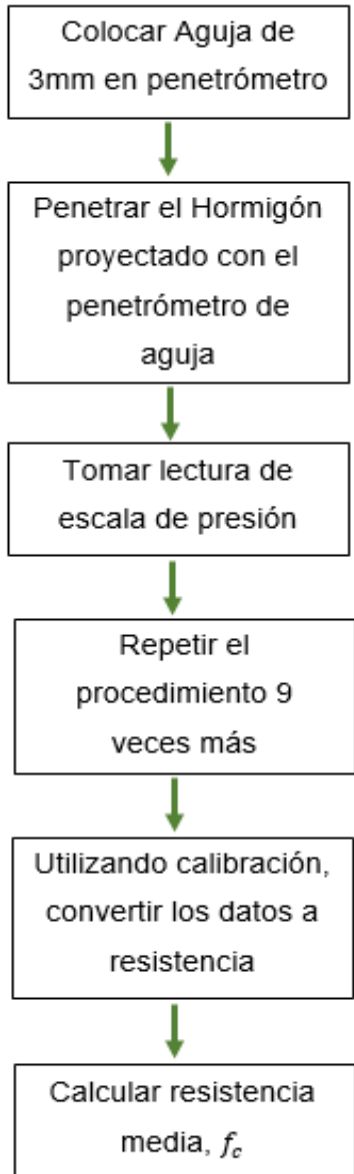


Figura 7: Procedimiento del ensayo Penetrómetro de Aguja

Fuente: Elaboración Propia

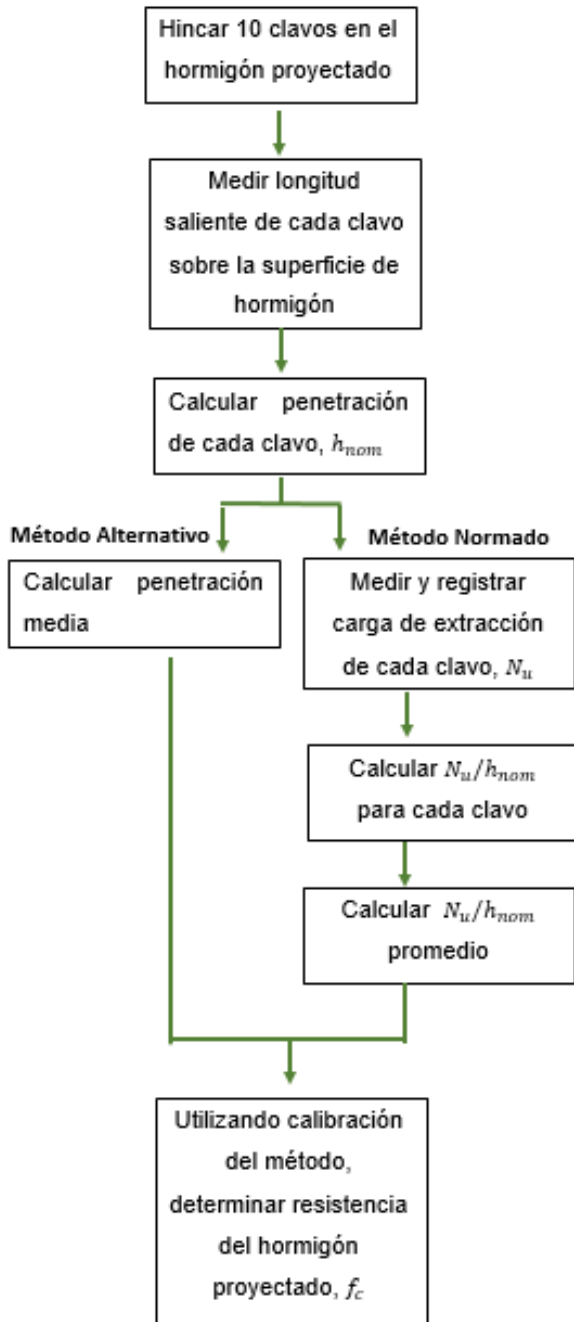


Figura 8: Procedimiento del ensayo Hincado de Clavo

Fuente: Elaboración Propia

### 2.2.2 Técnicas de proyección Shotcrete

El hormigón proyectado es un hormigón colocado por proyección neumática de alta velocidad desde una boquilla, se puede clasificar de acuerdo al proceso de proyección que puede ser por vía seca o húmeda.

En la vía seca tanto el cemento como los agregados se procesan por lotes y se mezcla mecánicamente, luego el material se transporta por mangueras a una boquilla en donde se introduce agua para humedecer la mezcla antes de que sea proyectada. Por otro lado, para la vía húmeda, se procesa por lotes tanto el cemento, áridos y agua y se mezclan juntos en una planta de hormigón para finalmente vaciarse en una bomba, y luego ser transporta por una manguera hacia una boquilla en donde se proyecta neumáticamente sobre el sustrato. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015, págs. 12,13)

Dentro de las ventajas del método por vía seca se tiene que es posible transportar las mezclas largas distancias, y se puede detener la proyección en cualquier momento. Y sus principales desventajas son la mayor cantidad de rebote, alta polución y el control del agua lo tiene el pitonero, generando así una mayor dispersión de la mezcla.

Para el método vía húmeda, se tiene dentro de sus ventajas una menor cantidad de rebote, un control de la cantidad de agua, una mayor homogeneidad de la mezcla y la calidad del hormigón no depende del pitonero.



*Figura 9: Aplicación manual Shotcrete*

*Fuente: Instituto del cemento y del hormigón de Chile (2015)*



Para el caso de la aplicación manual, se debe considerar que la distancia desde la boquilla a la superficie receptora debe estar entre 0.6 a 1.0m, como se puede ver en la figura 9, para lograr mayor compactación y menor rebote. La distancia óptima de proyección depende del tamaño del agregado, la curva granulométrica, el acabado superficial, la presión del aire y la velocidad del material transportado. La boquilla debe ser dirigida siempre perpendicular al sustrato, y la manipulación de la boquilla durante la proyección debe ser de forma circular u ovalada. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015)

El pitonero debe llenar primero los desniveles y quiebres que existan, la proyección debe comenzar desde sectores inferiores hacia los superiores. Es importante que no se produzca hundimiento o deslizamiento del hormigón proyectado. Y este debe surgir en un flujo ininterrumpido constante. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015)

## **2.3 Materiales constituyentes**

El hormigón proyectado, al igual que los otros hormigones, está compuesto de cemento, áridos, agua, adiciones y aditivos. Estos materiales poseen características especiales para que el hormigón proyectado adquiera ciertas propiedades como la de alcanzar resistencias a compresión a edades tempranas.

### **2.3.1 Cemento**

En Chile, el cemento utilizado para el hormigón proyectado es el Cemento Portland Puzolánico. Usualmente se usa una cantidad de cemento que varía entre 300 y 450 [ $kg/m^3$ ]. El cemento debe cumplir con la norma chilena NCh148.

### **2.3.2 Agua**

El agua de amasado debe ser obtenida a partir de una fuente aceptable que cumpla la norma NCh1298. Se recomienda que la relación agua cemento sea menor o igual a 0.45 (preferible inferior) para que el hormigón proyectado posea alta resistencia, durabilidad y buena impermeabilidad (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015, pág. 36)

### **2.3.3 Áridos**

Los áridos deben cumplir con la norma NCh163, para hormigón proyectado. Además, se recomienda que la granulometría de los áridos cumpla con los requisitos de la Tabla 1. La recomendación establecida en la Guía de hormigón proyectado de la asociación Europea EFNARC es la más utilizada debido a la tolerancia y flexibilidad en la inclusión del tamaño y distribución de áridos. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2015)

### **2.3.4 Adiciones**

Las adiciones más utilizadas en hormigón proyectado son las microfibras y macrofibras sintéticas, y las fibras metálicas. Las principales propiedades de estas adiciones son mejorar la cohesión, reducir la necesidad de malla y aumentar la resistencia a flexión del Shotcrete. Además de las fibras, también se adiciona microsilíce para otorgar una mayor durabilidad, una disminución de la permeabilidad, reducción del rebote, mejora de adherencia a los sustratos, mejora capacidad de bombeo y una mejora en la cohesión de la mezcla.

*Tabla 1: Granulometría recomendada para hormigón proyectado*

Malla		EFNARC	ACI 506-G1	ACI 506-G2	Austria	RTA B82
ASTM	mm	Min-Max	Min-Max	Min-Max	Min-Max	Min-Max
#100	0.15	6-16	2-10	2-10	6-12	2-10
#50	0.30	14-32	10-30	8-20	10-17	8-20
#30	0.60	26-56	25-60	20-35	21-29	20-40
#16	1.20	41-76	50-85	35-55	33-44	35-55
#8	2.40	59-92	80-98	50-70	50-60	50-70
#4	4.75	77-100	95-100	70-85	70-80	70-85
3/8"	10	93-100	100	90-100	90-97	90-100
5/8"	16	100		100	100	100

*Fuente: Instituto del cemento y del hormigón de Chile (2015)*

### 2.3.5 Aditivos

La Norma NCh2182 define a los aditivos como material activo agregado al hormigón en pequeñas cantidades para modificar alguna de sus propiedades por acción física, química o fisicoquímica, esta norma también define los requisitos que deben cumplir los aditivos.

En hormigón proyectado, los aditivos más utilizados son los aditivos Hiperplastificantes y los aditivos Acelerantes, los primeros tienen la función de generar mezclas con alta trabajabilidad y baja relación agua cemento, y los segundos buscan acelerar el fraguado del hormigón proyectado.

### 2.4 Curvas J

Las clases de resistencia J1, J2 y J3 representan categorías para clasificar la resistencia de hormigón proyectado, la forma de estas curvas se puede ver en la Figura 10. El hormigón J1 es adecuado para la colocación de capas delgadas sobre un sustrato seco y sin requisitos especiales de soporte de carga, obteniendo como ventaja la baja formación de polvo y rebote. El hormigón J2 se utiliza cuando se van a colocar capas gruesas con un alto rendimiento, también cuando se necesitan resistencias altas en poco tiempo. El J3 solo se debe especificar en circunstancias especiales (por ejemplo, una fuerte entrada de agua) debido a la gran formación de polvo y rebote. (Sprayed Concrete, Guía Austriaca, 2013)

