



**Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil  
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL  
MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE  
MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES**

**Tutor**

**ING. MSc. MARCIAL CALERO AMORES**

**Autores**

**GUAMAN MARTILLO MANUEL ARMANDO**

**ORTIZ VALVERDE VICTOR HUGO**

**Guayaquil, 2018**



## **REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TITULO Y SUBTITULO:**

**FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES**

**AUTORES:**

**GUAMAN MARTILLO MANUEL  
ARMANDO  
ORTIZ VALVERDE VICTOR  
HUGO**

**REVISORES:**

**ING. MSc. MARCIAL CALERO AMORES**

**INSTITUCIÓN:**

**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE  
ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD:**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA:**

**INGENIERIA CIVIL**

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

**2018**

**N. DE PAGS:**

**116 PAGINAS**

**ÁREAS TEMÁTICAS:**

**Arquitectura y Construcción**

**PALABRAS CLAVE:**

**Mortero, hormigón, resistencia, adherencia, aditivos, lechada agua-cemento.**

**RESUMEN:**

El trabajo de investigación estudió el incremento de adherencia del mortero aplicado en elementos estructurales por medio del método artesanal (lechada agua-cemento) y el de productos adherentes (aplicación de aditivos). Para lo cual se realizó la fundición de 12 elementos de hormigón (f`c 40 MPa) que cumplieron el papel de vigas, columnas, etc. Los mismos que fueron trabajados y preparados en igualdad de condiciones para la realización de ensayos de adherencia y resistencia a la compresión simple; a estos resultados se le realizó el análisis y estudio que permitieron conocer importantes conclusiones relacionadas al comportamiento de los aditivos para mejorar la adherencia del mortero.

<p>Por otra parte, con los resultados obtenidos se realiza una ficha técnica comparativa donde se detallarán sus características, como aspectos positivos y negativos de los mismos, todo esto con el propósito de identificar así el método más propicio en cuanto a incremento de adherencia se refiere.</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTORES/ES: GUAMAN MARTILLO MANUEL ARMANDO ORTIZ VALVERDE VICTOR HUGO	Teléfono: 0993073014 0939538812	E-mail: <a href="mailto:lockhugo_91@hotmail.com">lockhugo_91@hotmail.com</a> <a href="mailto:manu_brc1988_@hotmail.com">manu_brc1988_@hotmail.com</a>
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>MSC. ROSA HINOJOSA DE LEIMBERG, DECANA Teléfono: 2596500 EXT. 201 DECANATO E-mail: <a href="mailto:rhinojosal@ulvr.edu.ec">rhinojosal@ulvr.edu.ec</a></p> <p>ING. MSc. ALEX SALVATIERRA Teléfono: 2596500 EXT. 241 <a href="mailto:asalvatierrae@ulvr.edu.ec">asalvatierrae@ulvr.edu.ec</a></p>	

**Quito:** Av. Whymper E7-37 y Alpallana, edificio Delfos, teléfonos (593-2) 2505660/ 1; y en la Av. 9 de octubre 624 y carrión, Edificio Prometeo, teléfonos 2569898/ 9. Fax: (593 2) 2509054

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los/Las estudiantes/egresados(as) Manuel Armando Guamán Martillo y Víctor Hugo Ortiz Valverde, declaro (amos) bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/las suscritos(as) y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar "FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES".

Autor(es)(as):



MANUEL ARMANDO GUAMAN MARTILLO

C.I.0302253083



VICTOR HUGO ORTIZ VALVERDE

C.I.0302277231

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación "**FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES**", nombrado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: "**FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES**", presentado por los estudiantes Manuel Armando Guamán Martillo y Víctor Hugo Ortiz Valverde como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación



Firma: \_\_\_\_\_

**PhD. MARCIAL CALERO AMORES**

C.I. 0905197869

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** tesis final noviembre.docx (D43330515)  
**Submitted:** 10/31/2018 4:20:00 PM  
**Submitted By:** ibetancourt@ulvr.edu.ec  
**Significance:** 6 %

### Sources included in the report:

tesisarevalo082015.pdf (D15022814)  
Quituisaca Giovanni-Trabajo de fin de titulación.pdf (D25863600)  
LUIS ZARUMA.docx (D30202729)  
Tesis de Grado 2014 MTE.pdf (D11318572)  
TESIS - JULIO CESAR CASTRO AGUIRRE.pdf (D18738839)  
1447894753\_23.pdf (D16271938)  
TESIS URKUND FINAL JHON MACAS GAONA.docx (D35207236)  
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/97>  
<http://www.aditec-ec.com/productos/union-y-reparacion-de-hormigon/betoncryl-14/ficha-tecnica-betoncryl-14.pdf>  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1941/tesisUPV2517.pdf>  
<http://www.redalyc.org/pdf/911/91101107.pdf>

### Instances where selected sources appear:

36

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized, cursive letter 'P' followed by a horizontal line extending to the right.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento inicial es para Dios, en quien confío y quien a pesar de mis desobediencias siempre está cubriéndome con su manto de bendiciones y a la vez me protege y guía, posterior quiero hacer extensivo un infinito agradecimientos a toda mi familia, mis padre Manuel, Mírella, mis hermanos; Katty, Valeria, Mauricio, Francisca y Erika y por supuesto a mi tan amado hijo Jeremmy Armando quienes en todo este largo proceso siempre creyeron en mis capacidades y estuvieron acobijándome con ese amor y apoyo que tanto se necesita de una familia. Y por supuesto agradecer de manera especial a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil y particularmente a quienes forman parte la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción.

### **MANUEL ARMANDO GUAMAN MARTILLO**

Principalmente agradezco a Dios por su infinita misericordia de haberme guiado siempre por el sendero de la felicidad, hasta llegar al feliz término de esta meta propuesta; luego a cada uno los que conforman parte de mi familia, a mi madre Lucia Valverde y mi padre Víctor Ortiz mis hermanos Diana, Jhonathan, Nenita y a mis amigos; por siempre haberme brindado las fuerzas y sus apoyos incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

### **VICTOR HUGO ORTIZ VALVERDE**

## **DEDICATORÍA**

Dedico este proyecto tesis a todas aquellas personas luchadoras, quienes a pesar de la circunstancia adversas siempre están con una sonrisa y siempre están con la predisposición de ayudar sin recibir nada a cambio, este proyecto va para aquellos que son capaces de dar todo lo que tienen y quedarse sin nada solo por el simple hecho de ayudar a los demás. Con todo lo expuesto debo hacer referencia con la mayor humildad posible a toda mi familia y en especial a mis padres, quienes me enseñaron a dar sin esperar y sobre todo siempre tener una sonrisa que brindar.

### **A DIOS**

Por brindarme salud y la dicha de tener unos excelentes padres y sobre todo una hermosa familia

### **A mi hijo Jeremmy Armando**

Hijo amado te dedico esta tesis porque en todo este proceso de estudio toco privarte de muchas cosas, pero la más importante, toco privarte de compartir más momentos y horas en familia.

### **A mis padres Manuel Armando y Mirella Geoconda**

Como no dedicarles este logro tan importante si es mas de Uds. que mío, a mi padre quien siempre estuvo inculcándome al estudio y velando por el cumplimiento del mismo en cada una de las etapas y a mi madre por las malas noches, por las preocupaciones, y por el trabajo extra y sacrificio que le toco hacer para que yo estuviese siempre bien y contento.

**MANUEL ARMANDO GUAMAN MARTILLO**

## **DEDICATORÍA**

Este proyecto de tesis va dedicado principalmente a dios y a mis padres hermanos y amigos y en particular a mis padres LUCIA y VICTOR, a ellos por brindarme siempre ese apoyo espiritual y moral a lo largo de toda esta trayectoria llegando así conjuntamente con ellos a la culminación de mis estudios profesionales. Depositando un esfuerzo, confianza durante el largo recorrido, sin dudar un solo momento en mi capacidad y dedicación. Gracias a ellos soy lo que soy hoy en día. Los Amo con mi vida.

### **A DIOS**

Por haberme permitido llegar hasta este punto tan importante de mi vida.

### **A mis padres Lucia Valverde y Víctor Ortiz**

Con mucho cariño a mis padres en especial a mi mamá quien ha sido el ejemplo de superación y una excelente mujer que durante todo este tiempo estuvo velando por mi cada vez que llegaba de la universidad me espera con un plato de comida a las 11:45 pm es por eso que le dedico este proyecto a ella y también a mi padre que siempre fue el que me estaba empujando para que no callera en la trayectoria de esta larga carrera.

**VICTOR HUGO ORTIZ VALVERDE**

## INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	3
1.3. Sistematización del problema.....	3
1.4. Objetivo general.....	3
1.5. Objetivos específicos.....	3
1.6. Justificación de la investigación.....	4
1.7. Delimitación de la investigación.....	4
1.8. Hipótesis de la investigación.....	5
1.9. Identificación de las variables .....	5
1.10. Identificación de las variables .....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2. Marco teórico referencial.....	8
2.2.1. Elementos Estructurales.....	8
2.2.2. Clasificación de los elementos estructurales .....	9
2.2.3. Tipos de Columnas.....	12
2.2.3.1. Tipos de Columnas por su Sección Transversal.....	12
2.2.3.2. Tipos de Columnas por su Comportamiento Frente a Estribos.....	13
2.2.4. Cálculo y Diseño de una Columna a Compresión Simple.....	14
2.2.5. El Mortero.....	18
2.2.5.1. Definición.....	18
2.2.5.2. Historia del Mortero.....	18
2.2.5.3. Características de los Morteros.....	21
2.2.5.3.1. Plasticidad.....	21
2.2.5.3.2. Resistencia a la Compresión.....	21
2.2.5.3.3. Adherencia.....	22
2.2.6. Componentes del Mortero.....	22
2.2.6.1. Conglomerantes.....	22
2.2.6.2. Agua.....	24
2.2.6.3. Agregado o Áridos.....	24
2.2.7. Clasificación del Mortero.....	24

2.2.8. Morteros para Mampostería.....	27
2.2.9. Clasificación de los Morteros de Mampostería. ....	27
2.2.9.1. Características del Mortero Tipo M.....	27
2.2.9.2. Características del Mortero Tipo S. ....	28
2.2.9.3. Características del Mortero Tipo N.....	28
2.2.9.4. Características del Mortero Tipo O.....	29
2.2.10. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Morteros.....	29
2.2.10.1. Estado fresco. ....	29
2.2.11. Estado endurecido.....	30
2.2.12. Aditivos.....	30
2.2.12.1. Definición.....	31
2.2.12.2. Historia de la Inclusión de Aditivos en la Ingeniería Civil.....	31
2.2.12.3. Uso de los Aditivos .....	33
2.2.12.4. Clasificación de los Aditivos.....	34
2.2.12.5. Aditivos Incluidores de Aire.....	34
2.2.12.6. Aditivos Reductores de Agua.....	35
2.2.12.7. Aditivos Retardantes. ....	36
2.2.12.8. Aditivos Acelerantes. ....	36
2.2.12.9. Aditivos Superplastificantes.....	37
2.2.12.10. Aditivos Minerales. ....	37
2.2.12.11. Otros Aditivos. ....	37
2.2.12.12. Adiciones.....	38
2.3. Marco legal. ....	38
2.4. Marco conceptual.....	39
<b>CAPÍTULO III DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>40</b>
3.1. Fundamentación del tipo de investigación. ....	40
3.2. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación. ....	40
3.3. Datos de población y muestra.....	41
3.4. Fuentes recursos y cronogramas.....	41
3.5. Procesamiento, presentación y análisis de los resultados .....	47
3.5.1. Materiales y Herramientas.....	49
3.5.1.1. Equipo de adherencia a tracción digital “Pull-Off” modelo E142.....	50
3.5.2. Mano de Obra y Construcción.....	52
3.5.3. Preparación de la Superficie para el Enlucido.....	54
3.5.3.1. Enlucido.....	57