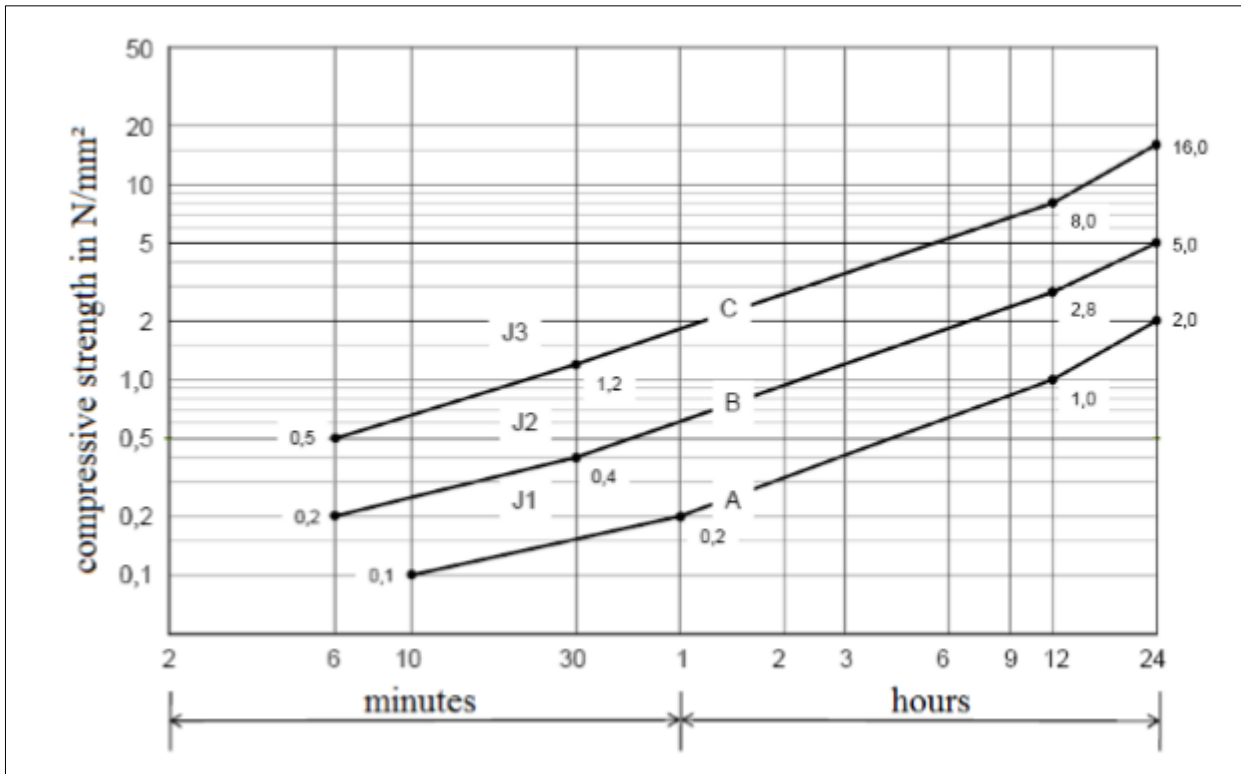


Figura 10: Requisito de resistencia temprana que debe cumplir el hormigón proyectado

Fuente: Guía Austriaca (OBV) (2013)

## 2.5 Definiciones de nivel de interacción entre actores

Otro punto de vital importancia en el proceso del hormigón proyectado es la interacción que poseen los distintos participantes en este, ya sea en la dosificación, transporte o colocación. Cualquier error en alguno de estos puntos puede significar que no se alcancen las resistencias tempranas, ni finales, esperadas y por ende se tenga un hormigón que es incapaz de cumplir los requerimientos estructurales solicitados. Es por esta razón, que se requiere mano de obra calificada en todo el proceso del hormigón proyectado, ayudando así a disminuir los problemas de durabilidad y resistencia.

Según la guía chilena del hormigón proyectado, es esencial el uso de operadores experimentados y competentes que hayan recibido una formación adecuada en la aplicación de este hormigón para garantizar así su calidad. Además en terreno se debe contar con un supervisor técnico o profesional competente y experimentado, que asegure la buena colocación del hormigón proyectado.

### 3. Metodología

En este capítulo se muestra, paso a paso, la metodología utilizada para trabajar con los datos de los ensayos de resistencia temprana, y con esto, realizar la correlación de los dos métodos en análisis.

Primero se habla acerca del tipo de análisis estadístico que se pretende realizar, luego se explican los coeficientes de relación que se utilizan en este tipo de estudios, también se hace un análisis mediante la desviación estándar de los datos y finalmente se expone el programa utilizado para la obtención de los coeficientes de correlación.

#### 3.1 Análisis Estadístico

Dado que se pretende establecer una relación estadística entre dos métodos distintos, primero se analizará las fórmulas de obtención de resistencia temprana, de ambos métodos, a partir de estadística descriptiva mediante las medidas de tendencia central para establecer una relación preliminar entre los métodos, posteriormente se propone la realización de una regresión lineal y una correlación con el coeficiente de Pearson, entre las resistencias a compresión obtenidas para cada método.

Es importante mencionar que el valor numérico obtenido de los métodos de análisis estadísticos, antes mencionados, pueden o no expresar un coeficiente de relación óptimo, esto depende, principalmente, de la naturaleza de la investigación. Para este caso, se esperan coeficientes lo más cercano a 1, tanto para la regresión lineal como para el coeficiente de Pearson.

La principal diferencia entre estos dos métodos estadísticos es que la regresión lineal mide la proporción de la variación total en la variable dependiente que se explica por la variación en la variable independiente. En cambio, el coeficiente de correlación de Pearson mide la intensidad de la relación lineal entre ambas variables. Un comentario importante a considerar es que el coeficiente de determinación lineal se puede obtener como el cuadrado del coeficiente de Pearson.

##### 3.1.1 Medidas de Tendencia Central

Las medidas de tendencia central son medidas de posición que tratan de establecer un valor que pueda representar de mejor manera los datos, estableciendo valores representativos entre ellos (Castillo, 2012, págs. 19-26)

###### 3.1.1.1 Media

Sea un conjunto de datos  $x_1, \dots, x_n$ . La media de los datos se calcula como:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde  $\bar{x}$  corresponde al promedio de los datos y  $n$  corresponde a la cantidad de datos en análisis. Esta medida es la más común dentro de la tendencia central y corresponde al centro de gravedad de los datos.

### 3.1.1.2 Mediana ( $Me$ )

Sea un conjunto de datos de una variable cuantitativa  $x_1, \dots, x_n$ . Ordenar la muestra de mayor a menor,  $x_{(1)}, \dots, x_{(n)}$ . La mediana es el valor de la variable que deja el mismo número de datos antes y después que él, una vez ordenados estos.

Si  $n$  es impar, la mediana corresponde al valor ubicado en la posición  $\frac{n+1}{2}$ , es decir  $Me = x_{(\frac{n+1}{2})}$ . Si  $n$  es par, la mediana corresponde a la media entre los dos valores centrales, es decir, los que están en la posición  $\frac{n}{2}$  y  $\frac{n}{2} + 1$ , en este caso la mediana es  $Me = \frac{x_{(\frac{n}{2})} + x_{(\frac{n}{2}+1)}}{2}$ .

La mediana corresponde exactamente con la idea de valor central de los datos. De hecho puede ser un valor más representativo de éstos que la media.

### 3.1.1.3 Moda o intervalo modal

En principio la moda se define como el valor más frecuente de los datos. Puede ocurrir que los datos tomen muchos valores distintos por lo que los datos apenas se pueden repetir, lo que se hace en este caso es agrupar los datos en intervalos, y el intervalo en el que esté la mayor cantidad de datos, corresponde al intervalo modal.

## 3.1.2 Regresión Lineal Simple

Una regresión lineal considera un único regresor ( $x$ ) y una variable dependiente ( $y$ ), el set de  $n$  datos  $x$  e  $y$  se pueden relacionar a partir del coeficiente  $R^2$ , el que varía entre 0 y 1. (Montgomery, 2003)

### 3.1.2.1 Nomenclatura

$x_i$ : Resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método normado

$y_i$ : Resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método alternativo

$\bar{x}$ : Promedio de las resistencias a compresión de todos los ensayos según método normado.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$\bar{y}$ : Promedio de las resistencias a compresión de todos los ensayos según método alternativo.

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$\widehat{\beta}_0$ :

$$\widehat{\beta}_0 = \bar{y} - \widehat{\beta}_1 \bar{x}$$

$\widehat{\beta}_1$ : Pendiente que representa el cambio en la media de y debido a un cambio unitario en x.

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i x_i - \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}$$

$\widehat{y}$ : Línea de regresión estimada en función de las resistencias a compresión según el método alternativo.

$$\widehat{y}_i = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_i$$

$SS_E$ : Suma de error de cuadrados

$$SS_E = \sum_{i=1}^n (y_i - \widehat{y}_i)^2$$

$\widehat{\sigma}^2$ : Varianza del error

$$\widehat{\sigma}^2 = \frac{SS_E}{n - 2}$$

$SS_T$ : Suma total de los cuadrados de la variable y.

$$SS_T = \sum_{i=1}^n (\widehat{y}_i - \bar{y})^2$$

$R^2$ : Coeficiente de determinación

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T}$$

### 3.1.3 Coeficiente de Correlación de Pearson

Es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables que posean una tendencia lineal entre ellas, es decir, este coeficiente solo es válido para variables relacionadas linealmente. Al igual que en la regresión lineal, este coeficiente varía entre 0 y 1.

### 3.1.3.1 Nomenclatura

$\bar{x}$ : Promedio de las resistencias a compresión de todos los ensayos según método normado.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$x_i$ : Resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método normado.

$y_i$ : Resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método alternativo.

$\bar{y}$ : Promedio de las resistencias a compresión de todos los ensayos según método alternativo.

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$Z_x$ : Puntuación estandarizada de  $x$

$$Z_x = \frac{x - \bar{x}}{S_x}$$

$Z_y$ : Puntuación estandarizada de  $y$

$$Z_y = \frac{y - \bar{y}}{S_y}$$

$S_x$ :

$$\sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \bar{x}^2}$$

$S_y$ :

$$\sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2}$$

$r_{xy}$ : Coeficiente de Pearson

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{n} = \frac{\sum x_i y_i - \bar{x} \bar{y}}{S_x S_y}$$

### 3.1.4 Desviación estándar y bandas de trabajo

La desviación estándar mide la dispersión de un conjunto de datos, en este trabajo se utiliza para poder generar bandas de trabajo obtenidas a partir de la línea de tendencia de los datos utilizados.

#### 3.1.4.1 Nomenclatura

$s$ : Desviación estándar de los datos

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}$$

$y_i$  : Resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método normado

$\bar{y}_i$ : Resistencia a la compresión obtenidas a partir de la ecuación de la línea de tendencia de los datos, donde cada  $x_i$  de la ecuación corresponde a la resistencia a la compresión del ensayo  $i$  según método alternativo.

$N$ : Número total de ensayos

$Y_s$ : Ecuación Banda Superior

$$Y_s = mx + n_s$$

$Y_I$ : Ecuación Banda Inferior

$$Y_I = mx + n_I$$

$m$ : Pendiente de la ecuación de la línea de tendencia de los datos analizados.

$n_s$ : Coeficiente de posición de la Banda Superior

$$n_s = n + \frac{s}{\cos(\alpha)}$$

$n_I$ : Coeficiente de posición de la Banda Inferior

$$n_I = n - \frac{s}{\cos(\alpha)}$$

$\alpha$ : Ángulo entre la horizontal y la línea de tendencia de los datos.

$n$ : Coeficiente de posición de la línea de tendencia de los datos.



### 3.2 Descripción Programa Utilizado

El software utilizado es SPSS Statistics, este es el principal software estadístico que ofrece técnicas de recolección de datos y analítica predictiva para solucionar múltiples problemas empresariales y de investigación. Brinda varias técnicas, que incluyen pruebas de hipótesis lo que facilita la gestión de los datos, la selección y la ejecución de análisis y el intercambio de resultados, así como análisis multivariados y de sobrevivencia. Las funciones nuevas de la versión 25 incluyen estadísticas bayesianas, gráficas listas para su publicación y una mejor integración a software de terceros. La solución está disponible como opción de suscripción o como una licencia perpetua. (IBM SPSS Statistics)

En este trabajo, se utiliza este software, para obtener el coeficiente de la regresión lineal y el coeficiente de correlación de Pearson de los datos analizados, y poder estimar con ellos si existe o no una correlación entre los métodos en análisis.