3.5.3.2. Aplicación de Aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) (métodos adherentes) y el patrón (método tradicional). .....	58
3.5.3.3. Dosificación. ....	59
3.5.4.1. Método Artesanal.....	61
3.5.4.2. Método con Productos Adherentes (Aditivos).....	62
3.5.5. Ensayo de Compresión. ....	65
3.5.6. Ensayo de Adherencia por Tracción o Pull Off.....	66
3.5.7. Toma de resultados de los Ensayos. ....	70
3.6. Conclusiones preliminares.....	84
3.6.1. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición. ....	84
3.6.2. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición. ....	85
3.6.3. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición. ....	86
3.6.4. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición. ....	87
3.6.5. Análisis de costo - Rendimiento para los aditivos.....	88
Conclusiones .....	90
Recomendaciones .....	92
Bibliografía .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1 <i>Cargas últimas proporcionadas por el programa de análisis estructural escogido.</i>	16
Tabla 2 <i>Clasificación de Agregado o Áridos.</i>	24
Tabla 3 <i>Especificación por propiedades, para morteros de cemento.</i>	27
Tabla 4 <i>Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM-494</i>	34
Tabla 5 Programación de fechas para ensayos a morteros de 3 días de aplicación	45
Tabla 6 Programación de fechas para ensayos a morteros de 20 días de aplicación	46
Tabla 7 Programación general de fechas para ensayos	47
Tabla 8 Especificaciones técnicas para aplicación de lechadas adherentes	57
<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 9 <i>Especificaciones Técnicas del Aditivo A.</i>	62
Tabla 10 <i>Especificaciones Técnicas del Aditivo B.</i>	63
Tabla 11 <i>Especificaciones Técnicas del Aditivo C.</i>	64
Tabla 12 Ensayo de resistencia a la compresión del hormigón.	70
Tabla 13 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.	71
Tabla 14 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.	73
Tabla 15 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición	75
Tabla 16 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.	77
Tabla 17 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.	79
Tabla 18 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición	81
Tabla 19 <i>Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días</i>	84
Tabla 20 <i>Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días</i>	85
Tabla 21 <i>Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días</i>	86
Tabla 22 <i>Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días</i>	87
Tabla 23 Costos y rendimientos de aditivos y patrón	88

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1 Composición de la columna.....	11
Gráfico 2 Columnas de Sección Transversal Cuadrada y Rectangular .....	12
Gráfico 3 Columnas de Sección Transversal L y T .....	12
Gráfico 4 Columnas de Sección Transversal Circular y en Cruz .....	13
Gráfico 5 Columnas con Estribos .....	13
Gráfico 6 Columna Zunchada.....	14
Gráfico 7 Vista 3d de Pórticos .....	15
Gráfico 8 Fachada de Pórticos .....	15
Gráfico 9 Vista 2d vs 3d de Pórticos .....	16
Gráfico 10 Detalle de la sección y armado escogido.....	17
Gráfico 11 Elevación de columna diseñada.....	17
Gráfico 12 <i>cronograma para primer grupo de elementos a ensayar</i> .....	42
Gráfico 13 Cronograma para segundo grupo de elementos a ensayar.....	43
Gráfico 14 Vista de superficie utilizadas para aplicación de mortero .....	48
Gráfico 15 Vista 3d del Elemento de Ensayo .....	49
Gráfico 16 moldes para fundir los elementos estructurales .....	50
Gráfico 17 Equipo de adherencia a tracción digital “Pull-Off” .....	51
Gráfico 18 Ensayo de revenimiento según norma ASTM C 143 .....	53
Gráfico 19 llenado de probetas y vigas.....	53
Gráfico 20 Curado de cilindros para ensayo de compresión simple.....	54
Gráfico 21 cilindros de hormigón .....	54
Gráfico 22 Elementos de Hormigón Ensayos .....	54
Gráfico 23 Pulido de Elementos de Hormigón .....	55
Gráfico 24 Gráfico 24 Picado de Elementos de Hormigón .....	56
Gráfico 25 Elemento de Hormigón aplicado el proceso de picado .....	57
Gráfico 26 Elemento de Hormigón con reglas laterales para enlucido .....	57
Gráfico 27 aplicación con brocha de lechada adherente.....	59
Gráfico 28 Componentes del Mortero .....	59
Gráfico 29 Proceso de “champeado” .....	60
Gráfico 30 Elemento de hormigón enlucido .....	61
Gráfico 31 Aplicación de mortero con el método artesanal .....	62
Gráfico 32 Pesado de cilindro de hormigón para ensayo .....	65
Gráfico 33 Ensayo de Compresión. ....	66
Gráfico 34 Marcación de la Ubicación de las pastillas en el Elemento.....	66
Gráfico 35 Elemento con ranuras para pegado con cilindro de concreto .....	67
Gráfico 36 Pastillas pegadas sobre la superficie de los Elementos de prueba.....	68
Gráfico 37 Resina epòxica para pegado de pastillas para ensayo de resistencia a la adherencia .....	68
Gráfico 38 Colocación del perno en disco .....	69
Gráfico 39 Realización del Ensayo Pull Off.....	69
Gráfico 40 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.....	72
Gráfico 41 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.....	74

Gráfico 42 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.....	76
Gráfico 43 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.....	78
Gráfico 44 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.....	80
Gráfico 45 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.....	82
Gráfico 46 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.....	84
Gráfico 47 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.....	85
Gráfico 48 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.....	86
Gráfico 49 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.....	87
Gráfico 50 Comparativo Costos y rendimientos de aditivos y patrón.....	89

## INTRODUCCIÓN.

Los morteros son materiales de construcción, cuyo uso se ha ido incrementando cada vez más en el campo de la edificación; además sus características y propiedades dependerán del uso para el cual sea planteado. El éxito de la obra obedecerá en garantizar que el mismo responda a las especificaciones técnicas, esto se puede comprobar a través de pruebas o ensayos de calidad.

Un empleo relevante del mortero, en el que se centra la investigación, es el enlucido donde se necesita prever una buena adherencia, por consiguiente, existen múltiples estudios donde se ha examinado su composición y así se ha determinado que las cantidades de los componentes empleados en la mezcla es un factor imprescindible; ya que de ello dependerá la consistencia del mismo. Pero además se ha evidenciado que, para tener un óptimo enlucido, entran en juego otros factores como la forma de aplicación, temperatura y humedad del ambiente, procedencia de los materiales, etcétera.

Haciendo un recuento en la historia de la albañilería y más profundamente en lo que a enlucidos se refiere es preciso indicar que tradicionalmente los maestros albañiles; para incrementar la adherencia utilizan una lechada compuesta por agua y cemento en igualdad de relación volumétrica, la misma que se coloca entre el elemento a enlucir y el mortero a aplicar, dentro de esta investigación a este proceso lo llamaremos método tradicional.

En la actualidad existe en el mercado aditivos destinados para dicho fin, desplazando así la utilización de la lechada adherente; por lo que cuando se refiera a métodos adherentes, esto responderá a la utilización de aditivos destinados a mejorar la adherencia del mortero.

La adherencia es una característica particular de los morteros de albañilería, la misma se define como la propiedad que poseen los morteros de adherirse a los materiales con los cuales están en contacto (piedra, ladrillos, acero, etc.). Ésta es una propiedad fundamental que deben poseer los morteros, por lo cual existen estudios para determinar los valores que deben cumplir. (Cabrera, 1995)

Por ende, este trabajo de investigación tiene como propósito, realizar una ficha comparativa a partir del análisis a los dos métodos citados anteriormente destinados a incrementar la adherencia del mortero en elementos estructurales, en dicha ficha se superpondrán los aspectos positivos y negativos de la aplicación de ambos en un caso tipo de 12 elementos.

Los resultados obtenidos de los ensayos serán cuantificados y cualificados y nos darán los parámetros para poder concluir cuál de los dos métodos antes mencionados, es la mejor opción para el fin descrito.

## **CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

### **1.1.Tema.**

Ficha técnica comparativa de la adherencia del mortero a elementos estructurales mediante métodos artesanales y productos adherentes.

### **1.2.Formulación del problema.**

¿Qué método brinda mayor adherencia entre el mortero y elementos estructurales?

### **1.3.Sistematización del problema.**

¿Cómo varia la adherencia con la inclusión de productos para su fin?

¿Cuál es la ventaja y desventaja en la aplicación entre uno u otro método?

¿Es necesaria la aplicación de estos métodos?

### **1.4.Objetivo general.**

Elaborar una ficha técnica comparativa entre la inclusión del método artesanal y el que conlleva el uso de productos adherentes, para mejorar dicho efecto entre elementos estructurales y mortero.

### **1.5.Objetivos específicos.**

- Realizar un análisis comparativo de la adherencia del mortero artesanal y mortero con adherentes, mediante ensayos de muestras, para determinar que método, de los antes citados tiene una mejor eficacia y comportamiento estructural.
- Determinar la resistencia a la adherencia entre elementos estructurales y mortero, que brinda la aplicación de uno u otro método para su fin.

## **1.6. Justificación de la investigación.**

Dado que, por lo general, se utiliza solo el “picado” y la “lechada” que es la mezcla de agua y cemento, sin utilizar un aditivo que garantice más adherencia; esta investigación se justifica debido a que todos estos procesos se realizan casi obligatoriamente sin tener una investigación técnica que fundamente la aplicación de dichos procesos.

La investigación evidenciara el método técnico óptimo que ayude a mejorar la adherencia del mortero; ya sea el método artesanal o el método que incluye la utilización de productos adherentes, en las diferentes áreas de la construcción civil.

Mediante esta ficha comparativa, los profesionales que se dedican a la construcción civil tendrán una clara idea sobre las ventajas y desventajas de la utilización de uno u otro método, las mismas que ayudarán a ahorrar y optimizar recursos.

## **1.7. Delimitación de la investigación.**

El presente estudio está orientado principalmente en obtener un análisis veraz y efectivo, de forma tal que permita especialmente a los constructores o profesionales, escoger la mejor alternativa a lo hora de buscar una óptima adherencia.

Además, para evaluar la competitividad técnica de los productos adherentes existentes en el mercado local y nacional; se investigaran los disponibles en el país, y se los evaluara entre sí y con respecto al método artesanal y se los identificara a través de códigos. Por otra parte, para realizar la comparación de los métodos se realizan ensayos y pruebas de 12 elementos de muestras, donde se indicará el proceso constructivo de manera detallada, recalcando lo más importante del método artesanal y lo propio con el método con aditivos.

Es importante señalar que, en el segundo de los métodos mencionados se estudió 3 tipos de aditivos de diferentes marcas fabricantes; los cuales se los aplico en el elemento estructural antes de la colocación del mortero, los mismos que según las especificaciones técnicas de cada uno están destinados para maximizar las propiedades del mortero como mayor plasticidad, adherencia u otros, por lo que se considera un tema digno de realizarlo y que constituirá una herramienta valiosa para el sector de la construcción.

### **1.8.Hipótesis de la investigación.**

Realizar el estudio comparativo; entre el método artesanal y el método adherente, de la resistencia a la adherencia del mortero, el cual permitirá seleccionar el método más adecuado para su aplicación dentro de los diferentes sistemas constructivos.

### **1.9.Identificación de las variables**

Es importante destacar que hoy en día se necesita emplear el mejor método que se encuentre en el mercado para así garantizar el éxito de las obras de construcción. En ciertos casos por una mala adherencia del mortero, la edificación presenta problemas de seguridad, por lo cual es necesario prever cual es el método que nos garantiza un mayor porcentaje de eficiencia. Por eso es importante el desarrollo del presente trabajo de investigación, ya que implica comparar el método artesanal, con el de uso de aditivos.

### **1.10. Operacionalizacion de las variables**

Variables independientes: adherencia del mortero a los elementos estructurales

Variables dependientes: la utilización de aditivos que influyen en el incremento de adherencia de los morteros a elementos estructurales, así como también la resistencia a la compresión simple de hormigón la misma q influye en el incremento de adherencia antes mencionado.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.

### 2.1. Antecedentes de la Investigación.

La ingeniería civil consta de una extensa historia, remontándose a los inicios mismos de la existencia humana, esto se puede evidenciar echando un vistazo a los comienzos de la vida del hombre en donde por diferentes necesidades se vio obligado tempranamente a desarrollar técnicas que faciliten su supervivencia en la tierra empezado así la ingeniería civil como hoy la conocemos.

Todas estas técnicas fueron desarrollándose y dando paso a la construcción de impresionantes obras a lo largo de la historia, en los primeros años ya se evidencia la utilización de morteros; inicialmente estos estaban destinados a actuar como material de pega entre los bloques de las estructuras, un ejemplo significativo de estos son las pirámides de Egipto aproximadamente 2700 – 2500 A.C.