## 4. Resultados

### 4.1 Cálculo de Resistencia Temprana

Como ya se ha dicho anteriormente, el método normado UNE-EN14488-2 obtiene la resistencia temprana desde 0.2 a 1.2MPa con el método penetrómetro de aguja y desde los 3 a los 16MPa con el método hincado de clavo. En este caso, la resistencia con el método hincado de clavo se obtiene como:

$$R_{comp_i} = (E_i + 2,7)/7.69$$

Donde  $R_{comp_i}$  es la resistencia temprana a compresión estimada del ensayo i, y  $E_i$  es el promedio de arranque/penetración de las lecturas del ensayo i. Las resistencias a compresión obtenidas con el método normado se pueden ver en las Tablas del Anexo A

En el caso del Método alternativo el penetrómetro de aguja también es válido desde los 0.2 a los 1.2MPa, pero el método hinca de clavo es válido desde los 1.2MPa. Y en este método, la resistencia con el método hincado de clavo se obtiene como:

$$R_{comp_i} = 59.527 * e^{-0,0388x_i}$$

Donde  $R_{comp_i}$  es la resistencia temprana a compresión estimada del ensayo i, y  $x_i$  es el promedio de las penetraciones de las lecturas del ensayo i. Las resistencias a compresión obtenidas con el método alternativo se pueden ver en las Tablas del Anexo A

Analizando las ecuaciones para la obtención de la resistencia a compresión del método alternativo y normado se puede decir, mediante un análisis de medidas de tendencia central de la razón entre las resistencias a compresión de los métodos, que la resistencia a compresión según el método alternativo, corresponde al 92±3% de la resistencia a compresión según el método normado, este valor no representa un formula confiable para la determinar un método con respecto a otro pues no analiza la variación dato a dato, pero si sirve para poder tener una noción de en cuanto varía la utilización de penetración y arranque , con respecto a la utilización solo de la penetración para la obtención de los valores de resistencia a compresión de los métodos en análisis. Los valores de media, mediana y rango modal para la obtención del porcentaje de variación de un método con respecto al otro se pueden ver en la Tabla 2.

*Tabla 2: Medidas de tendencia central y porcentaje de variación*

Parámetro Estadístico	Valor
Media	96%
Mediana	91%
Rango Modal	86-95%
Porcentaje de Variación	92±3%

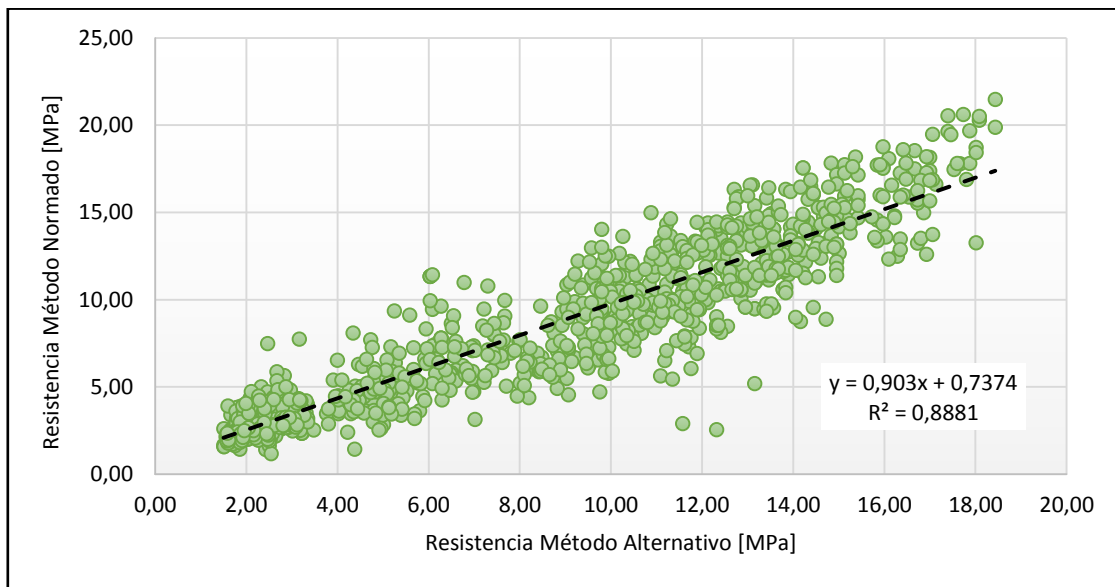
Dado que los valores de media, mediana y moda son cercanos, el porcentaje de variación se calcula como el promedio de los tres anteriores.

## 4.2 Correlación entre métodos

Para la correlación de los datos se usaron dos métodos: Regresión lineal y Coeficiente de Pearson. En el Gráfico 1 se puede ver la relación lineal que existe entre las resistencias a la compresión obtenidas con el método alternativo y el método normado.

Después de cerciorarse de que existe una tendencia lineal, se puede probar la validez de los valores de los coeficientes de correlación entre ambos métodos, los que se pueden ver en la Tabla 3. Estos valores, indican que los métodos de resistencia temprana en análisis presentan una correlación muy fuerte, lo que indica que es posible relacionar ambos métodos a través de una ecuación lineal sin presentar mayores errores.

Gráfico 1: Tendencia Lineal entre Métodos



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Índices de correlación

Método Estadístico	Valor Estadístico
Regresión Lineal ( $R^2$ )	0.89
Coeficiente de Pearson ( $r$ )	0.93

El coeficiente  $R^2$  igual 0.89, comprueba la regresión lineal existente, y el coeficiente de  $r$  igual a 0.93 comprueba la correlación entre ambos métodos. Dicho de otra forma, el valor del coeficiente de Pearson  $r$  igual a 0.93, quiere decir que las variables son concordantes en un 93% de exactitud. Por otro lado, el coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 0.89 representa la validez, con respecto a los datos utilizados, de la ecuación lineal, es decir, en este caso, la ecuación representa el 89% de los casos analizados.

En la Tabla 4 se puede ver la ecuación que representa de mejor forma la relación entre el método UNE-EN14488-2 y el método Method Statement Shotcrete Testing. En donde “y” corresponde a la resistencia según el método normado y “x” según el método alternativo, todo medido en MPa. La ecuación mostrada en esta tabla corresponde al resultado más importante del presente trabajo pues es la forma encontrada de poder relacionar los métodos en análisis, que según los datos de la Tabla 3, representa una muy buena aproximación.

*Tabla 4: Ecuación Lineal, relación entre métodos*

<b>Formula [MPa]</b>	$y = 0.903x + 0,737$
----------------------	----------------------

### 4.3 Bandas de Trabajo

Ya comprobada la correlación entre métodos, se hace un análisis adicional mediante el cálculo de la desviación estándar de los datos para estimar bandas de trabajos. A continuación, en el Gráfico 2, se pueden ver estas bandas.

La importancia que tienen estas bandas de trabajo es que muestran una zona más amplia que lo expresado a través de una línea de tendencia, y esto nos da un mayor conocimiento sobre el comportamiento general de los datos. Además, entregan la posibilidad de trabajar de manera más conservadora utilizando la banda inferior o menos conservadora utilizando la banda superior. La ecuación de estas bandas se puede ver en la Tabla 5, donde “y” corresponde a la resistencia obtenida según el método normado, y “x” según el método alternativo.

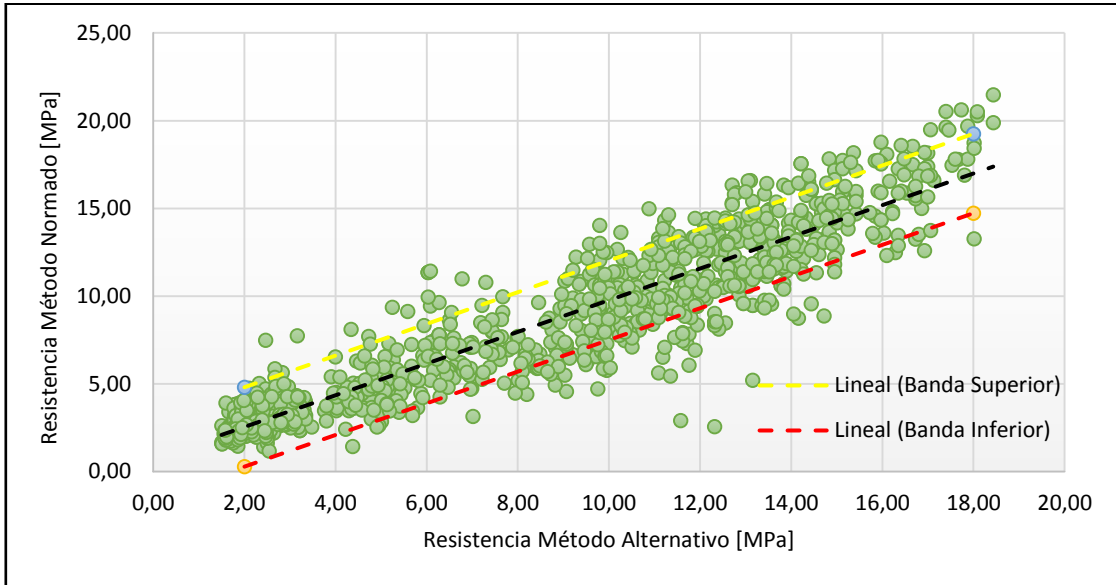
La desviación que se obtiene al trabajar con estas bandas es de  $\pm 2.26$ MPa, es decir si con la línea central obtengo para una resistencia a la compresión de 4MPa según el método alternativo una compresión en el método normado de 4,35MPa, para la banda superior obtendré 6,61MPa y para la banda inferior de 2.09MPa.

Es importante destacar, que, dado que la distribución de la división entre el método normado y el alternativo posee la forma de la campana de Gauss, ver Gráfico 3, las bandas mostradas en el Gráfico 2 encierran al 68% de los datos, por lo que queda solo el 32% de los datos fuera de las bandas de trabajo.

*Tabla 5: Ecuación Lineal, Bandas de trabajo*

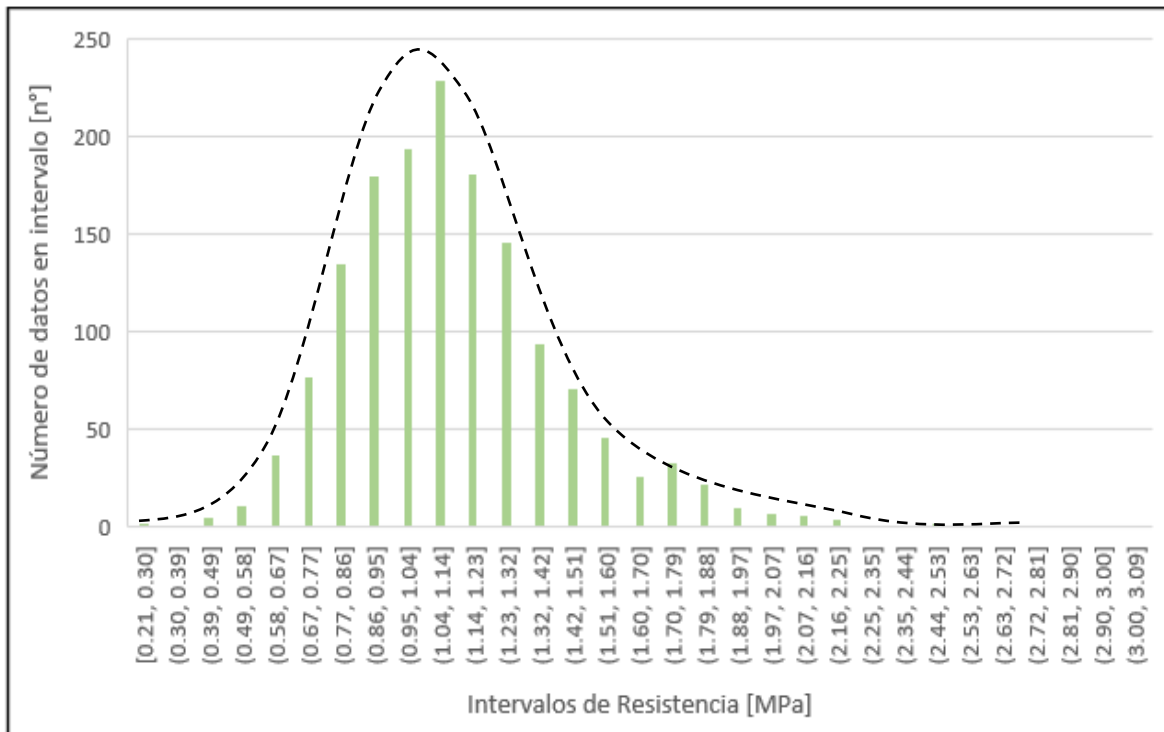
<b>Banda</b>	<b>Formula [MPa]</b>
Superior	$y = 0.903x + 3.000$
Inferior	$y = 0.903x - 1.525$

Gráfico 2: Bandas de trabajo



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 3: Distribución de la división entre las resistencias de los métodos en análisis.