Se tiene registros históricos que la utilización de morteros para recubrimiento de superficies se empleó en el mismo Egipto por los años 400 A.C. en donde su componente principal era el yeso.

Trujillo (2012) “Se conoce por mortero a una masa formada por conglomerante, arena y agua, y que puede contener además algún aditivo. La mezcla origina una pasta fluida o plástica, que fragua y endurece por las transformaciones químicas que en la misma se dan lugar.” (Trujillo, 2012, pag.5). El mortero al tener los mismos materiales que el hormigón, se pueden confundir entre sí. Sin embargo, en el caso del hormigón, su objetivo es de material estructural por lo cual se enfoca más en su resistencia, por otro lado, el mortero es un adhesivo, y su adhesión completa, fuerte y durable con la unidad de albañilería es su objetivo más importante, sus otras propiedades, incluida la resistencia, son incidentales. (Gallegos & Carlos, 2005).

Cabe mencionar que no existe un tipo de mortero genérico que pueda utilizarse con garantías para cualquier tipo de trabajo. En orden a las necesidades que tengamos en cada caso, debemos elegir qué características tenemos que valorar a la hora de seleccionar el tipo de mortero. Para el caso de un mortero como material de agarre para mampostería, la cualidad que más nos interesa es la resistencia de compresión; en cambio si el mortero es para un revestimiento, la propiedad que más va a primar es la de adherencia a la hora de nuestra elección, ya que debemos garantizar una óptima unión entre el soporte y el revestimiento. (Trujillo Cebrián, 2012)

Actualmente se realizan los mismos procesos de recubrimientos (enlucidos) con morteros ya sea en elementos estructurales como en paredes de mampostería con el fin de mejorar la estética de la estructura obteniendo un acabado más liso, facilitando labores de pintados y otras.

Para el proceso de enlucido en elementos estructurales se hace uso; principalmente de dos métodos, el artesanal (picado de elemento estructural) y la utilización de productos adherentes, con el fin de mejorar las características de adherencia entre dicho elemento estructural y el mortero. La aplicación de todos estos métodos se la viene realizando casi inconscientemente y fundamentada en la experiencia adquirida en obra sin que haya estudios que nos indique cuál de ellos es el más viable, confiable y rentable, razón por la cual esta investigación va encaminada a responder esas interrogantes.

El método artesanal requiere de un mortero tradicional, siendo el cemento, arena común, agua y aditivos, los materiales necesarios para fabricarlo. El mortero que se va a utilizar en el revocado debe ser de una granulometría fina y uniforme, por lo que es muy importante cernir la arena en un tamiz, que en las construcciones se los hace normalmente con una malla metálica o plástica.

El sistema de mortero artesanal es ampliamente utilizado en nuestro país, sin embargo, la información disponible para mejorar la práctica es muy escasa. Este método sería más utilizado por su tiempo en el mercado.

En ciertas obras para minimizar el tiempo de ejecución se ha establecido el uso de aditivos, que se encuentran en el mercado con diferentes características, así mismo maximiza las propiedades del mortero.

## **2.2.Marco teórico referencial.**

### **2.2.1. Elementos Estructurales.**

La estructura, puede definirse de manera muy simple como el resultado de la unión de varios elementos capaces de soportar diferentes fuerzas aplicadas sobre ellos brindando a todo el conjunto las condiciones necesarias para que dicha estructura se mantenga en pie y cumpla la función para la cual fue diseñada teniendo en cuenta un grado de seguridad y estabilidad además de condiciones estéticas, técnicas y factibles que suman un solo conjunto final.

Existen diferentes tipos de estructuras, ya sean destinadas para poder obtener comunicación entre dos puntos separados por alguna irregularidad natural como son los puentes, también existen estructuras que brindan un espacio confortable para las diferentes actividades del ser humano (edificios), así como también otras diseñadas a contener fuerzas de empuje como por ejemplo un muro, tanque entre otras.

Luego de conocer acerca de las estructuras podemos indicar que queda casi explicado el concepto y la función de los elementos estructurales, a los cuales podemos definir como cada una de las partes en que puede dividirse la estructura y ser los causantes de brindar la resistencia y rigidez necesaria para obtener las condiciones de estabilidad y equilibrio.

## 2.2.2. Clasificación de los elementos estructurales

No existe un criterio unificado para realizar una clasificación de los elementos estructurales, sin embargo, muchos autores suelen coincidir mirándolos desde tres aspectos:

- Dimensionalidad del elemento
- Forma geométrica
- Estado tensional y/o solicitaciones predominantes

### 2.2.2.1. Dimensionalidad del Elemento.

Esta es una clasificación basada en la forma en que estos pueden ser modelizados y según este aspecto podemos dividir en dos importantes grupos:

- ELEMENTOS UNIDIMENSIONALES
  - ELEMENTOS BIDIMENSIONALES
- **Elementos Unidimensionales.**

También llamado elementos lineales y son aquellos que se encuentran sometidos a un estado de tensión plana los mismos que pueden ser:

- *Verticales, comprimidos y rectos:* columnas, pilares, pilotes de cimentación.
  - *Horizontales, flexionados y rectos:* vigas, dintel, zapatas corridas para cimentación.
  - *Diagonales y rectos:* las tan conocidas barras de san Andrés, así como las barras diagonales utilizadas en celosía.
- **Elementos Bidimensionales.**

- **Horizontales, flexionados y planos:** losas de cimentación, al igual que los forjados o losas estructurales que forman parte de las diferentes plantas de un edificio.
- **Verticales, flexionados y planos:** un claro ejemplo de estos son los muros de contención.
- **Flexionados y curvos:** como los tanques cilíndricos utilizados para reservorio de algún líquido.
- **Traccionados y curvos:** todas aquellas paredes de los depósitos en donde el material se encuentra sometido a presión.

#### **2.2.2.2. Forma Geométrica.**

Dependiendo del elemento puede ser una **viga** en el caso que el elemento sea recto o puede ser en forma curva como por ejemplo un **arco**.

#### **2.2.2.3. Estado Tensional y/o Solicitaciones Predominantes.**

Según los tipos de solicitaciones podemos decir que los que están sometidos a tracción como por ejemplo el caso de **cables y membranas**; también aquellos como las **vigas, arcos y placas** en donde la sollicitación predominante es la flexión; no podemos dejar de lado la sollicitación por compresión en donde el ejemplo más común de este tipo son las **columnas y pilares**; y por último en esta clasificación los que están sometidos a torsión como son los ejes de transmisión.

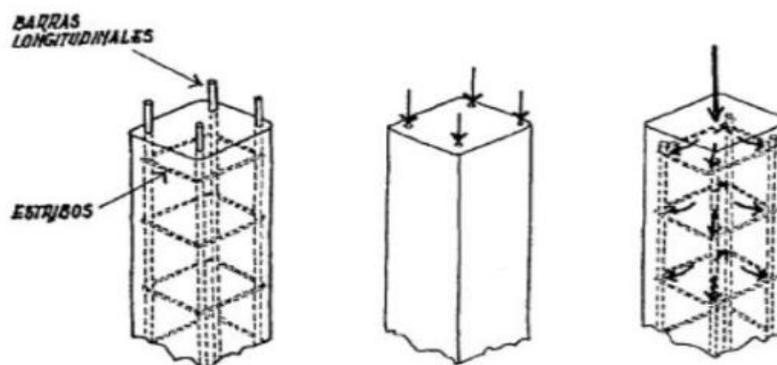
#### **2.2.2.4. Elemento Estructural – Columna.**

Como se mencionó antes la investigación está enmarcada en el análisis de la adherencia del mortero a elementos estructurales según se aplique uno u otro método para el mejoramiento de la misma.

Cabe necesario señalar que, al hablar de elementos estructurales de manera general, se podría hacer referencia a la gran cantidad de tipos ya señalados por lo que se hace necesario aclarar que esta investigación se centrara en la interacción de adherencia entre una columna tipo y el mortero hidráulico razón por la cual en este apartado nos enfocamos en los pilares; una breve clasificación y su diseño.

Las columnas son elementos estructurales verticales que tienen la función de transmitir las cargas generadas en las vigas, losas y demás elementos sobre ellos hacia los cimientos.

Si bien es cierto las columnas por lo general están sometidas a esfuerzos de compresión también pueden presentar más esfuerzos como tracción, torsión, etc. Es ahí donde entra el acero de refuerzo para combatir esfuerzos adicionales y sobre todo lo de tracción.



**Gráfico 1 Composición de la columna.**  
*Fuente: Libro de Columnas.*

### 2.2.3. Tipos de Columnas.

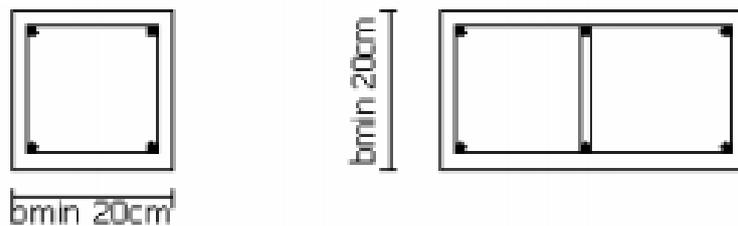
Existen diferentes tipos de columnas que obedecen a su forma transversal ya sea por aspectos arquitectónicos, estructurales y otros, de manera generalizada se suelen clasificar por dos aspectos importantes:

- Por su sección transversal
- Por su comportamiento frente a esfuerzos

#### 2.2.3.1. Tipos de Columnas por su Sección Transversal.

Pueden ser:

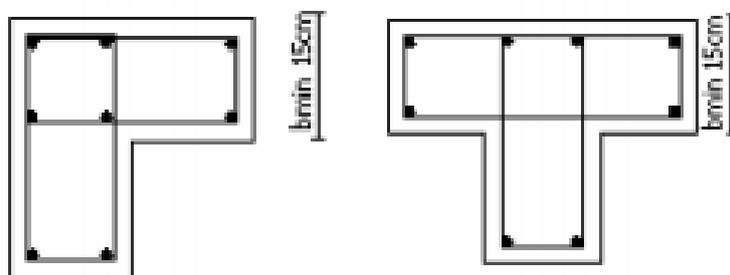
- Cuadradas y rectangulares



**Gráfico 2 Columnas de Sección Transversal Cuadrada.**

*Fuente: Libro de Columnas.*

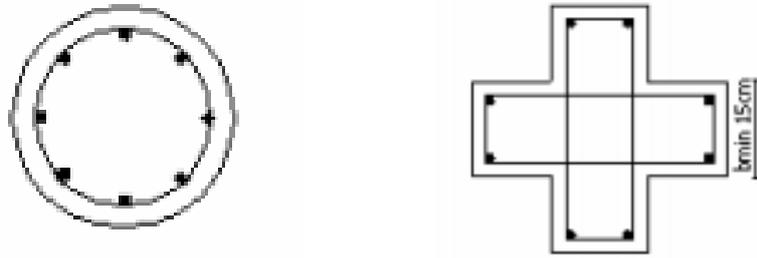
- En L y T



**Gráfico 3 Columnas de Sección Transversal L y T.**

*Fuente: Libro de Columnas.*

- Circulares y En cruz

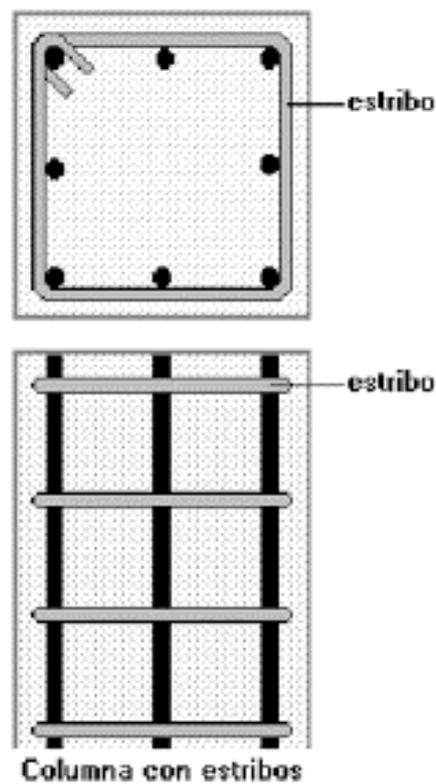


**Gráfico 4** Columnas de Sección Transversal Circular y en Cruz.  
*Fuente: Libro de Columnas.*

### 2.2.3.2. Tipos de Columnas por su Comportamiento Frente a Estribos.

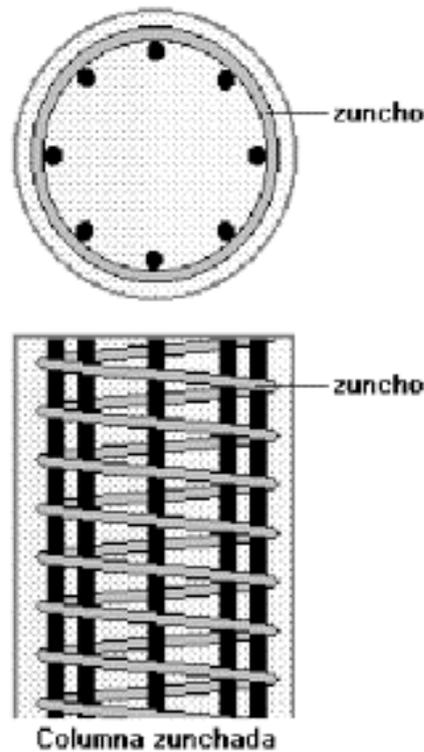
Tenemos las siguientes:

- Columnas con estribos



**Gráfico 5** Columnas con Estribos.  
*Fuente: Libro de Columnas.*

➤ Columnas zunchadas



**Gráfico 6 Columna Zunchada.**

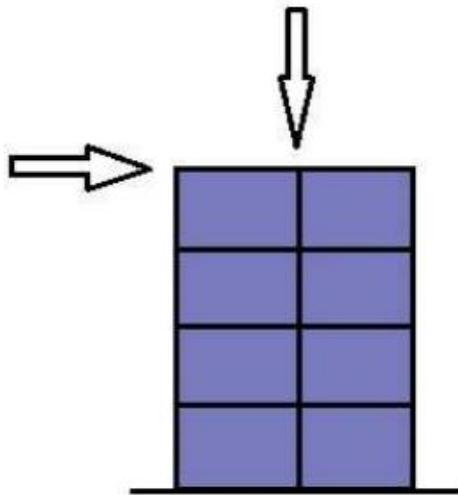
*Fuente: Libro de Columnas.*

**2.2.4. Cálculo y Diseño de una Columna a Compresión Simple.**

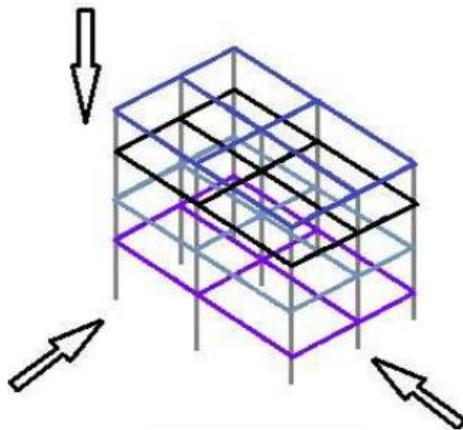
Para el análisis de la adherencia se construyeron columnas según la guía para prácticas de diseño de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15) en el apartado de guía para vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros y más específicamente del capítulo 1.13. Ejemplo de vivienda basada en pórticos de hormigón armado de donde podemos tomar los siguientes datos:

- Vivienda de dos pisos
- Última losa con cubierta inaccesible
- tres vanos de 3m en ambas direcciones
- 2.5m es la altura entre pisos
- Resistencia del hormigón  $f_c = 20.60 \text{ Mpa} = 210 \text{ Kg/cm}^2$

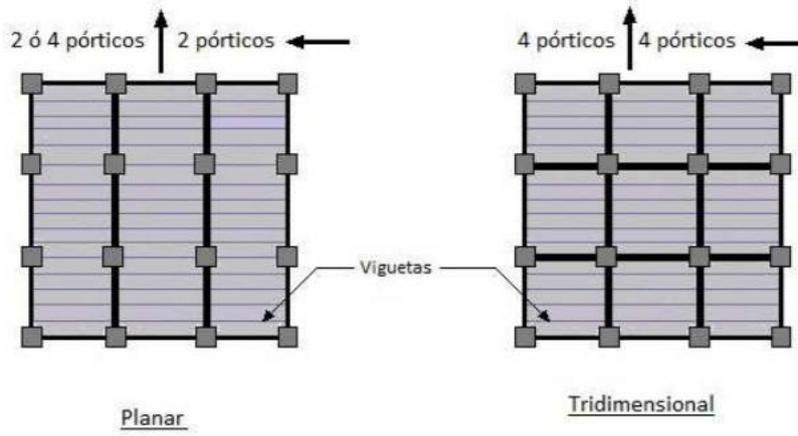
- Fluencia del acero  $f_y = 412.02 \text{ Mpa} = 4200 \text{ kg/m}^2$
- Columnas de 25x 30 cm
- Vigas de 20 x 30 cm en todos los pisos



**Gráfico 7 Vista 3d de Pórticos.**  
*Fuente: Libro de Columnas.*



**Gráfico 8 Fachada de Pórticos.**  
*Fuente: Libro de Columnas.*



**Gráfico 9 Vista 2d vs 3d de Pórticos.**  
*Fuente: Libro de Columnas.*

En lo que a cargas respecta están tomadas de acuerdo a la NEC -SE -CG las mismas que son:

➤ Entrepiso

Carga muerta = 0.70 tn/m<sup>2</sup>

Carga viva = 0.20 tn/m<sup>2</sup>

➤ Cubierta

Carga muerta = 0.50 tn/m<sup>2</sup>

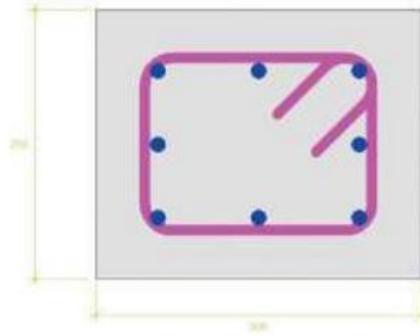
Carga viva = 0.10 tn/m<sup>2</sup>

De igual manera la NEC-15 podemos encontrar un análisis estructural con un software en donde tenemos valores de cargas últimas para la posterior figuración de acero de refuerzo:

**Tabla 1 Cargas últimas proporcionadas por el programa de análisis estructural escogido.**

Fuerza axial y Momento de diseño biaxial para $P_u, M_{u2}, M_{u3}$						
Diseño $P_u$ (ton)	Diseño $M_{u2}$ (ton-m)	Diseño $M_{u3}$ (ton-m)	Mínimo M2 (ton-m)	Mínimo M3 (ton-m)	Área de refuerzo (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo (%)
14.0166	-5.2786	0.3187	0.3398	0.3187	13.13	1.75

*Fuente: Fuente: NEC-SE-CS.*

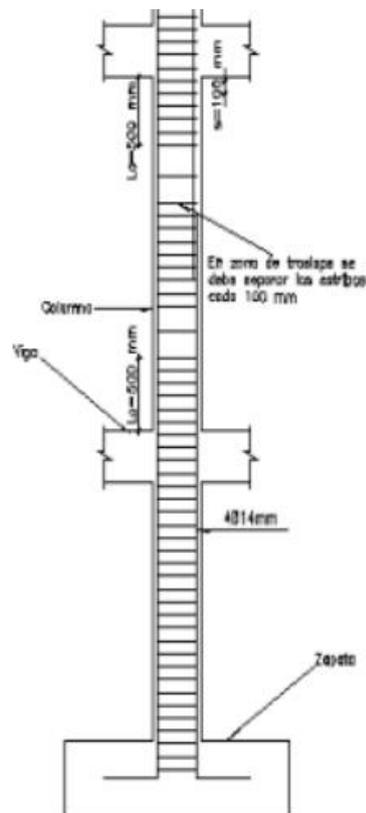


Varillas verticales
Columna 300 x 250
8-14 mm Var. Vert.
As = 1232 mm <sup>2</sup>
Rho = 1,64%
Traslape Tangencial
Estribos
10 E @ 100 mm

**Gráfico 10 Detalle de la sección y armado escogido.**

*Fuente: NEC-SE-CS.*

Haciendo un resumen de todos los detalles y análisis la NEC-15 nos presenta la propuesta final para la realización de las columnas para una vivienda de dos pisos la misma que la vamos a asumir para el análisis antes mencionado del cual nace este proyecto de tesis.



**Gráfico 11 Elevación de columna diseñada.**

*Fuente: NEC-SE-CS.*

## **2.2.5. El Mortero.**

### **2.2.5.1. Definición.**

“Un mortero es una mezcla plástica constituida por materiales cementantes, agregado fino y agua”.

“El mortero puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (cemento portland y/u otros cementantes), un material de relleno ( agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse presenta propiedades, físicas y mecánicas similares a las del concreto y es ampliamente utilizado para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como pañete, repello o revoque” (Sánchez de Guzmán, 2001).

Los morteros pueden variar en función del tipo de aglomerante que se utiliza para su realización así pues podremos tener morteros de yeso, cal o cemento los cuales son los más utilizados en la actualidad.

### **2.2.5.2. Historia del Mortero.**

El origen del mortero fue un avance importante en la técnica de construcción. Este avance está ligado al descubrimiento de los conglomerantes y su mezcla con otros componentes (áridos), con lo que se obtenía un material capaz de endurecer y comportarse como un material pétreo natural.

La utilización de los morteros se remonta a épocas prehistóricas, cuando mezclas de barro, áridos y materia vegetal se utilizaban como base en la construcción de viviendas o defensas. La necesidad humana de decorar y acondicionar interiores se mantiene una vez inventada la arquitectura. Así, la práctica de pavimentar suelos y enlucir muros con morteros es común a pueblos neolíticos del Mediterráneo Oriental y Europa.

Por ejemplo, en las ciudades fortificadas neolíticas más antiguas excavadas, como las de Jericó (9000 al 8000 a.C.), NevaliÇori (Turquía, 10000 al 8000 a.C.) y ÇatalHüyük (Turquía, 6000 a.C.) se han encontrado muros revestidos y suelos pavimentados con arcillas y cal, llegándose incluso a pulir las superficies. Wooley (1958) se refiere a éstos como “los pueblos de los suelos pulimentados”.

Las amplias zonas de suelos de mortero en los yacimientos neolíticos indican que debieron usarse considerables cantidades de cal. La tecnología de la construcción, la calcinación de la caliza, el apagado de la cal, la mezcla del mortero, la aplicación del mismo y el refinamiento de la superficie eran indudablemente conocidos por los constructores neolíticos. Esto indica que la piedra no fue el primer material de construcción, al menos en la arquitectura doméstica, a pesar de la escasa robustez del barro no cocido, que no obstante cumplía la necesidad constructiva básica de conferir estabilidad estructural a las edificaciones públicas y privadas de estas culturas. Por tanto, el origen y desarrollo de los morteros es el resultado del sentido estético de hombre. De hecho, esta necesidad ha subsistido en todas las épocas históricas y culturas, lo que ha condicionado el desarrollo de tipos particulares de morteros adecuados a estas funciones estéticas.

Los egipcios fueron los primeros en utilizar el yeso para el mampostado de los bloques de la pirámide de Keops (hacia 2600 a. J.C.) El uso de mortero de yeso queda casi exclusivamente limitado en la Antigüedad, a los morteros egipcios. Sólo en Grecia se ha encontrado el yeso como ligante en las paredes del Palacio de Micenas y entre los bloques gigantes del antiguo fondeadero de Kition, en Chipre (600 a. J.C.). Se puede afirmar que fue en Egipto donde se logró en la Antigüedad el mayor conocimiento del yeso, de su preparación y aplicaciones, y también donde prácticamente se utilizó por primera vez el yeso puro como mortero. Se utilizaban diversos tipos de yesos en función de su aplicación.

La utilización de los morteros como material de unión entre las piezas de piedra o ladrillo para garantizar la estabilidad del edificio se convirtió, con el paso del tiempo, en práctica más habitual. El aglomerante más utilizado era la cal aérea, A esta última se debe, sino la invención del mortero de cal hidráulica o morteros puzolánico que posiblemente se deba a los griegos o etruscos, si su desarrollo y utilización masiva en todo tipo de construcciones, tanto como para asegurar la unión o fijación de piezas en paredes.