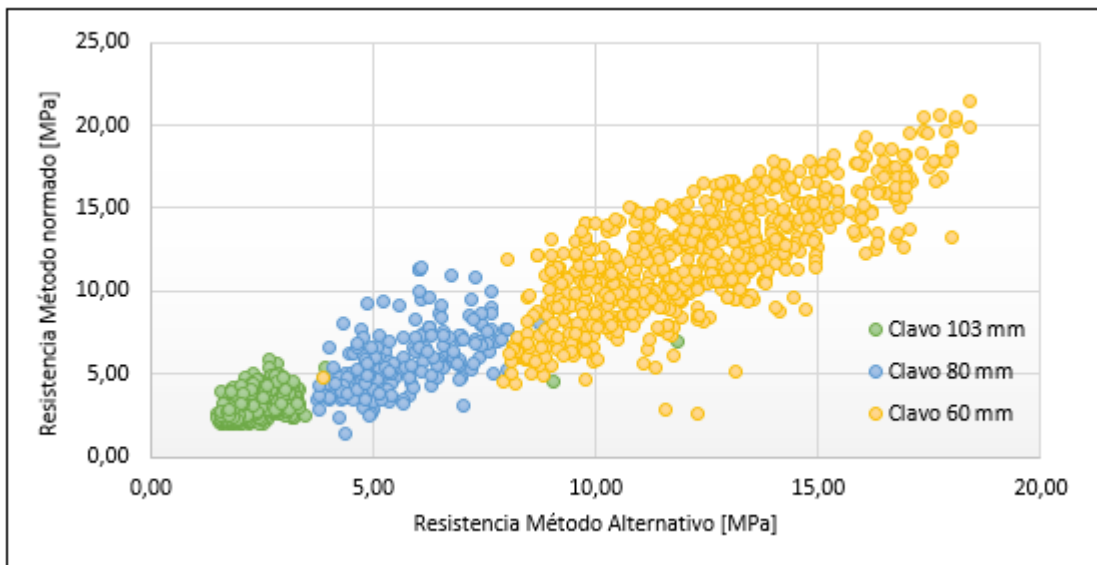
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4 Resultados Adicionales

Con los datos utilizados también se pudo hacer una relación entre el largo total del clavo utilizado en el método hinca de clavo y el rango de resistencias a compresión obtenidas con ambos métodos.

En el Gráfico 4 se puede ver que utilizando el clavo de largo 103 mm se obtiene resistencias a compresión entre 1.2 y 4MPa para el método alternativo, y entre 2 y 6MPa para el método normado. Para el caso del clavo de largo 80 mm se obtiene resistencias a compresión entre 4 y 8MPa para el método alternativo, y entre 3 y 10MPa para el Método normado. Y, por último, para el clavo de largo 60 mm se obtiene resistencias a compresión entre 8 y 18MPa para el método alternativo, y entre 6 y 20MPa para el Método normado.

*Gráfico 4: Relación entre clavo y rango de Resistencias*



*Fuente: Elaboración Propia*

De lo dicho anteriormente, se puede ver una clara relación entre el largo del clavo y el rango específico en el que trabaja el método alternativo, y esto tiene relación con que este método solo depende del parámetro de penetración para obtener las resistencias a compresión. En el caso del método normado, los rangos se solapan, pero esto se debe a que el método normado no depende exclusivamente de la penetración del clavo en el hormigón, sino que también, depende de la fuerza de arranque necesaria para extraer el clavo del hormigón proyectado.

## 5. Conclusiones

Como se pudo ver a lo largo del informe, el hormigón proyectado, es un hormigón especial, por lo que requiere de consideraciones especiales con respecto a los hormigones convencionales. Entre las consideraciones mencionadas, este material posee una dosificación acorde a lo especificado por el proyecto y que además cumpla con las resistencias tempranas. Junto con esto, un punto de vital relevancia para el correcto funcionamiento del hormigón proyectado es la colocación, que es en donde generalmente se producen los problemas que afectan directamente a la resistencia del mismo.

De la Tabla 3, se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,89 con la regresión lineal y de 0,93 con el coeficiente de Pearson, estos valores nos indican que efectivamente existe una correlación considerable entre el método alternativo y el método normado, y que esta correlación es lineal. Estos valores son considerables dada la importancia que tenía poder encontrar la correlación entre los métodos, es más, los resultados aquí obtenidos serán de mucha utilidad para la industria del hormigón proyectado.

Con lo dicho anteriormente se puede verificar que el método “Method Statement Shotcrete Testing” es un método alternativo al método UNE-EN14488-2, el que obtiene resistencias en el rango en el que el método normado no obtiene valores, lo que implica un mejor conocimiento de las resistencias tempranas del hormigón proyectado, y, por ende, una mayor seguridad en construcción y una mayor eficiencia de avance en obra. También es muy importante reiterar que el método alternativo es una abreviación del método normado, por lo que utilizar el método alternativo facilita enormemente la toma de datos para la obtención de resistencias a compresión, y, dada la correlación demostrada, se puede llegar fácilmente a los resultados que se deberían obtener en el método normado mediante la ecuación mostrada en la Tabla 4, dicha ecuación es el resultado más importante del trabajo realizado pues es la fórmula de correlación ente los métodos.

Dado lo anterior, la utilización de cualquiera de los dos métodos queda a la decisión del profesional a cargo sin depender de lo especificación, lo que ayuda a tener una mayor certidumbre con respecto a lo que realmente sucede con las resistencias a compresión del hormigón proyectado desde que se inicia la proyección hasta que alcanza una resistencia tal de que pueda soportar las solicitaciones y así poder seguir avanzando con la obra en ejecución. Además, al poseer dos métodos igualmente válidos, se pueden comparar sus resultados y determinar si se realizaron de buena forma la toma de ensayos para ambos métodos, por lo que este análisis también servirá como un método de verificación.

Otro punto a destacar son las bandas de trabajo, las que nos muestran una zona más amplia que lo expresado a través de una línea de tendencia, y esto nos da un mayor conocimiento sobre el comportamiento general de los datos. A partir de esta banda de trajo podemos decidir si nos vamos por el rango conservador o no, dependiendo de las consideraciones que se estén tomando. Por otro lado, estas bandas nos entregan un límite de trabajo en el que la correlación de datos es válida, estas bandas consideran el 68% de los datos, por lo que son representativas.

Con respecto a los ensayos utilizados en este trabajo, se tuvo que eliminar un poco más de 30 ensayos pues no cumplían con la norma UNE-EN14488-2 que dice que el método hinca de clavo es válido para resistencias mayores a 3MPa hecho que no se cumplía en los ensayos antes mencionados. La eliminación de estos datos no influyó en el análisis general porque solo representaban alrededor del 2% del total de ensayos.

Un resultado adicional obtenido fue la relación encontrada entre el largo del clavo, utilizado en el método hincado de clavos, y el rango de resistencia que se obtiene. Para el caso del método alternativo, ver Gráfico 4, las resistencias obtenida para cada uno de los tres clavos se ven claramente separadas y se pueden asociar a un rango de resistencias en específico. Esto nos ayuda a concluir que es de vital relevancia la utilización de los tres tipos de clavos para así poder obtener resistencias a lo largo de toda la curva y poder así estimar de mejor forma el comportamiento de la resistencia del hormigón proyectado a lo largo del tiempo.

Finalmente, se puede decir que la resistencia del hormigón proyectado depende de muchas variables a lo largo de su producción y aplicación, es por eso, que el estudio de las resistencias tempranas del dicho hormigón a lo largo de la construcción de una obra es de vital importancia tanto para la seguridad de las personas involucradas en el proceso como para la buena ejecución del proyecto. Con los resultados de esta memoria se adquieren nuevos conocimientos acerca de las resistencias tempranas del hormigón proyectado, pero aún queda mucho camino por recorrer, y es responsabilidad de las nuevas generaciones avanzar con el estudio del hormigón proyectado y así generar construcciones más óptimas y seguras. Además, se hace necesario una normativa chilena que toque estos puntos y que incorpore los resultados obtenidos en el presente trabajo.



## 6. Bibliografía

- Belmar, R. (2013). *Implementación y evaluación de equipo portátil de ensayo para determinar la resistencia a compresión del hormigón proyectado en edades tempranas (Tesis de Pregrado)*. Santiago de Chile: Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/114480>.
- Castillo, A. J. (2012). *Apuntes de Estadística para ingenieros, versión 1.3*. Andalucía, España: Departamento de estadísticas e investigación operativa, Universidad de Jaén.
- IBM SPSS Statistics. (s.f.). *Página Oficial de IBM SPSS Statistics Chile*.
- Instituto del cemento y del hormigón de Chile. (2015). *Guía chilena del hormigón proyectado, 2da edición*. Santiago: Instituto del cemento y del hormigón de Chile.
- Lindlar, B. (2010). *Method Statement Strenght Measurement of Shotcrete* . Zürich.
- Montgomery, &. R. (2003). *Applied Statistics and Probability for Engineers, third edition*. Arizona State.
- NCh148.Of68. (1968). *Cemento-Terminología, clasificación y especificaciones generales*. Chile.
- NCh163. (2013). *Árido para morteros y hormigones-Requisitos*. Chile.
- NCh2182.Of95. (1995). *Hormigón y mortero-Aditivos-Clasificación y requisitos*. Chile.
- *Norma Española UNE-EN14488-2*. (2007). Comité técnico AEN/CTN 83.

- *Sprayed Concrete, Guía Austriaca.* (2013).
- UNE-EN14488-2, N. (2007). *UNE-EN14488-2.* Madrid: AENOR.

## **Anexo A**

### **Tablas con los datos de los ensayos utilizados**

Tabla 6: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1-70

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1	103	3,72	2,00	36	103	2,34	3,22
2	60	14,56	15,84	37	80	11,34	6,03
3	103	3,34	1,98	38	103	2,34	3,22
4	60	10,97	13,15	39	80	11,34	6,03
5	80	7,11	7,29	40	103	2,34	3,22
6	60	10,43	10,14	41	80	11,34	6,03
7	103	3,23	2,12	42	103	2,42	2,44
8	80	7,69	7,64	43	60	11,42	13,89
9	60	5,63	11,09	44	80	7,69	8,00
10	60	11,17	13,10	45	103	2,46	2,29
11	103	1,41	2,42	46	60	18,07	16,09
12	60	9,06	10,92	47	103	3,10	1,97
13	103	3,53	3,30	48	60	20,29	18,08
14	60	14,99	16,86	49	103	2,53	3,48
15	103	2,71	2,38	50	60	10,07	12,85
16	60	9,54	13,57	51	103	2,92	2,15
17	80	6,93	7,79	52	60	10,55	13,05
18	60	17,83	14,83	53	103	3,46	2,74
19	103	2,56	2,15	54	60	9,42	11,94
20	103	3,88	2,79	55	103	2,50	2,39
21	60	9,92	10,54	56	60	10,23	10,50
22	103	2,39	1,69	57	103	2,61	1,50
23	80	7,63	7,97	58	60	11,09	12,80
24	103	2,67	2,33	59	80	7,08	7,88
25	60	12,73	12,08	60	80	4,92	5,43
26	103	4,18	2,73	61	60	10,55	12,85
27	60	9,67	9,38	62	80	3,82	5,31
28	103	4,18	2,73	63	60	9,48	13,15
29	60	9,67	9,38	64	80	3,82	5,31
30	103	4,18	2,73	65	60	9,48	13,15
31	60	9,67	9,38	66	80	4,73	6,99
32	103	4,18	2,73	67	60	12,92	12,51
33	60	9,67	9,38	68	103	2,91	1,90
34	103	2,88	2,03	69	60	11,19	11,48
35	60	11,73	12,70	70	103	3,39	2,15

*Tabla 7: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 71-140*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
71	80	9,07	7,67	106	60	8,75	14,16
72	103	3,40	2,93	107	103	2,45	1,90
73	80	9,44	6,08	108	60	7,92	11,62
74	103	4,03	3,09	109	103	2,51	2,00
75	80	10,78	7,29	110	60	9,58	12,95
76	103	3,81	3,23	111	103	3,39	2,12
77	60	19,64	17,39	112	60	11,85	9,72
78	103	2,98	3,22	113	80	5,37	5,67
79	60	14,28	13,20	114	60	12,04	9,79
80	103	3,08	2,15	115	103	2,48	1,74
81	60	13,36	12,75	116	60	9,56	14,44
82	60	2,55	12,31	117	103	2,01	2,03
83	60	9,29	8,92	118	60	8,45	10,46
84	80	5,26	5,47	119	80	3,67	4,93
85	60	12,37	14,60	120	60	8,40	10,96
86	103	2,35	2,07	121	103	3,11	2,35
87	60	14,59	15,18	122	60	9,20	10,62
88	103	2,35	2,07	123	103	2,93	2,27
89	60	14,59	15,18	124	60	10,10	10,67
90	103	3,23	1,79	125	103	3,22	2,45
91	80	8,67	7,64	126	60	10,48	11,57
92	103	4,34	2,40	127	103	2,43	2,54
93	60	12,50	14,32	128	60	7,35	8,85
94	103	4,34	2,40	129	103	3,08	2,06
95	103	3,21	2,56	130	103	3,33	2,26
96	60	11,04	10,02	131	103	2,69	1,81
97	103	3,03	2,11	132	60	9,13	11,75
98	60	11,11	9,68	133	60	11,51	12,70
99	103	3,14	2,34	134	60	12,25	13,73
100	60	10,86	9,03	135	103	2,75	2,17
101	103	2,29	2,30	136	60	10,88	10,83
102	60	9,31	11,35	137	103	3,89	2,05
103	103	2,66	1,82	138	60	9,88	9,20
104	80	4,50	4,01	139	103	2,91	2,54
105	103	2,33	1,91	140	60	9,29	9,28

*Tabla 8: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 141-210*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
141	103	2,85	2,13	176	60	10,48	12,41
142	60	8,46	12,55	177	103	2,74	1,94
143	103	2,96	2,39	178	60	7,32	9,64
144	60	13,30	11,09	179	103	2,33	2,17
145	103	3,74	2,20	180	60	7,30	11,71
146	80	9,35	5,24	181	103	2,43	2,42
147	103	3,36	2,17	182	60	7,83	11,75
148	60	12,56	10,96	183	103	2,39	2,16
149	103	3,69	2,59	184	60	7,45	11,62
150	80	9,12	5,58	185	103	2,61	2,33
151	103	2,49	2,29	186	60	8,12	12,41
152	60	16,33	13,83	187	103	2,85	2,36
153	103	2,74	1,95	188	60	8,36	11,94
154	60	10,61	12,36	189	103	2,69	2,07
155	103	2,66	2,29	190	60	8,77	11,80
156	60	9,20	9,42	191	103	2,79	2,22
157	103	2,35	1,69	192	60	9,83	12,12
158	60	12,20	10,42	193	103	2,89	2,39
159	103	4,55	9,06	194	80	7,96	7,44
160	60	12,14	10,30	195	103	2,78	2,11
161	80	4,99	4,49	196	80	7,60	6,59
162	60	14,33	15,97	197	103	2,59	2,07
163	103	2,81	1,83	198	60	9,01	12,31
164	60	13,33	14,78	199	103	3,87	3,17
165	103	2,20	1,97	200	60	13,06	11,09
166	60	10,90	11,22	201	103	2,22	2,35
167	103	2,00	1,61	202	60	12,73	13,89
168	60	11,11	13,20	203	103	3,44	2,94
169	103	3,10	2,52	204	60	14,80	14,66
170	60	9,45	9,03	205	103	2,57	2,33
171	103	2,74	3,12	206	60	13,49	13,57
172	60	11,38	10,54	207	103	2,15	2,34
173	80	4,26	6,29	208	60	14,09	13,99
174	60	11,75	11,22	209	103	3,33	2,45
175	103	3,61	2,29	210	60	15,54	16,73

*Tabla 9: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 211-280*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
211	80	6,82	7,58	246	80	6,53	4,00
212	60	10,84	9,38	247	103	2,55	1,74
213	80	6,21	6,75	248	60	8,82	9,99
214	60	12,39	12,55	249	103	3,83	3,05
215	80	5,48	6,93	250	60	14,80	16,22
216	60	13,35	11,84	251	103	3,74	3,02
217	80	4,87	5,14	252	80	9,63	6,27
218	60	12,04	11,22	253	103	2,39	1,90
219	80	5,08	5,16	254	60	16,88	17,80
220	60	14,07	14,49	255	103	2,82	2,53
221	80	3,63	5,80	256	60	17,59	15,97
222	60	15,72	16,73	257	103	2,15	2,04
223	103	2,58	2,74	258	60	7,28	9,95
224	60	11,26	10,30	259	103	2,22	2,27
225	103	2,51	3,18	260	80	5,96	6,59
226	60	12,70	11,22	261	103	2,50	2,27
227	103	3,05	2,03	262	60	10,54	10,34
228	60	17,55	14,21	263	103	2,13	1,66
229	103	3,56	2,40	264	60	9,68	10,92
230	60	17,55	14,21	265	80	5,03	4,93
231	103	2,82	2,64	266	60	11,40	13,41
232	60	12,55	14,21	267	80	4,77	4,44
233	103	3,05	2,62	268	80	6,37	5,26
234	60	14,05	13,57	269	80	4,42	5,22
235	103	3,05	2,62	270	60	13,58	16,03
236	60	14,05	13,57	271	80	5,94	7,38
237	103	3,05	2,62	272	60	6,30	9,53
238	60	14,05	13,57	273	60	12,77	13,38
239	103	3,05	2,62	274	103	2,52	2,21
240	60	14,05	13,57	275	60	5,77	9,95
241	103	3,84	2,68	276	103	2,48	2,22
242	60	11,14	13,46	277	60	10,66	10,22
243	80	4,06	4,85	278	103	2,76	2,39
244	60	9,76	10,87	279	80	8,63	6,49
245	103	3,35	2,85	280	103	3,80	3,03

*Tabla 10: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 281-350*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
281	80	5,86	9,87	316	60	11,39	10,18
282	60	11,60	13,78	317	103	2,00	1,82
283	103	4,07	2,98	318	60	10,98	11,71
284	60	12,08	13,31	319	103	3,26	2,32
285	80	3,81	4,15	320	60	11,17	9,83
286	60	17,49	16,66	321	103	3,42	2,59
287	80	4,85	5,14	322	60	10,48	10,18
288	60	17,79	17,66	323	80	3,40	4,76
289	80	5,00	5,45	324	60	14,69	15,42
290	60	15,74	15,42	325	103	2,23	2,03
291	80	7,35	6,99	326	60	10,59	13,78
292	60	12,73	11,26	327	103	3,21	1,78
293	80	4,34	5,04	328	60	12,65	15,01
294	60	11,80	11,35	329	103	2,23	2,03
295	103	3,39	1,66	330	60	10,59	13,78
296	60	11,98	11,22	331	103	2,04	1,76
297	103	3,10	2,94	332	60	8,32	10,10
298	60	9,48	11,35	333	103	3,25	2,31
299	103	2,43	1,98	334	60	8,42	10,58
300	60	17,53	15,97	335	80	5,68	5,62
301	80	5,04	7,70	336	80	7,44	6,15
302	60	12,68	12,36	337	103	4,76	5,45
303	103	3,13	2,13	338	60	15,39	13,15
304	60	5,44	11,35	339	103	3,03	2,07
305	103	3,26	2,25	340	103	2,43	1,70
306	60	15,27	14,55	341	103	2,41	1,86
307	103	3,26	2,25	342	60	11,24	9,57
308	60	15,27	14,55	343	80	2,85	4,91
309	103	2,24	2,12	344	60	10,63	9,68
310	60	10,01	11,48	345	103	2,49	2,15
311	103	2,00	1,82	346	80	7,71	4,72
312	60	10,98	11,71	347	103	2,44	1,74
313	80	4,06	4,58	348	60	13,80	14,32
314	60	11,00	9,10	349	103	2,76	2,53
315	103	3,05	2,24	350	60	9,46	13,36



*Tabla 11: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 351-420*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
351	103	2,13	1,66	386	60	10,66	11,66
352	60	8,33	12,31	387	103	3,88	2,65
353	103	3,57	2,38	388	80	7,30	5,16
354	60	8,87	14,72	389	103	2,52	2,20
355	103	4,02	3,33	390	60	6,54	9,72
356	60	12,16	14,27	391	80	5,23	5,76
357	103	3,57	2,40	392	60	10,17	11,53
358	60	14,45	14,32	393	103	2,33	2,03
359	103	2,43	1,76	394	80	4,41	4,44
360	60	9,01	11,13	395	103	2,43	2,39
361	103	2,73	2,10	396	60	10,56	12,51
362	60	11,41	11,53	397	103	2,43	2,39
363	103	3,31	2,46	398	60	10,56	12,51
364	60	13,84	13,10	399	103	2,46	2,10
365	103	3,80	2,41	400	60	11,78	12,41
366	60	7,46	10,34	401	103	2,28	2,28
367	80	4,69	6,96	402	60	6,84	9,83
368	80	6,39	7,61	403	103	2,60	2,29
369	80	5,82	6,49	404	80	9,47	7,21
370	60	11,41	10,54	405	103	2,41	1,76
371	103	2,35	2,28	406	60	6,57	9,91
372	60	9,91	11,71	407	80	5,36	5,54
373	103	2,51	1,64	408	60	13,28	14,55
374	60	13,14	13,05	409	103	2,48	3,01
375	103	3,23	2,04	410	60	10,32	10,34
376	60	10,11	8,96	411	103	3,07	1,96
377	103	3,17	2,56	412	80	5,14	5,54
378	60	8,97	9,38	413	103	4,86	2,92
379	103	4,00	2,96	414	60	11,35	10,92
380	60	9,80	9,38	415	103	2,29	2,51
381	80	5,07	4,70	416	103	1,95	1,74
382	60	12,22	9,28	417	80	6,92	11,89
383	80	5,04	4,39	418	103	2,34	2,28
384	80	8,00	7,44	419	60	8,74	8,68
385	80	6,78	7,58	420	80	6,60	5,91