Las características esenciales de este tipo de mortero, que consta de mezclas cal aérea y polvo de rocas volcánicas y de cerámica, es que su fraguado se verifica en contacto con agua y que presenta propiedades mecánicas mejores que las de los morteros de cal aérea y/o yeso para funciones estructurales. Sin embargo, el mortero de cal hidráulica, no fue utilizado con posterioridad a la civilización romana, hecho asignable al retroceso cultural y tecnológico general que acaeció a partir de su decadencia, particularmente en los restos del Imperio Romano de Occidente. Durante toda la Edad Media y el comienzo de la Edad Moderna, incluyendo el Renacimiento, los morteros fueron de mala calidad, constituidos esencialmente de cal aérea por mezclas de cal aérea y yeso (morteros bastardos).

No fue hasta la segunda mitad del siglo XVIII cuando la cal aérea fue sustituida, poco a poco, como material de construcción, primero por cales hidráulicas y luego por cementos de tipo Portland y otros. Al igual que lo ocurrido durante la civilización romana, a estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingeniería actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual, no debe olvidarse, redundaba en nuestra actual calidad de vida. Actualmente se fabrican morteros hidráulicos de cal aérea con aditivos puzolánicos tales como polvo de ladrillo, polvo de cerámica de alta temperatura, ceniza de combustión pulverizada. No obstante, cuando se necesita un fraguado hidráulico la práctica habitual es utilizar cales hidráulicas o cementos, mezclados o no con cal aérea.

### **2.2.5.3. Características de los Morteros.**

Hay que tener presente cada una de las características que poseen los morteros dado que estas nos brindan las condiciones ideales para cubrir la capacidad para la cual fue diseñado dicho mortero, por ejemplo si un mortero que va a ser utilizado para recubrimiento de una pared de mampostería nos brinda poca adherencia este no va a cumplir el fin para el cual fue elaborado permitiendo paso de humedad entre otros problemas; por eso se hace necesario tener en cuenta las propiedades que los morteros nos brindan.

Los morteros presentan las siguientes características:

- Plasticidad
- Resistencia a la Compresión
- Adherencia

#### **2.2.5.3.1. Plasticidad.**

La plasticidad depende de la consistencia, por tanto, de la facilidad de darle forma, de trabajarlo y de su puesta en obra. La plasticidad también está directamente relacionada con la cantidad de agua utilizada en el amasado y el contenido de finos.

Los morteros de cal tienen una mayor plasticidad que los morteros de cemento.

#### **2.2.5.3.2. Resistencia a la Compresión.**

La resistencia a la compresión debe ser lo más elevada posible, aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir. Para obtener una resistencia óptima de un mortero para muros a los 28 días se puede emplear la siguiente combinación:

Cemento - Cal - Arena

1:1:7

Cemento - Arena (Esta dosificación necesita siempre de aditivos por plasticidad)

1:6

#### **2.2.5.3.3. Adherencia.**

Esta característica se da tanto en el mortero fresco como en el endurecido. La adherencia es la capacidad de absorber, tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero y una estructura, es decir a la capacidad de responder monolíticamente con las piezas que une ante solicitudes de carga. En el caso de la mampostería, para obtener una buena adherencia es necesario que la superficie sobre la que se va a colocar el mortero sea tan rugosa como sea posible y tenga una absorción adecuada, comparable con la del mortero. Otro concepto plantea que la adherencia es la propiedad del mortero de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie mortero-base.

#### **2.2.6. Componentes del Mortero.**

Dado que el mortero es el producto final de la transformación de una mezcla de materias primas, es indudable que dichas materias primas tienen una gran importancia en los procesos de fabricación, porque de sus características depende, en gran parte, la calidad del producto resultante. Los constituyentes básicos del mortero son: conglomerantes, agregados, agua y posibles aditivos.

##### **2.2.6.1. Conglomerantes.**

Es el componente que dota a este material de la capacidad de endurecer y a la vez hacerlo trabajable y plastificante.

- **Aéreos:** Fragan y endurecen únicamente en medio seco.

Principalmente yeso y cal área.

- **Hidráulicos:** son los que además tiene la capacidad de fraguar y endurecer también en entorno húmedo. Forman parte de este grupo principalmente la cal hidráulica y el cemento.
- **Yeso:** El yeso, de la forma que se emplea en construcción, se obtiene de la piedra de yeso, cocida a temperatura de 110-120 grados, y posteriormente molida.
- **Cal:** La cal proviene fundamentalmente de óxido de calcio (CaO), que se encuentra en forma natural en caliza, mármol, tiza, corales y conchas. Y en la construcción se acostumbra a usarlas en la confección de mortero, se le clasifica en tres grandes grupos.

CAL VIVA           —————→ Piedra caliza totalmente pura.

CAL GRASA       —————→ Piedra caliza con contenido entre 1-5 % de arcilla.

CAL HIDRÁULICA —————→ Con mayor contenido de arcilla.

- **Cementos naturales:** una mezcla homogénea natural o artificial de caliza y arcilla, esta con una proporción del 22 al 26%, es calcinada a una temperatura comprendida entre los 1280 °C y 1350°C a cuya temperatura se obtiene una fase líquida en mayor o menor grado.
- **Cemento portland:** es una mezcla de caliza y arcilla artificial con una curva granulométrica de 0 a 150 u y homogeneizada; con una proporción de arcilla muy próxima al 20% y estrictamente dosificada para poder conseguir, en cada caso, la combinación prácticamente total del CaO. (Gomá, 1979).

El cemento portland hidráulico, tiene propiedades tanto adhesivas como cohesivas, que le dan la capacidad de aglutinar los agregados o áridos para conformar el concreto. Estas propiedades dependen de su composición química, el grado de hidratación, la finura de las partículas, la velocidad de fraguado, el calor de hidratación y la resistencia mecánica que es capaz de desarrollar

### 2.2.6.2. Agua.

La razón de que los cementos sean hidráulicos es que estos tienen la propiedad de fraguar y endurecer con el agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ella, de tal manera que el agua como material dentro del hormigón es el elemento que hidrata las partículas de cemento y hace que estas desarrollen sus propiedades aglutinantes.

Al mezclarse el agua con el cemento se produce la pasta, la cual puede ser más o menos diluida, según la cantidad de agua que se agregue.

### 2.2.6.3. Agregado o Áridos.

Como agregados o áridos para concreto pueden tomarse en consideración todos aquellos materiales que, poseyendo una resistencia propia suficiente (resistencia del grano), no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico, es decir que son inertes y garantizan una adherencia suficiente con la pasta de cemento endurecido. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales, dependiendo de su origen.

**Tabla 2** Clasificación de Agregado o Áridos.

Gravas o árido grueso.	Con granos de diámetro superior a 5mm.	Para elaboración de hormigón.
Arenas o árido fino.	Con granos de diámetro inferior a 5mm.	Para elaboración de mortero.

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 2.2.7. Clasificación del Mortero.

Muchos autores realizan la clasificación del mortero en función del aglomerante; tal como se mencionó en el apartado anterior, de tal manera que tendremos la siguiente clasificación:

- MORTEROS DE CAL
- MORTEROS DE YESO

- MORTEROS DE CEMENTO
- MORTEROS MIXTOS
- MORTEROS ESPECIALES

#### **2.2.7.1.Morteros de Cal.**

Estos morteros son aquellos que tienen como componente principal la cal y por tal razón su fraguado y endurecimiento tienden a ser lentos además de proporcionar una menor resistencia que los realizados con cemento; alcanzando una resistencia de 20 kg/cm<sup>2</sup> con una relación de volumen 1:3.

Una ventaja de estos morteros sería que en virtud de sus componentes son mucho más económicos y también más trabajables por lo que su mayor aplicación se da en el campo de acabados especialmente en lugares donde se requiere poca resistencia y mucha flexibilidad.

#### **2.2.7.2.Morteros de Yeso.**

El yeso se ha utilizado desde la antigüedad en obras de muy diversa naturaleza, los egipcios fueron los primeros en utilizar el yeso Hemi-hidratado. En la mayoría de los casos, el yeso se viene preparando mediante un amasado con agua, pero técnicamente es posible mezclarlo con áridos para la obtención de morteros.

No obstante, las propiedades de estos morteros resultantes son distintas a la de los yesos sin áridos. El tamaño de partícula de árido empleado influirá en la cantidad de agua de amasado (porosidad, tiempos de fraguado y resistencias mecánicas).

Por otro lado, el yeso, coloreado o no, así como los yesos lentos a base de anhidritas, han sido utilizados en exteriores habiéndoles incorporado una serie de aditivos tales como leche desnatada –caseína-, colas y otros aditivos. (Mas i Barberá, 2006)

### **2.2.7.3.Morteros de Cemento.**

Como es de esperarse presentan mucha más resistencia y endurecimiento rápido, por tal razón son utilizados en lugares donde se encuentran sometidos a considerables sollicitaciones o también en lugares sometidos a humedad en donde se requiere un cierto grado de impermeabilización.

### **2.2.7.4.Morteros Mixtos.**

Son aquellos que se elaboran a partir de cal y cemento y tienen la capacidad de ser más plásticos que aquellos morteros de cemento contrario a esto pierden una parte de su resistencia. Es importante señalar que, en este tipo de morteros el tipo y cantidad de árido juega un papel esencial.

La partícula idónea es la que presenta una forma angulosa y dependiendo de si disminuimos o aumentamos en exceso la cantidad de árido, el mortero resultante experimentará una retracción y/o agrietamiento o bien, perderá su trabajabilidad y ductilidad.

### **2.2.7.5.Morteros Especiales.**

Son morteros cuyas propiedades van dadas según las necesidades específicas que se requieran, los mismos que pueden ser:

- MORTERO IGNIFUGOS
- MORTEROS REFRACTARIOS
- MORTEROS AISLANTES
- MORTEROS DE CEMENTO-COLA

### 2.2.8. Morteros para Mampostería.

En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y 20% del volumen total: no obstante, su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica del porcentaje. Sus funciones son:

-Función estética: Dar acabado al muro, color, textura, etc.

-Función estructural:

- ✓ Liga las unidades de mampostería.
- ✓ Sello para impedir penetración de aire y de agua.
- ✓ Se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados, de modo que los hace actuar conjuntamente.
- ✓ De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida. (Salamanca Correa, 2001)

### 2.2.9. Clasificación de los Morteros de Mampostería.

De acuerdo con la norma ASTM C270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones.

**Tabla 3** Especificación por propiedades, para morteros de cemento.

Tipo de Mortero	Resistencia mínima a la compresión a 28 días, kg/cm <sup>2</sup> (MPa)	Retención mínima de agua %	Contenido máximo de aire%	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
M	175 (17.0)	75	12	No menor que 22.5 y no mayor que 3.5 veces de la suma de los volúmenes separados de los materiales cementantes.
S	125 (12.5)	75	12	
N	50 (5.0)	75	14	
O	25 (2.5)	75	14	

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### **2.2.9.1. Características del Mortero Tipo M.**

Es una mezcla de alta resistencia.

Ofrece más durabilidad que otros morteros.

Se recomienda para mampostería reforzada, o sin refuerzo, pero sometida a grandes cargas de compresión para cuando se prevea congelamiento, altas cargas laterales de tierra, vientos fuertes, temblores.

Se debe usar en estructuras en contacto con el suelo: cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de aguas negras, pozos, etc.

### **2.2.9.2. Características del Mortero Tipo S.**

Es un mortero que alcanza la más alta característica de adherencia que un mortero puede alcanzar.

Debe usarse para las estructuras sometidas a cargas de compresión normales, pero que requiere a la vez de una alta característica de adherencia.

Debe usarse en aquellos casos en los que el mortero es el único agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos cerámicos, baldosines de barro cocido, etc.

### **2.2.9.3. Características del Mortero Tipo N.**

Es un mortero de propósito general, para ser utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel de suelo.

Es bueno en enchapes de mampostería, paredes internas y divisiones.

Representa la mejor combinación de resistencia, trabajalidad y economía.

Usualmente las mezclas de tipo N, alcanzan cerca de 125 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión, en los ensayos de laboratorio.

Debe tenerse presente que la calidad de mano de obra, la succión propia de los elementos de mampostería y otras variables afectan su resistencia una vez colocado.

#### **2.2.9.4. Características del Mortero Tipo O.**

- Es un mortero de baja resistencia y con un alto contenido de cal.
- Puede usarse en paredes y divisiones sin carga o para revestimientos exteriores que no estén sometidos a congelamiento, aun cuando puedan estar húmedos.
- Son usuales en construcciones de vivienda de uno o dos pisos.
- Por su excelente trabajabilidad y bajo costo, son morteros preferidos por los albañiles.

#### **2.2.10. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Morteros.**

Dentro de las prestaciones que ofrece un mortero se distinguen dos etapas diferenciadas por su estado físico, que se denominan estado fresco y estado endurecido. En la confección de los morteros interviene de manera decisiva las propiedades de los materiales que lo componen.

##### **2.2.10.1. Estado fresco.**

Este responde a la fase del mortero una vez mezclado y amasado. Su duración varía de acuerdo con el tiempo de fraguado requerido por la proporción que integra la mezcla, así como, por la temperatura, humedad, etc. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase, el mortero endurece hasta consolidarse, por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero.

##### **2.2.10.2. -Laborabilidad y Consistencia.**

La consistencia es la facilidad que posee el mortero fresco para mantener la forma. Depende principalmente, del agua del amasado, pero se ve influenciada por otros factores como la granulometría, la forma del árido y la dosificación de cemento. Esto indica la fluidez necesaria para morteros de albañilería, esta será de  $190 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$  de diámetro.

La consistencia de un mortero define la laborabilidad del mismo, por lo que esta mejora con la adición de cal, plastificantes o aireantes. Una buena trabajabilidad se logra con morteros de consistencia plástica, que permite a la pasta conglomerante bañar la superficie del árido, en otros casos se forman morteros excesivamente secos o no trabajables, o bien, muy fluidos con tendencia a la segregación, por tal motivo la trabajabilidad sería engorrosa.

### **2.2.10.3. - Relación agua- cemento.**

Si bien la relación a/c no es una propiedad del mortero fresco, es una variable muy importante en la dosificación del mortero, y que influye en muchas de las propiedades tanto del mortero fresco (ej. consistencia), como en las del mortero endurecido (resistencias mecánicas). Una relación a/c baja permite obtener morteros de mayores resistencias que una relación a/c alta, si bien a mayor relación a/c mejor laborabilidad.

Debido a esta demanda de agua se hace ineludible el uso de aditivos químicos con el propósito de proporcionarle a la mezcla la docilidad y compactación necesaria, manteniendo constante la relación agua-cemento, siendo su principal función el mejoramiento de las propiedades del mortero que son: mayor resistencia a edades tempranas y finales, o mayor rendimiento del cemento en las mezclas sin afectar su resistencia mecánica y manteniendo la consistencia en un valor razonablemente útil.

### **2.2.11. Estado endurecido.**

Las propiedades en estado endurecido son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias normativas y reglamentarias.

### **2.2.12. Aditivos.**

En la actualidad, los aditivos son considerados un ingrediente más del concreto y son empleados para modificar las propiedades de este, así se vuelva más adecuado para las condiciones de trabajo o por economía. (Sánchez de Guzmán, 2001)

### **2.2.12.1. Definición.**

Según el Comité ACI-212, un aditivo se puede definir como un material distinto del agua, agregados y cemento hidráulico, que se usa como ingrediente en concretos o morteros y se añade a la mezcla inmediatamente antes o después del mezclado.

### **2.2.12.2. Historia de la Inclusión de Aditivos en la Ingeniería Civil.**

Desde la época de los romanos se emplearon aditivos agregados al concreto de cal y puzolanas, se cree que los primeros aditivos fueron la sangre de toro y la clara de huevo, los cuales se utilizaron para mejorar las características de la mezcla en estado plástico.

Posteriormente, después de la creación del prototipo de cemento portland moderno, se vio la necesidad de obtener fraguados más regulares en el cemento, para lo cual se utilizó el yeso crudo o el cloruro de calcio, que se agregaban al cemento o al concreto en el momento de mezclarlo.

La incorporación de estos productos se remonta a los años 1875 a 1890; en esa época, los albañiles franceses añadían al cemento sin yeso crudo, un poco de yeso vivo, a pie de obra, en el momento de mezclar el concreto. En el año de 1885 fue patentada la adición de cloruro del calcio como aditivo y en 1888 Candlot demostró que, según la dosis, este podría ser utilizado como acelerante o retardador de fraguado.

Sin embargo, a finales de siglo, los usuarios del concreto aún se preocupaban por obtener una mejor regulación de la duración de fraguado y sobre todo poder acelerarlo, como llegar a tener concretos más impermeables a que el cemento presentaba poca finura y los sistemas de colocación en obra eran bastante rudimentarios, dado que el vibrador aun no existía. Por ello, hacia 1895 Candlot en Francia, y Dyckerhoff en Alemania, practicaron adiciones de cal grasa, con el fin de mejorar la plasticidad.

A principios de siglo, Feret realizó ensayos con gran número de productos finos, inertes o que se hinchaban, así como con adiciones de aceite de linaza y aceite de máquinas, y en 1926 hizo una publicación citando la acción de productos tales como alumbre, jabón potásico, caseína, materias albuminosas, calizas, arcilla en polvo, ciertos cloruros, carbonatos, silicatos, sulfatos y otros compuestos.

También a principios de siglo se hicieron ensayos para continuar mejorando la impermeabilidad del concreto, tales como la inclusión de silicato sódico y diversos jabones; además, se comenzaban a añadir polvos finos para colorear al concreto. En 1905, los fluosilicatos se emplearon como endurecedores de superficie y por esa misma época se comenzó a observar la acción retardadora del azúcar.

La comercialización de productos que mejoran algunas propiedades del concreto, data de 1910 y se trataba por ese entonces de hidrófugos y aceleradores del fraguado que se añadían a los concretos que iban a ser empleados en la construcción de depósitos de agua, entibaciones y también para el diseño de morteros destinados a la reparación de obras subterráneas de mampostería de ladrillo, cuyas juntas se hubiesen deteriorado. En el año de 1925 en los Estados Unidos se utilizó por primera vez en el concreto la tierra de infusorios y hacia 1934, los plastificantes fueron comercializados, así como los agentes inclusores de aire en 1939, cuya utilización en Europa no empezó hasta después de la Segunda Guerra Mundial en 1947.

A pesar de que la comercialización de los retardadores de fraguado no tuvo lugar de 1959, los efectos de ciertos productos se conocían hacía tiempo. En 1929 Rengade había demostrado que, al mezclar una pasta de cemento sobre una lámina de zinc, podían introducirse indicios de óxido de zinc que actuaban como un poderoso retardador de fraguado.

De otra parte, durante la Segunda Guerra Mundial, en Alemania se llegó a utilizar un 1% de ácido fosfórico para el retardo del fraguado, lo cual era necesario para interrumpir los trabajos en las obras monolíticas de concreto durante los ataques aéreos. Adicionalmente, por esa misma época se cita el caso de concretos que voluntariamente se dejaron inútiles debido a la adición de azúcar en polvo que actuaba como un potente retardante. Los anticongelantes aparecieron en 1955.

En los años siguientes, gracias al progreso de la industria química, los materiales plásticos se han ido incorporando a su utilización en el concreto y hoy en día los fabricantes elaboran productos cada vez más sofisticados, según la construcción moderna. (Sánchez de Guzmán, 2001)

### **2.2.12.3. Uso de los Aditivos**

1. Aumentar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua o para reducir el contenido de agua, logrando la misma trabajabilidad.
2. Acelerar la velocidad de desarrollo de resistencia a edades tempranas.
3. Aumentar la resistencia.
4. Retardar o acelerar el fraguado inicial.
5. Retardar o reducir el desarrollo de calor.
6. Modificar la velocidad o la aptitud de exudación o ambos.
7. Aumentar la durabilidad o la resistencia a condiciones severas de exposición incluyendo la aplicación de sales para quitar el hielo.
8. Controlar la expansión causada por la reacción de los álcalis con ciertos constituyentes de los agregados.
9. Reducir el flujo capilar de agua.
10. Reducir la permeabilidad a los líquidos.
11. Para producir concreto celular.

12. Mejorar la penetración y el bombeo.
13. Reducir el asentamiento, especialmente en mezclas para rellenos.
14. Reducir o evitar el asentamiento o para originar una leve expansión en el concreto o mortero, usados para rellenar huecos y otras aberturas en estructuras de concreto y en rellenos para cimentación de maquinaria, columnas o trabas, o para rellenar ductos de cables de concreto pos-tensionado o vacíos en agregado pre-colocado.
15. Aumentar la adherencia del concreto y el acero.
16. Aumentar la adherencia entre concreto viejo y nuevo.
17. Producir concreto o mortero de color.
18. Obtener concretos o morteros con propiedades fungicidas, germicidas o insecticidas.
19. Inhibir la corrosión de metales sujetos a corrosión embebidos en el concreto.

#### Clasificación de los Aditivos

Existen aditivos químicos que, en proporciones adecuadas, cambian las características y/o propiedades del hormigón fresco y del endurecido como el fraguado, la trabajabilidad, el endurecimiento, etc. También se encuentran aditivos con más de una propiedad, (ej. plastificante incorporador de aire).

**Tabla 4** Tipos de aditivos químicos según la norma ASTM-494

TIPO	DESCRIPCIÓN
A	Aditivos reductores de agua.
B	Aditivos retardantes.
C	Aditivos acelerantes.
D	Aditivos reductores de agua y retardantes.
E	Aditivos reductores de agua y acelerantes.
F	Aditivos reductores de agua de alto rango.
G	Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes.

Fuente: ASTM - 494.

#### **2.2.12.4. Aditivos Incluidores de Aire.**

El ACI define un agente incluidor de aire como “un aditivo para concreto o mortero que origina aire en el concreto o mortero, comúnmente en pequeñas cantidades en forma de burbujas pequeñas (aproximadamente de 1 mm de diámetro o más pequeñas) durante el mezclado y usualmente para aumentar la manejabilidad y la resistencia al congelamiento”.

El empleo de esto, están orientado básicamente a aumentar su consistencia, sin embargo, afectan también otras propiedades, entre las cuales tenemos:

- Aumento de la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo.
- Reducción de permeabilidad al agua y líquidos en general.
- Aumento de la fluidez.
- Disminución de la exudación del agua de amasado.
- Disminución de la resistencia.

#### **2.2.12.5. Aditivos Reductores de Agua.**

Un aditivo reductor de agua es un material utilizado para disminuir la cantidad de agua de mezclado requerida para producir un concreto con una consistencia determinada o para incrementar el asentamiento del concreto con un contenido dado de agua. Sin embargo, la velocidad de pérdida de asentamiento no la reduce y en algunos casos la puede incrementar.

Se puede emplear de las siguientes formas:

- 1- Como plastificante si se desea mejorar la trabajabilidad del hormigón fresco, manteniendo la cantidad de agua de amasado (sin modificar la relación A/C).
- 2- Como reductor de agua de amasado (reduce hasta un 15% de agua de amasado, disminuyendo la relación A/C), mientras se mantiene la trabajabilidad del hormigón, mejorando así la resistencia del hormigón.

- 3- Se puede, además, en forma controlada, conjugar los dos efectos, mejorando la trabajabilidad y reduciendo la relación A/C.

#### **2.2.12.6. Aditivos Retardantes.**

Un aditivo retardante es un material utilizado para retardar la velocidad de fraguado del concreto. Como es conocido, las condiciones de fraguado del concreto son importantes no solo para regular los tiempos de mezclado, transporte y colocación de la mezcla, sino porque de ellas dependen también muchas propiedades posteriores del concreto.

Se los suele utilizar en:

- Hormigonado a temperaturas elevadas; para evitar el fraguado anticipado por evaporación del agua de amasado.
- Cuando la distancia de transporte es considerable.
- Hormigonado de grandes volúmenes, o superficies extensas.
- Hormigón masivo; para la atenuación en la liberación de calor de hidratación.