*Tabla 12: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 421-490*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
421	60	11,39	12,55	456	103	1,44	1,85
422	103	2,61	2,30	457	60	11,35	13,25
423	60	13,24	16,73	458	103	2,73	1,96
424	80	3,63	5,20	459	103	2,67	1,93
425	60	11,47	9,20	460	103	2,71	2,16
426	103	3,67	2,13	461	103	2,42	2,31
427	60	11,53	9,64	462	60	7,49	2,46
428	103	2,42	2,04	463	103	2,97	2,18
429	60	10,94	12,08	464	60	14,02	9,79
430	103	3,42	2,70	465	103	2,84	2,69
431	60	15,88	16,54	466	60	10,67	9,35
432	103	2,01	1,97	467	80	8,49	7,18
433	60	14,63	14,21	468	60	12,66	10,18
434	103	2,93	1,78	469	80	7,36	6,08
435	60	8,07	10,67	470	60	16,33	12,70
436	103	2,16	2,17	471	103	2,70	1,93
437	60	9,32	9,79	472	60	10,94	9,91
438	103	2,65	1,99	473	103	3,35	2,07
439	80	5,76	6,15	474	60	14,15	12,08
440	103	2,95	2,14	475	103	4,00	2,48
441	60	9,48	9,79	476	60	10,31	10,96
442	103	2,23	1,84	477	80	4,45	5,87
443	60	9,18	9,46	478	60	10,58	12,85
444	103	3,80	2,54	479	103	2,86	2,39
445	60	14,30	14,60	480	60	11,39	10,10
446	103	3,55	2,29	481	103	2,65	2,90
447	60	13,36	15,84	482	60	13,63	10,26
448	103	3,45	2,07	483	103	2,68	2,86
449	60	13,53	12,41	484	60	12,48	9,95
450	103	4,08	2,91	485	103	2,85	2,99
451	60	12,54	14,10	486	60	15,30	12,70
452	103	2,74	2,03	487	103	3,14	2,81
453	60	7,90	10,46	488	60	14,82	14,21
454	103	2,52	2,04	489	103	3,42	2,80
455	60	10,63	9,79	490	60	16,00	14,44

*Tabla 13: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 491-560*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
491	103	2,17	2,10	526	60	15,29	14,66
492	60	10,00	12,08	527	103	2,24	1,74
493	103	3,55	2,36	528	60	12,54	12,17
494	60	14,79	14,95	529	103	2,69	1,96
495	103	3,62	2,29	530	60	14,02	13,25
496	60	12,79	11,35	531	103	3,04	2,55
497	80	5,91	5,18	532	60	13,12	11,94
498	60	14,44	13,31	533	80	5,19	6,08
499	103	5,08	2,78	534	60	15,99	16,41
500	60	13,66	14,83	535	103	2,75	2,15
501	103	4,35	2,56	536	60	11,84	11,17
502	60	12,93	14,49	537	103	2,84	2,65
503	103	3,22	2,32	538	60	14,35	15,24
504	60	19,46	17,46	539	103	3,08	2,54
505	103	4,02	2,31	540	60	14,63	11,31
506	60	17,39	16,99	541	103	3,37	2,36
507	103	4,10	2,11	542	60	14,45	12,55
508	60	17,26	16,92	543	103	3,31	2,47
509	103	3,83	1,81	544	60	13,12	12,85
510	60	18,15	16,99	545	103	5,01	2,32
511	103	3,11	2,39	546	60	14,97	14,72
512	60	12,50	12,55	547	80	7,25	4,76
513	103	3,12	2,69	548	60	13,00	12,17
514	60	12,15	9,53	549	80	7,25	5,67
515	103	3,52	2,58	550	60	13,63	11,31
516	60	14,32	11,22	551	103	2,47	2,43
517	103	3,29	2,42	552	60	14,51	13,41
518	60	12,95	9,57	553	80	3,47	4,01
519	103	3,91	1,89	554	60	17,17	14,95
520	60	7,73	3,15	555	103	3,37	2,19
521	103	3,58	1,91	556	60	16,58	13,10
522	60	16,61	17,12	557	80	2,84	5,01
523	103	2,94	2,53	558	60	13,39	11,53
524	60	13,42	13,31	559	80	3,46	4,29
525	103	2,55	1,90	560	60	20,53	17,39

*Tabla 14: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 561-630*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
561	103	2,89	1,77	596	80	4,76	5,51
562	60	10,50	12,51	597	60	12,35	10,96
563	80	2,99	4,78	598	103	3,53	2,88
564	60	11,36	11,35	599	60	18,53	16,66
565	80	5,18	5,82	600	103	3,77	2,95
566	60	13,26	13,31	601	60	10,95	13,15
567	80	5,61	5,01	602	103	3,22	2,96
568	60	13,37	12,75	603	60	11,13	12,17
569	80	6,93	5,35	604	103	2,75	2,22
570	60	12,28	11,26	605	60	16,19	13,94
571	80	7,07	6,96	606	103	3,19	3,34
572	60	20,61	17,73	607	60	14,70	16,22
573	80	5,74	6,47	608	103	3,09	2,14
574	60	16,87	17,06	609	60	14,16	13,94
575	80	4,52	5,02	610	103	2,33	1,85
576	60	15,75	14,32	611	60	13,06	14,72
577	80	4,41	4,30	612	103	2,07	1,79
578	60	16,84	16,79	613	60	13,19	14,95
579	103	2,79	2,34	614	80	9,07	6,54
580	60	17,15	15,42	615	60	16,49	14,38
581	103	2,54	2,12	616	103	3,16	1,83
582	60	14,23	12,75	617	60	13,76	13,41
583	103	2,81	2,50	618	103	3,46	3,02
584	60	15,82	13,41	619	60	10,05	9,76
585	80	4,21	4,76	620	103	3,25	2,58
586	60	4,71	9,76	621	60	13,11	12,55
587	103	3,15	2,17	622	103	2,30	2,42
588	80	3,61	4,03	623	60	14,91	13,51
589	60	12,59	16,92	624	103	3,37	2,67
590	60	18,73	18,01	625	60	13,10	12,08
591	103	2,71	1,72	626	103	3,25	2,83
592	80	5,37	4,91	627	60	13,21	12,22
593	60	12,49	16,28	628	103	3,38	2,56
594	60	16,83	16,99	629	60	9,83	10,26
595	60	17,81	17,87	630	80	3,38	4,99

*Tabla 15: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 631-700*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
631	60	14,93	13,51	666	103	2,82	2,56
632	103	3,00	3,34	667	80	3,45	5,69
633	60	13,26	18,01	668	60	14,00	12,31
634	80	5,88	6,96	669	103	2,57	2,03
635	60	16,63	14,95	670	60	13,61	12,17
636	103	3,04	2,39	671	80	3,63	4,42
637	60	14,82	13,46	672	60	13,95	12,95
638	80	5,83	6,80	673	103	2,35	1,80
639	60	19,68	17,87	674	60	14,23	12,36
640	80	7,28	6,93	675	103	3,27	2,68
641	60	17,72	15,84	676	60	14,39	12,85
642	103	2,99	2,23	677	80	4,15	5,12
643	60	15,93	15,12	678	60	12,81	11,66
644	103	2,60	2,20	679	103	3,16	2,56
645	60	13,19	14,95	680	60	12,65	10,96
646	80	4,56	5,06	681	80	6,59	6,17
647	60	14,58	14,83	682	60	14,29	13,20
648	80	4,22	5,91	683	103	2,93	1,86
649	60	21,47	18,43	684	60	12,80	11,09
650	103	3,00	2,26	685	103	3,36	2,33
651	60	19,48	17,06	686	60	17,73	15,12
652	80	8,09	4,34	687	103	4,54	2,99
653	80	4,72	4,83	688	60	13,47	16,34
654	60	12,11	10,92	689	80	7,01	7,41
655	103	3,39	3,00	690	60	18,19	16,92
656	60	12,35	11,66	691	103	2,25	1,86
657	103	2,81	1,88	692	80	10,98	6,77
658	60	12,58	12,12	693	80	5,79	5,35
659	80	4,39	5,43	694	60	17,26	15,12
660	103	3,73	2,41	695	103	3,33	2,29
661	60	14,40	12,12	696	60	15,90	12,80
662	103	2,70	1,80	697	103	3,06	1,78
663	60	12,64	11,89	698	60	16,41	13,46
664	103	3,23	2,74	699	103	3,44	2,49
665	60	13,03	11,57	700	60	11,86	10,96

*Tabla 16: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 701-770*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
701	103	2,03	1,80	736	103	3,84	3,00
702	60	12,36	11,66	737	60	12,57	11,31
703	103	2,19	2,64	738	80	6,35	5,94
704	60	12,83	12,03	739	60	14,31	13,99
705	103	2,76	2,05	740	103	3,45	2,30
706	103	3,09	3,05	741	60	9,45	9,17
707	103	3,21	2,23	742	103	3,67	2,20
708	103	2,02	2,23	743	60	15,99	15,91
709	60	17,45	17,53	744	103	3,81	2,48
710	80	6,67	7,44	745	60	14,21	14,16
711	60	18,17	15,36	746	103	3,85	2,62
712	103	5,64	2,83	747	60	14,14	12,55
713	60	18,76	15,97	748	103	3,61	3,01
714	80	5,99	5,67	749	60	13,83	15,24
715	60	15,02	13,67	750	80	5,03	4,52
716	60	15,36	13,67	751	60	12,60	13,78
717	103	2,53	2,03	752	103	2,82	2,83
718	103	2,56	1,93	753	60	13,13	11,22
719	60	10,46	9,99	754	103	2,82	2,12
720	103	3,57	2,44	755	60	11,88	12,08
721	80	5,22	5,12	756	80	5,51	6,44
722	60	13,06	12,60	757	60	12,22	13,41
723	80	5,33	6,59	758	80	4,03	5,33
724	60	11,90	12,46	759	60	13,52	16,79
725	103	3,96	2,64	760	80	3,96	4,47
726	60	14,15	13,00	761	60	15,96	15,42
727	103	3,61	2,01	762	103	4,14	2,57
728	80	3,58	4,35	763	60	20,50	18,08
729	60	17,26	16,34	764	103	2,50	1,82
730	80	4,03	4,27	765	60	17,81	17,59
731	60	14,18	15,01	766	80	5,57	5,47
732	103	2,59	2,39	767	60	15,79	12,75
733	60	13,05	13,10	768	103	2,95	2,09
734	103	3,91	3,05	769	60	15,90	15,97
735	60	12,94	12,55	770	103	2,74	2,65