#### **2.2.12.7. Aditivos Acelerantes.**

Un aditivo acelerante es un material que se añade al concreto con el fin de reducir el tiempo de fraguado y acelerar el desarrollo temprano de resistencia. Sin embargo, el desarrollo de resistencia de concreto puede ser acelerado por el uso de cemento portland tipo III (alta resistencia inicial), por la reducción de la relación agua-cemento incrementando el contenido de cemento, o simplemente curando el concreto a más altas temperaturas, se los suele utilizar:

- Cuando se desea desencofrar antes de lo recomendado.
- En Hormigón lanzado.
- En Hormigonado a bajas temperaturas; para contrarrestar el efecto retardador de estas. Para anclajes, trabajos de reparación, impermeabilización rápida de infiltraciones de agua, etc.

#### **2.2.12.8. Aditivos Superplastificantes.**

Los aditivos superplastificantes son reductores de agua de alto rango, son sustancias químicas o combinaciones de sustancias químicas que cuando se adicionan al concreto normal, le imparten una manejabilidad extrema o le proporcionan una gran reducción de agua que sobre pasa los límites de aquella obtenida por medio de los aditivos reductores de agua.

#### **2.2.12.9. Aditivos Minerales.**

Algunos materiales minerales finamente divididos también son empleados como aditivos del concreto para mejorar la trabajalidad de mezclas deficientes en partículas de tamaño menor, en particular las que pasan los tamices 300  $\mu\text{m}$  y 150  $\mu\text{m}$  (N 50 y N 100), ya que estos aditivos pueden reducir la exudación y la segregación y adicionalmente mejorar algunas otras propiedades del concreto, como la resistencia y la durabilidad, compensando la falta de finos. Algunos de estos aditivos son materiales relativamente inertes químicamente mientras que otros son puzolanas.

#### **2.2.12.10. Otros Aditivos.**

Por ultimo existe otra serie de aditivos desarrollados con fines específicos que se presentaran de manera breve a continuación.

**Aditivos generadores de gas.** El aluminio en polvo y otros materiales generadores de gas son algunas veces adicionados al concreto o a las lechadas de inyección en pequeñas cantidades para causar una ligera expansión antes del endurecimiento.

**Aditivos para la adherencia.** Los aditivos para mejorar la adherencia del concreto son generalmente emulsiones de un polímero orgánico, tales como caucho, cloruro de polivinilo y acrílicos.

#### **2.2.12.11. Adiciones.**

En general las adiciones, a diferencia de lo que ocurre con los aditivos, se agregan al hormigón en importantes cantidades, por lo que es necesario tenerlas en cuenta al determinar la composición volumétrica del hormigón.

Podrán utilizarse adiciones, para modificar favorablemente alguna de las propiedades del hormigón o conseguir ciertas características especiales tales como aislamiento térmico o acústico, determinada coloración, etc.

Tienen el carácter de adiciones: las escorias, cenizas volantes, ciertos polvos minerales, materiales inertes, como los colorantes, materiales no minerales, de naturaleza orgánica, tales como ciertas resinas sintéticas. Etc.

Al utilizar adiciones con el hormigón no deben sobrepasarse valores límites ya que, en caso contrario, pueden resultar perjudicadas la durabilidad del hormigón o la protección contra la corrosión, sin que esta influencia desfavorable pueda ser detectada mediante ensayos previos de corta duración. (Quiroz & Salamanca, 2016)

### **2.3. Marco legal.**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción “NEC”, tiene como objetivo principal la actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción, con la finalidad de regular los procesos que permitan cumplir con las exigencias básicas de seguridad y calidad en todo tipo de edificaciones como consecuencia de las características del proyecto, la construcción, el uso y el mantenimiento; especificando parámetros, objetivos y procedimientos con base a los siguientes criterios:

- Establecer parámetros mínimos de seguridad y salud.
- Mejorar los mecanismos de control y mantenimiento.
- Definir principios de diseño y montaje con niveles mínimos de calidad.
- Reducir el consumo energético y mejorar la eficiencia energética.

- Abogar por el cumplimiento de los principios básicos de habitabilidad.
- Fijar responsabilidades, obligaciones y derechos de los actores involucrados.

Los requisitos establecidos en la NEC serán de obligatorio cumplimiento a nivel nacional; por lo tanto, todos los profesionales, empresas e instituciones públicas y privadas tienen la obligación de cumplir y hacer cumplir los requisitos establecidos. (NEC, 2014)

Por otro lado, la Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria, como entidad nacional encargada de formular las normas técnicas ecuatorianas. En la cual especifica lo siguiente:

Cemento para mortero. Cemento hidráulico fabricado para uso en mortero para mampostería, diseñado con un criterio para desarrollar una adherencia específica y un contenido de aire. Un cemento para mortero es similar a un cemento para mampostería, pero debe cumplir el criterio de resistencia a la adherencia y el contenido de aire. Para limitaciones, ver la norma ASTM C 1329 (INEN, 2010)

#### **2.4. Marco conceptual**

**Mortero hidráulico:** Los morteros hidráulicos se preparan mezclando en seco los componentes (la arena y la cal hidráulica o cemento, aditivos hidrofugantes).

**Aditivos hidrofugantes:** Estos productos disminuyen el poder de absorción de agua de los capilares del mortero endurecido.

**Adherencia** Cualidad del cuerpo que puede permanecer íntimamente pegado con otro, es también la fuerza que se opone a la separación de dos cuerpos en contacto íntimo y se debe a la atracción mutua de las moléculas.

**Enlucido:** El enlucido no es otra cosa que una capa fina de cemento o mortero destinada a alisar la superficie de albañilería, para sellarla posteriormente contra la humedad.

## **CAPÍTULO III DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

### **3.1. Fundamentación del tipo de investigación.**

Esta investigación es de campo, todos los resultados obtenidos son producto de las pruebas realizadas en campo a elementos estructurales fundidos para poder evidenciar el efecto adherente de estos con el mortero en diferentes muestras para su posterior comparación y elaboración de la ficha comparativa.

### **3.2. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación.**

La investigación se realizó comparando como varia la adherencia del mortero a elementos estructurales según el tipo de metodología usada para dicho fin, ya sea con método artesanal; en donde la investigación se centra al comportamiento de la lechada adherente formada a partir de agua y cemento en igualdad relación volumétrica, o con la inclusión de productos adherentes; en donde se estudió os tres tipos de aditivos; SKA, ADT, INTC, comúnmente usados y que se designaran como A, B y C

La recolección de datos suele constar de pruebas objetivas, instrumentos de medición, la estadística, test, entre otros. Se divide en investigación participativa, de acción y etnográfica. Consiste en colocar dos o más elementos al lado de otro para justificar en Word; las diferencias y relaciones, para así lograr definir un caso o problema y poder tomar medidas en el futuro.

El instrumento aplicado para la recolección de datos obtenidos en los ensayos será una guía de observación, en donde se tomará nota de todo el desarrollo de dichos ensayos con sus posibles variables.

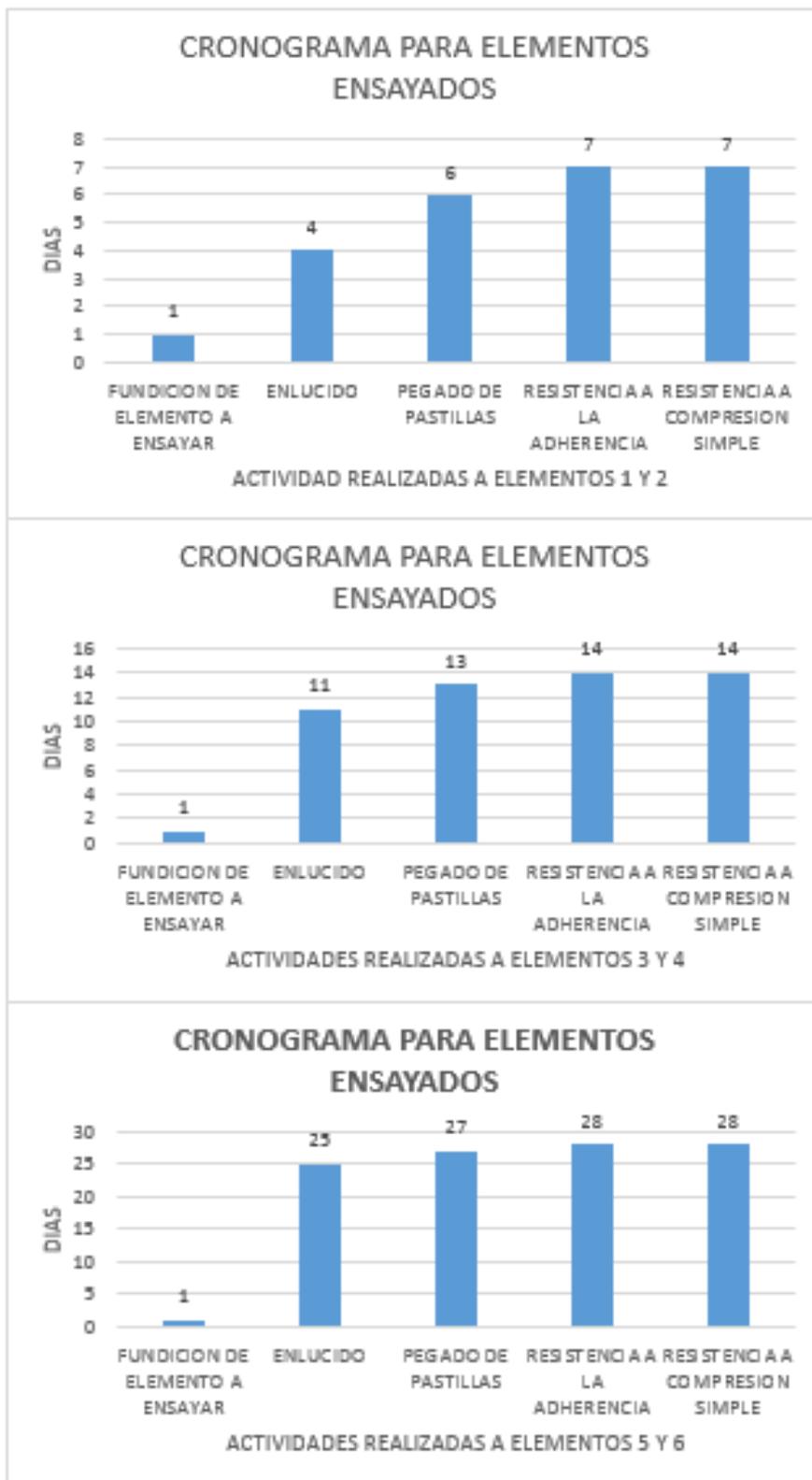
### **3.3. Datos de población y muestra**

En anteriores capítulos se dejó establecido que el análisis de esta investigación se relacionó con el comportamiento de la adherencia; para lo cual se estudiaron dos métodos, el método artesanal con la lechada agua-cemento que lo llamaremos patrón y el método adherente, en este último, se analizará básicamente a los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC); recalcando que todas las variables que entran en el proceso de investigación están en igualdad de condiciones para los dos métodos, para así tener resultados del comportamiento del incremento de adherencia a partir de la aplicación de la lechada agua-cemento y aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) pertenecientes a cada método respectivamente.