*Tabla 17: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 771-840*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
771	60	14,01	12,12	806	60	8,98	14,05
772	103	2,76	1,86	807	60	4,39	8,19
773	60	16,56	13,05	808	60	6,50	11,17
774	103	2,70	3,08	809	103	2,80	2,05
775	60	14,43	13,46	810	60	8,54	10,62
776	80	3,71	4,49	811	103	5,86	2,67
777	60	13,83	13,10	812	60	15,95	13,00
778	80	6,55	5,08	813	103	2,16	1,96
779	60	14,45	12,31	814	80	9,94	6,03
780	103	3,10	2,63	815	80	8,06	8,75
781	60	14,20	12,75	816	103	4,17	2,43
782	103	2,74	2,65	817	60	10,05	11,31
783	80	5,26	7,21	818	103	3,66	2,65
784	103	3,49	2,18	819	60	11,90	12,90
785	60	15,45	14,83	820	103	5,39	3,90
786	103	3,11	2,76	821	60	12,31	12,75
787	60	12,84	14,21	822	80	9,96	7,67
788	103	2,60	1,73	823	80	6,75	6,57
789	60	132,82	17,62	824	80	8,33	5,94
790	103	3,85	3,12	825	103	3,52	2,06
791	60	18,59	16,41	826	103	4,72	2,85
792	80	7,19	5,96	827	60	16,55	16,15
793	60	12,51	9,87	828	80	4,77	5,01
794	80	7,10	7,01	829	60	8,78	11,09
795	60	17,73	15,91	830	103	3,82	3,12
796	60	12,21	11,39	831	80	6,57	6,03
797	80	4,44	4,58	832	103	2,17	2,27
798	103	3,36	2,29	833	80	6,29	4,46
799	60	13,22	14,10	834	103	2,24	1,90
800	80	4,26	4,01	835	60	9,06	9,68
801	60	13,19	13,62	836	103	2,24	1,90
802	100	4,84	2,72	837	60	9,06	9,68
803	103	4,70	2,46	838	103	2,10	2,16
804	60	13,01	9,79	839	60	6,09	9,49
805	103	4,09	2,73	840	103	1,63	1,75

*Tabla 18: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 841-910*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
841	60	6,05	11,75	876	80	3,63	4,60
842	103	1,96	1,79	877	80	4,64	4,39
843	80	2,62	4,95	878	80	5,37	4,78
844	103	2,82	2,84	879	103	3,29	2,45
845	80	7,79	6,27	880	80	5,21	8,00
846	103	2,73	2,06	881	103	2,49	2,15
847	60	11,10	12,65	882	80	3,37	5,39
848	103	2,82	2,84	883	80	3,14	7,01
849	80	7,79	6,27	884	60	10,43	11,17
850	103	1,62	2,50	885	80	2,53	4,91
851	60	2,90	11,57	886	60	11,38	12,95
852	60	7,80	10,26	887	80	2,41	4,22
853	60	12,18	14,95	888	60	7,09	10,50
854	103	2,82	2,84	889	103	2,05	1,63
855	80	7,79	6,27	890	80	4,23	4,47
856	60	12,31	16,09	891	103	4,41	2,59
857	103	3,03	1,85	892	80	7,27	6,29
858	60	10,28	11,98	893	103	4,64	2,68
859	103	3,49	2,44	894	80	7,29	6,57
860	60	12,31	10,87	895	103	3,81	1,78
861	103	3,95	3,00	896	60	6,61	9,95
862	60	8,16	10,18	897	103	4,83	2,96
863	103	3,62	2,57	898	60	6,03	8,29
864	103	4,35	2,07	899	80	4,84	5,02
865	103	3,21	2,47	900	60	7,22	9,76
866	60	6,67	9,20	901	103	3,45	2,98
867	103	2,35	1,97	902	80	4,80	4,25
868	80	4,67	4,72	903	103	3,91	1,59
869	80	4,88	4,80	904	60	9,08	10,10
870	80	7,18	6,72	905	80	5,95	5,06
871	103	3,60	2,10	906	60	9,83	9,57
872	60	9,90	10,83	907	103	3,79	2,09
873	103	3,74	2,12	908	60	10,00	10,79
874	60	7,10	9,06	909	103	3,94	2,03
875	103	3,43	2,62	910	60	12,99	14,89



*Tabla 19: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 911-980*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
911	103	4,74	2,11	946	80	5,72	6,80
912	60	12,93	12,60	947	103	4,01	2,82
913	80	6,19	4,54	948	60	13,67	13,94
914	80	8,64	7,44	949	103	2,18	2,03
915	103	5,36	2,67	950	60	8,63	9,72
916	60	10,13	10,02	951	103	2,79	2,47
917	103	2,72	2,04	952	80	5,98	6,37
918	80	6,06	4,80	953	103	4,32	3,14
919	103	4,21	3,30	954	60	16,44	14,78
920	60	12,03	10,46	955	80	3,72	5,41
921	103	3,36	1,88	956	60	11,52	14,21
922	80	4,46	3,95	957	103	2,98	2,64
923	103	4,84	2,69	958	60	13,56	15,78
924	60	10,46	9,79	959	103	2,04	2,06
925	103	5,00	2,86	960	60	14,42	14,89
926	60	9,63	8,45	961	103	2,33	1,78
927	103	3,61	1,77	962	60	11,25	11,53
928	80	8,25	7,26	963	103	2,28	2,46
929	103	4,18	2,39	964	60	10,04	11,22
930	80	8,39	6,52	965	80	4,80	6,47
931	103	2,64	1,93	966	60	11,54	13,62
932	60	8,84	11,66	967	103	2,08	1,71
933	103	3,05	2,35	968	60	7,08	11,22
934	80	3,65	4,80	969	103	1,94	2,26
935	103	1,17	2,54	970	60	9,83	10,92
936	80	1,43	4,37	971	103	2,73	2,73
937	103	2,52	2,31	972	60	7,61	10,50
938	60	9,61	11,48	973	103	2,61	2,10
939	103	3,69	3,24	974	60	8,04	9,38
940	60	10,70	12,08	975	103	2,39	2,20
941	80	3,47	3,76	976	60	14,35	15,97
942	60	11,85	13,15	977	103	3,05	2,91
943	80	3,51	4,58	978	60	11,38	13,25
944	60	6,45	9,13	979	103	2,33	2,57
945	103	2,01	2,52	980	60	9,38	10,34

*Tabla 20: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 981-1050*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
981	103	2,37	1,90	1016	60	11,74	10,75
982	60	9,56	10,14	1017	103	2,77	2,25
983	80	5,35	5,73	1018	60	15,27	15,12
984	60	14,38	13,10	1019	103	2,91	1,78
985	103	2,68	2,11	1020	60	11,77	11,17
986	60	7,76	10,22	1021	103	4,23	3,11
987	103	2,06	1,58	1022	60	16,44	14,16
988	60	13,43	13,94	1023	103	3,37	3,27
989	80	4,60	5,08	1024	60	14,88	13,73
990	60	11,10	11,84	1025	103	2,43	2,23
991	60	10,27	12,31	1026	60	8,53	8,62
992	103	1,90	2,50	1027	103	1,93	1,57
993	103	3,42	2,88	1028	60	16,86	14,38
994	60	10,61	10,58	1029	103	3,86	2,79
995	80	6,40	6,22	1030	60	15,24	14,89
996	60	15,88	16,34	1031	80	3,74	3,80
997	103	2,32	2,12	1032	60	13,70	12,12
998	60	9,74	10,71	1033	103	2,25	1,57
999	103	2,72	2,34	1034	60	14,63	13,05
1000	60	13,38	13,31	1035	80	4,78	4,42
1001	60	8,70	10,75	1036	60	18,42	18,01
1002	103	2,29	2,06	1037	103	3,16	2,63
1003	103	1,92	1,58	1038	60	12,56	11,80
1004	60	10,50	10,62	1039	103	2,43	1,85
1005	103	2,20	2,02	1040	60	16,24	15,18
1006	60	13,05	13,62	1041	103	2,80	2,57
1007	80	6,83	7,29	1042	60	14,75	13,20
1008	60	11,23	9,91	1043	103	2,19	1,88
1009	103	3,77	3,00	1044	60	13,16	14,10
1010	60	10,22	10,54	1045	80	4,24	4,35
1011	103	2,88	2,44	1046	60	13,82	13,25
1012	60	15,46	15,07	1047	103	3,22	2,76
1013	80	4,91	4,93	1048	60	11,62	12,60
1014	60	13,65	13,05	1049	103	2,46	2,16
1015	80	6,03	6,83	1050	60	7,89	11,62

*Tabla 21: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1051-1120*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1051	103	2,87	2,50	1086	60	5,87	8,42
1052	60	5,19	13,15	1087	103	1,91	1,59
1053	103	2,26	1,85	1088	60	11,32	14,55
1054	60	15,21	12,70	1089	103	1,67	1,50
1055	103	2,74	2,39	1090	60	4,48	7,94
1056	60	9,94	11,35	1091	103	1,58	1,50
1057	103	2,23	2,23	1092	60	7,05	8,82
1058	60	14,46	14,78	1093	103	3,20	3,05
1059	60	12,14	11,66	1094	60	13,59	13,57
1060	103	2,30	1,86	1095	103	2,43	2,12
1061	103	2,21	1,78	1096	60	13,31	11,89
1062	60	11,80	14,95	1097	103	2,70	1,97
1063	103	3,69	1,96	1098	80	5,00	5,41
1064	60	12,42	13,62	1099	103	2,23	2,00
1065	103	2,59	1,80	1100	60	17,82	16,47
1066	60	13,18	12,22	1101	103	1,57	1,51
1067	103	2,71	2,51	1102	60	4,92	8,82
1068	60	15,66	16,99	1103	103	1,73	1,70
1069	103	2,46	1,79	1104	60	5,55	8,72
1070	60	5,71	8,10	1105	103	3,72	2,42
1071	103	3,07	2,79	1106	60	14,36	15,24
1072	60	16,09	14,44	1107	103	1,87	1,66
1073	103	3,07	2,79	1108	80	5,38	4,09
1074	60	16,09	14,44	1109	103	3,45	2,40
1075	103	2,95	2,14	1110	60	5,07	8,10
1076	60	8,51	10,22	1111	103	2,24	2,29
1077	80	3,98	4,29	1112	80	4,05	5,01
1078	60	16,25	16,73	1113	103	2,79	2,31
1079	103	2,63	1,97	1114	60	8,18	10,30
1080	60	16,91	16,47	1115	103	2,29	2,16
1081	80	3,77	4,44	1116	60	14,88	14,21
1082	60	14,75	15,72	1117	103	2,71	2,09
1083	103	2,26	2,16	1118	60	11,25	14,27
1084	60	9,69	11,26	1119	103	3,27	2,86
1085	103	2,86	2,45	1120	60	8,53	12,31

*Tabla 22: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1121-1190*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1121	103	2,68	2,73	1156	60	5,49	9,03
1122	60	9,75	13,41	1157	80	4,93	6,29
1123	103	2,45	2,23	1158	60	9,75	13,51
1124	60	9,56	11,05	1159	103	3,64	1,93
1125	103	1,95	1,70	1160	60	10,58	12,65
1126	60	8,22	10,38	1161	103	4,08	3,11
1127	103	2,63	2,40	1162	60	9,78	11,17
1128	60	8,34	10,26	1163	103	3,58	2,00
1129	103	1,98	1,83	1164	60	9,30	11,39
1130	60	8,70	10,79	1165	80	5,65	6,88
1131	103	2,02	1,86	1166	60	8,79	10,10
1132	60	12,49	13,67	1167	103	4,28	2,94
1133	103	2,48	2,01	1168	60	14,97	10,87
1134	60	11,90	13,46	1169	103	2,71	1,92
1135	103	2,83	3,11	1170	60	11,67	13,83
1136	80	5,84	4,81	1171	103	2,01	2,46
1137	103	1,83	1,59	1172	60	11,85	13,89
1138	60	11,10	12,60	1173	103	2,23	1,62
1139	103	2,23	1,77	1174	60	5,91	10,02
1140	60	9,58	12,95	1175	60	10,61	12,75
1141	80	3,44	5,18	1176	103	2,48	1,80
1142	60	6,70	8,48	1177	60	7,94	10,34
1143	103	2,54	1,92	1178	103	3,88	2,46
1144	60	12,88	16,34	1179	60	14,42	11,89
1145	103	2,33	1,78	1180	103	4,21	3,19
1146	60	6,92	8,39	1181	60	10,83	11,80
1147	80	3,87	5,12	1182	80	7,62	7,55
1148	60	11,39	14,95	1183	60	10,53	10,42
1149	103	1,96	1,59	1184	103	1,79	1,59
1150	60	6,63	8,85	1185	60	7,91	9,79
1151	103	2,15	1,55	1186	103	2,13	1,90
1152	60	7,64	11,44	1187	60	9,28	11,13
1153	103	2,27	2,00	1188	103	2,50	1,94
1154	60	5,89	8,45	1189	60	6,33	8,45
1155	103	1,81	1,85	1190	103	1,90	1,57

*Tabla 23: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1191-1260*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1191	60	9,18	10,26	1226	103	2,88	2,67
1192	103	2,32	1,56	1227	60	12,87	14,05
1193	60	8,67	9,99	1228	103	2,08	2,20
1194	103	4,25	3,17	1229	60	19,88	18,43
1195	60	8,53	12,36	1230	103	2,23	2,48
1196	103	3,24	2,94	1231	60	11,39	13,51
1197	60	11,80	13,62	1232	103	3,91	1,91
1198	103	2,14	1,86	1233	60	6,66	8,16
1199	60	7,40	9,42	1234	103	2,99	1,86
1200	103	2,41	2,07	1235	60	6,46	8,16
1201	60	6,88	9,46	1236	103	4,47	2,27
1202	103	1,92	1,90	1237	60	14,29	12,55
1203	60	9,48	11,94	1238	103	3,76	2,39
1204	103	2,40	2,23	1239	60	12,60	14,44
1205	80	6,58	4,63	1240	103	2,17	2,00
1206	80	4,44	4,17	1241	60	7,63	8,89
1207	60	8,33	9,28	1242	80	3,49	4,83
1208	103	3,44	2,02	1243	60	6,25	8,65
1209	60	7,37	8,72	1244	103	2,43	1,80
1210	103	2,49	1,91	1245	80	5,21	4,65
1211	60	6,41	8,22	1246	103	2,31	1,88
1212	103	3,20	1,81	1247	60	9,79	10,22
1213	60	7,27	9,06	1248	103	2,55	2,36
1214	103	2,28	1,93	1249	60	14,12	12,65
1215	60	11,76	13,67	1250	103	2,91	2,31
1216	103	3,94	2,51	1251	60	5,99	8,89
1217	60	13,74	17,06	1252	103	3,48	2,05
1218	103	3,37	1,93	1253	60	8,99	9,06
1219	60	8,53	8,92	1254	103	2,79	2,61
1220	103	2,51	2,01	1255	60	6,02	8,48
1221	60	9,43	11,89	1256	80	2,88	3,80
1222	103	2,86	2,15	1257	60	7,96	9,91
1223	60	8,05	9,61	1258	103	4,23	2,29
1224	103	4,27	2,60	1259	60	9,91	10,58
1225	60	12,31	11,09	1260	103	4,05	1,99

Tabla 24: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1261-1330

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1261	60	10,71	13,83	1296	103	2,35	1,57
1262	103	2,26	2,16	1297	60	7,22	8,22
1263	60	14,01	14,27	1298	103	4,47	3,05
1264	103	2,87	2,24	1299	60	15,32	12,60
1265	60	13,11	11,98	1300	103	2,27	1,67
1266	80	3,19	5,69	1301	60	5,07	8,55
1267	60	7,37	9,03	1302	103	2,46	2,00
1268	103	2,62	2,29	1303	60	6,58	8,52
1269	60	11,68	14,05	1304	103	2,98	1,66
1270	103	2,12	1,63	1305	60	15,19	11,89
1271	60	9,84	10,50	1306	103	3,04	2,17
1272	103	2,94	2,39	1307	60	12,30	9,53
1273	60	15,40	15,42	1308	103	2,45	1,73
1274	103	2,49	2,16	1309	60	13,11	14,05
1275	60	10,40	13,83	1310	103	2,60	2,39
1276	103	2,31	2,44	1311	60	7,87	10,83
1277	60	9,06	11,53	1312	103	1,87	1,51
1278	103	2,20	1,60	1313	60	7,77	11,39
1279	60	6,34	9,46	1314	80	6,62	4,95
1280	80	3,82	5,12	1315	60	14,18	10,92
1281	60	12,65	10,92	1316	103	4,46	2,63
1282	103	2,79	2,80	1317	60	14,64	11,80
1283	60	9,33	13,41	1318	80	5,42	5,28
1284	103	2,11	1,92	1319	60	15,01	11,98
1285	60	7,87	11,62	1320	103	2,98	2,35
1286	103	2,66	2,04	1321	60	8,97	11,44
1287	60	5,69	8,65	1322	80	4,05	4,67
1288	80	5,65	7,24	1323	60	16,19	13,25
1289	60	10,19	11,66	1324	103	4,64	2,39
1290	103	2,49	1,95	1325	60	12,18	8,99
1291	60	6,17	8,07	1326	103	3,53	2,02
1292	103	1,97	1,61	1327	60	13,73	11,98
1293	60	9,92	11,09	1328	103	3,20	1,72
1294	80	11,42	6,08	1329	60	7,79	10,02
1295	60	13,84	11,17	1330	103	1,89	1,51

Tabla 25: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1331-1400

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1331	60	10,07	12,31	1366	103	3,21	3,28
1332	103	2,66	1,98	1367	60	16,18	13,67
1333	60	11,23	11,98	1368	103	2,35	1,57
1334	103	3,01	2,07	1369	60	15,55	13,20
1335	60	7,45	8,48	1370	103	3,29	2,29
1336	103	1,96	1,51	1371	60	13,24	9,79
1337	60	13,67	10,42	1372	103	3,05	1,96
1338	103	2,22	1,99	1373	60	10,46	10,42
1339	60	11,51	9,87	1374	103	2,63	2,09
1340	103	3,85	3,02	1375	60	10,56	9,87
1341	60	8,01	9,06	1376	103	3,36	2,19
1342	103	1,99	1,66	1377	60	11,95	11,44
1343	60	9,27	9,28	1378	103	2,37	1,51
1344	103	3,06	2,16	1379	60	11,22	13,89
1345	60	11,14	12,26	1380	103	2,50	1,93
1346	103	3,80	3,12	1381	60	15,21	13,94
1347	60	14,94	13,10	1382	103	2,26	1,59
1348	103	2,47	1,98	1383	60	6,63	8,79
1349	60	16,56	13,83	1384	103	3,67	2,96
1350	103	4,44	2,31	1385	60	17,01	14,10
1351	60	11,87	8,00	1386	103	2,90	1,63
1352	103	1,83	1,68	1387	60	9,61	10,30
1353	60	16,30	14,05	1388	103	3,16	1,96
1354	103	2,41	1,95	1389	60	7,47	9,57
1355	60	16,64	13,62	1390	103	2,40	2,10
1356	103	3,87	2,57	1391	60	10,74	13,31
1357	60	14,55	13,15	1392	103	4,49	3,23
1358	103	2,60	1,74	1393	103	2,20	1,74
1359	60	15,79	13,00	1394	60	15,07	11,57
1360	103	2,36	2,13	1395	103	4,07	3,03
1361	60	15,13	16,03	1396	60	8,12	8,45
1362	103	3,65	2,44	1397	103	4,01	2,76
1363	80	9,30	4,85	1398	60	8,98	9,13
1364	103	2,99	2,47	1399	103	3,52	2,28
1365	60	12,22	14,21	1400	60	17,24	14,60

*Tabla 26: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1401-1470*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1401	103	2,83	1,86	1436	60	16,06	12,22
1402	60	9,85	10,87	1437	103	2,24	1,66
1403	80	6,35	6,83	1438	60	10,91	10,30
1404	60	19,31	16,09	1439	103	2,13	1,70
1405	103	2,70	2,38	1440	60	12,07	13,31
1406	60	14,23	10,54	1441	103	4,85	2,81
1407	103	1,74	1,52	1442	60	16,21	16,99
1408	60	9,44	11,26	1443	103	3,13	2,29
1409	80	5,52	5,87	1444	60	15,37	12,46
1410	60	14,86	11,75	1445	103	4,22	1,87
1411	103	2,46	2,18	1446	60	14,64	11,00
1412	60	16,22	14,05	1447	103	2,37	1,85
1413	103	3,72	2,62	1448	60	10,69	13,05
1414	60	17,25	15,07	1449	103	3,18	2,04
1415	103	2,86	1,78	1450	60	14,30	10,46
1416	60	9,84	11,80	1451	80	5,63	4,89
1417	103	4,01	1,82	1452	60	6,79	8,45
1418	60	13,99	10,26	1453	103	2,49	2,01
1419	103	4,32	2,58	1454	60	14,66	11,22
1420	60	17,78	13,99	1455	103	3,73	2,16
1421	103	4,02	2,72	1456	60	16,50	12,95
1422	60	13,08	8,99	1457	103	2,38	1,72
1423	103	4,72	2,79	1458	60	9,73	8,52
1424	60	12,19	8,68	1459	103	4,58	2,86
1425	103	4,72	2,79	1460	60	14,06	9,79
1426	60	12,19	8,68	1461	103	2,22	1,73
1427	103	3,70	1,90	1462	60	10,43	9,24
1428	60	17,14	14,05	1463	103	3,03	1,76
1429	80	5,11	5,35	1464	60	15,08	10,75
1430	60	17,20	13,67	1465	103	3,05	1,75
1431	80	4,76	3,89	1466	60	10,88	8,85
1432	60	7,17	9,13	1467	80	4,31	3,80
1433	103	3,12	2,03	1468	60	11,47	8,99
1434	60	6,13	9,28	1469	80	4,36	4,81
1435	80	6,87	4,67	1470	60	11,12	10,34



*Tabla 27: Resistencias a compresión de métodos en análisis. Ensayos 1471-1521*

Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo	Ensayo	Longitud total del Clavo [mm]	Resistencia corregida (MPa) Método UNE-EN14488-2	Resistencia corregida (MPa) Método Alternativo
1471	103	3,02	1,91	1506	60	13,57	12,26
1472	60	13,21	10,92	1507	103	2,83	1,77
1473	103	2,26	1,79	1508	60	15,14	11,48
1474	60	10,17	11,66	1509	103	3,57	2,52
1475	103	4,83	2,96	1510	60	11,17	8,99
1476	60	16,62	12,95	1511	103	3,85	2,09
1477	103	3,83	2,16	1512	60	15,30	12,08
1478	60	6,35	9,76	1513	103	3,25	2,92
1479	103	3,15	2,09	1514	60	13,25	10,87
1480	60	13,62	9,68	1515	103	4,33	2,61
1481	103	2,44	1,61	1516	60	14,26	12,08
1482	60	16,61	17,66	1517	80	4,78	5,82
1483	103	3,26	1,65	1518	60	14,11	9,99
1484	60	18,27	17,32	1519	103	3,26	2,03
1485	103	2,68	1,57	1520	60	12,71	14,27
1486	60	10,14	11,71	1521	60	14,92	12,55
1487	103	3,93	2,60				
1488	60	14,45	15,42				
1489	80	4,90	4,89				
1490	60	12,31	13,20				
1491	103	2,21	1,94				
1492	60	16,45	13,57				
1493	103	2,71	1,74				
1494	60	14,22	12,36				
1495	103	3,76	2,26				
1496	60	16,47	12,85				
1497	103	2,36	1,87				
1498	60	11,41	9,13				
1499	103	2,51	1,77				
1500	60	10,09	13,25				
1501	103	3,92	1,83				
1502	60	16,49	12,41				
1503	103	4,32	2,06				
1504	60	13,01	12,17				
1505	103	4,03	2,25				