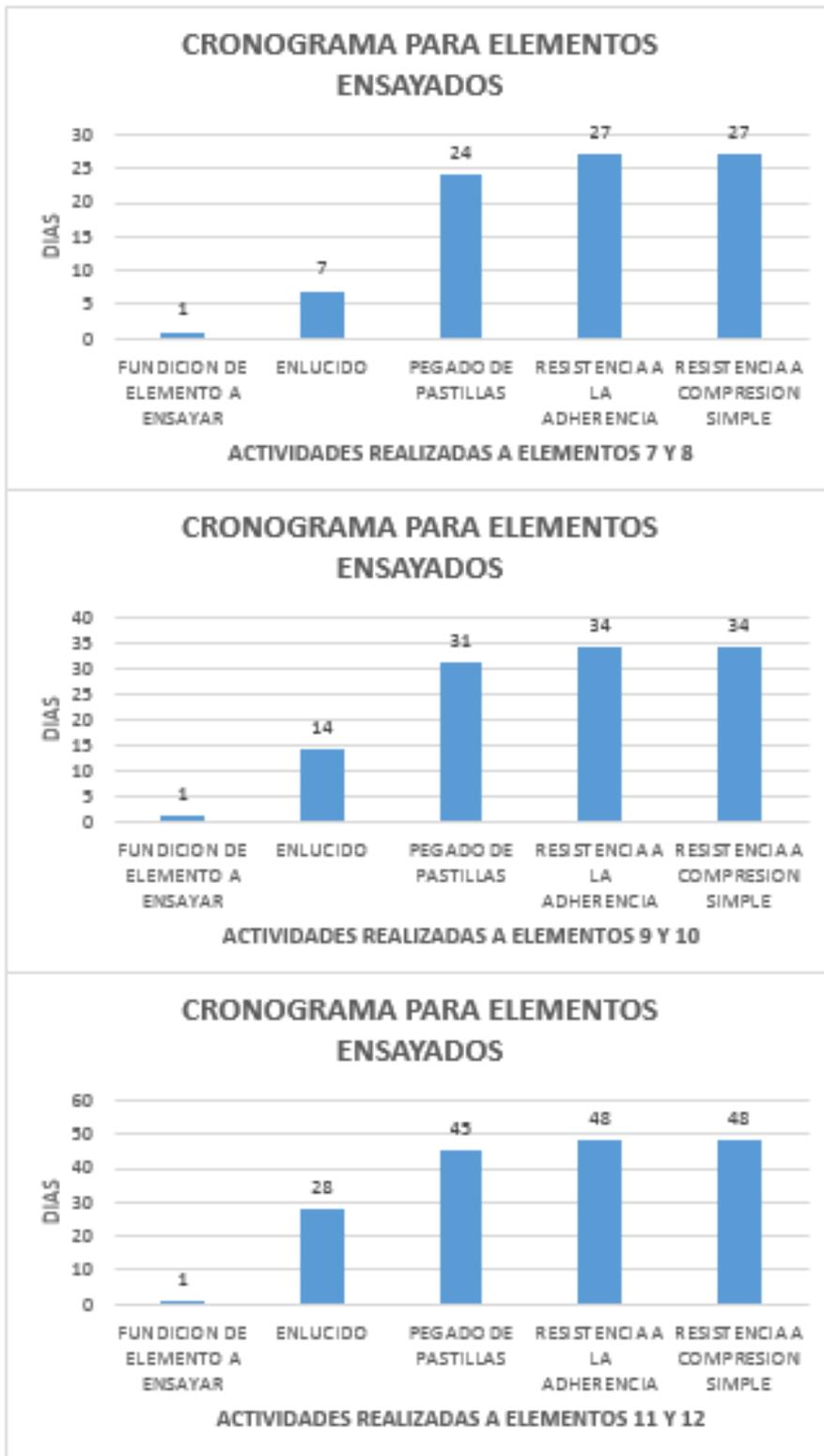
Para el análisis descrito en el inicio de este apartado se realizó la construcción de 12 elementos de hormigón, divididos en dos grupos de 6 elementos; en el primer grupo la investigación se centra al comportamiento inicial de la adherencia con la utilización de los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) y Patrón, para lo cual todos los ensayos se realizan a morteros con 3 días de aplicación ( ver gráfico 12 ) y por otro lado, en el segundo grupo de 6 elementos construidos la investigación, análisis y ensayo se realiza a morteros con 20 días aplicados, de igual forma con la utilización de los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) y Patrón ( ver gráfico 13).

### **3.4. Fuentes recursos y cronogramas.**

El diseño, la construcción, aplicación de mortero en los elementos construidos se describen en apartados siguientes. Con ayuda del Excel toda la información existente en la guía de observación fue procesada para su posterior análisis y comparación de los mismos.



**Gráfico 12 Cronograma para primer grupo de elementos a ensayar.**  
 Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).



**Gráfico 13 Cronograma para segundo grupo de elementos a ensayar.**  
 Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Para el desarrollo de la investigación se realizó ensayos al mortero y al hormigón. En lo que al ensayo en el mortero se refiere tenemos el ensayo descrito en la norma ASTM 7234 que habla sobre el Método de prueba estándar para medición de adherencia a través de la extracción de recubrimientos en concreto usando comprobadores de adhesión de extracción portátiles Pull – OFF.

La Metodología de la ASTM comprende ensayos para el mortero fresco y para el mortero endurecido. Esta norma hace referencia a los cuidados y procedimientos para la medición de propiedades físicas y mecánicas de los morteros.

Tal como se mencionó antes también se realizó ensayos para medir la resistencia a la compresión simple del concreto el cual esta normado según la ASTM C39, teniendo en consideración desde la normativas tanto para la fase del muestreo; para realizar los respectivos cilindros de hormigón, así como el cuidado de los mismo, hidratación y para posterior a esto terminar con la fase de rotura de los mismos

Luego de un análisis exhaustivo y barajando un sinnúmero de variables, recopilando información tanto de nuestro tutor, así como de las personas que estaban a cargo del laboratorio donde se nos permitió desarrollar la tesis, se llegó a la programación de las fechas de realización de los ensayos tanto para medir la resistencia a la adherencia como el de medición de resistencia a la compresión del hormigón puesto que existe una relación directa entre ambos.

Cabe indicar que al estudio de morteros con una aplicación de 3 días denominaron grupo 1 y mientras que para el estudio de morteros con 20 días se denominaron grupo 2. Las fechas programadas fueron de la siguiente manera:

Para el análisis al enlucido de 20 días de aplicado. (Grupo 2)

## GRUPO 1

Tabla 5 Programación de fechas para ensayos a morteros de 3 días de aplicación

<b>VARIANDO RESISTENCIA CON ENLUCIDO A 3 DIAS</b>						
<b>7 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO</b>						
<b>TIEMPO</b>	<b>FUNDICIÓN DE COLUMNA</b>	<b>ENLUCIDO</b>	<b>PEGADO DE PASTILLAS</b>	<b>MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>	<b>MEDICIÓN DE ADHERENCIA</b>	<b>PRODUCTO ADHERENTE</b>
DIA	1	4	6	7	7	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	4	6	7	7	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	4	6	7	7	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	4	6	7	7	PATRON
FECHA	03-jul-18	06-jul-18	09-jul-18	10-jul-18	10-jul-18	
OBS.						
<b>14 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO</b>						
<b>TIEMPO</b>	<b>FUNDICIÓN DE COLUMNA</b>	<b>ENLUCIDO</b>	<b>PEGADO DE PASTILLAS</b>	<b>MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>	<b>MEDICIÓN DE ADHERENCIA</b>	<b>PRODUCTO ADHERENTE</b>
DIA	1	11	13	14	14	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	11	13	14	14	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	11	13	14	14	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	11	13	14	14	PATRON
FECHA	03-jul-18	13-jul-18	16-jul-18	17-jul-18	17-jul-18	
OBS.						
<b>28 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO</b>						
<b>TIEMPO</b>	<b>FUNDICIÓN DE COLUMNA</b>	<b>ENLUCIDO</b>	<b>PEGADO DE PASTILLAS</b>	<b>MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>	<b>MEDICIÓN DE ADHERENCIA</b>	<b>PRODUCTO ADHERENTE</b>
DIA	1	25	27	28	28	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	25	27	28	28	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	25	27	28	28	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	25	27	28	28	PATRON
FECHA	03-jul-18	27-jul-18	30-jul-18	31-jul-18	31-jul-18	
OBS.						

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Para el análisis al enlucido de 20 días de aplicado. (Grupo 2)

## GRUPO 2

Tabla 6 Programación de fechas para ensayos a morteros de 20 días de aplicación

VARIANDO RESISTENCIA CON ENLUCIDO A 20 DIAS						
7 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO						
TIEMPO	FUNDICION DE COLUMNA	ENLUCIDO	PEGADO DE PASTILLAS	MEDICION RESISTENCIA	MEDICION ADHERENCIA	PRODUCTO ADHERENTE
DIA	1	7	24	27	27	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	7	24	27	27	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	7	24	27	27	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	7	24	27	27	PATRON
FECHA	25-jun-18	02-jul-18	20-jul-18	23-jul-18	23-jul-18	
OBSERVAC.						
14 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO						
TIEMPO	FUNDICION DE COLUMNA	ENLUCIDO	PEGADO DE PASTILLAS	MEDICION RESISTENCIA	MEDICION ADHERENCIA	PRODUCTO ADHERENTE
DIA	1	14	31	34	34	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	14	31	34	34	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	14	31	34	34	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	14	31	34	34	PATRON
FECHA	25-jun-18	09-jul-18	27-jul-18	30-jul-18	30-jul-18	
OBSERVAC.						
28 DIAS DE FUNDIDO LA COLUMNA TIPO						
TIEMPO	FUNDICION DE COLUMNA	ENLUCIDO	PEGADO DE PASTILLAS	MEDICION RESISTENCIA	MEDICION ADHERENCIA	PRODUCTO ADHERENTE
DIA	1	28	45	48	48	ADITIVO A (SKA)
DIA	1	28	45	48	48	ADITIVO B (ADT)
DIA	1	28	45	48	48	ADITIVO C (INTC)
DIA	1	28	45	48	48	PATRON
FECHA	25-jun-18	23-jul-18	10-ago-18	13-ago-18	13-ago-18	
OBSERVAC.						

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

A continuación se muestra una programación general para la realización de todos los ensayos tanto para los que se hicieron para el grupo 1, y para los del grupo 2 y en donde cabe acotar que los ensayos de adherencia y resistencia a la compresión simple se realizaban en los mismos días.

**Tabla 7 Programación general de fechas para ensayos**

FECHA	FUNDICION DE VIGAS	ENLUCIDO DE VIGAS	PEGADA DE PASTILLAS	PRUEBAS DE RESISTENCIA	PRUEBA DE ADHERENCIA
25/06/2018	6				
02/07/2018		2			
03/07/2018	6				
06/07/2018		2			
09/07/2018		2	16		
10/07/2018				2	16
13/07/2018		2			
16/07/2018			16		
17/07/2018				2	16
20/07/2018			16		
23/07/2018		2		2	16
27/07/2018		2	16		
30/07/2018			16	2	16
31/07/2018				2	16
11/08/2018			16		
13/08/2018				2	16

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### **3.5. Procesamiento, presentación y análisis de los resultados**

Tal como se explicó en el anterior apartado, el análisis se realizó a morteros con adherencia inicial de 3 días de aplicación y a morteros con adherencia desarrollada en el tiempo de 20 días desde que fueron colocados en los elementos de estudio. Para esto se los dividió en 2 grupos de 6 elementos estructurales; utilizando dos caras de los mismos (Ver Gráfico 14).



**Gráfico 14 Vista de superficie utilizadas para aplicación de mortero.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

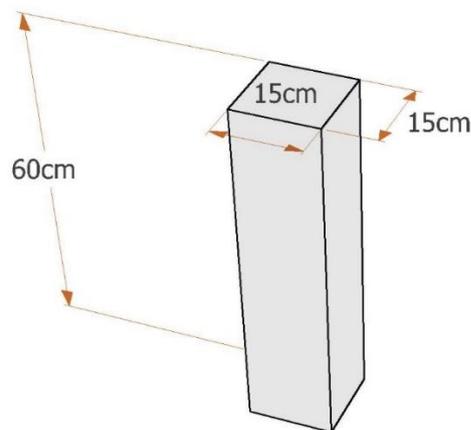
Para el primer grupo la secuencia a trabajar fue la siguiente:

- Se fundieron 6 elementos estructurales.
- 2 elementos se enlucieron al cuarto día de fundición y luego de 3 días más se realizó el respectivo ensayo de adherencia y resistencia es decir al séptimo día
- A los 11 días se enlucieron dos elementos más y 3 días después se realizaron los respectivos ensayos
- A los 25 días de fundición se enlucen los últimos 2 para ser sometidos a sus respectivos ensayos 3 días después de aplicado el mortero

En resumen, los elementos serán ensayados a 7,14 y 28 días en cada día se ensayaron 2 elementos y en cada elemento se utilizaron 2 caras, es decir se contó con 4 superficies para enlucir; designando a cada superficie un tipo de aditivo destinado para el incremento de adherencia ya sea del método artesanal o el de los 3 diferentes aditivos que se utilizaran para el mismo fin.

Para el segundo grupo de 6 elementos el proceso de trabajo es el mismo; hay que recalcar que aquí los ensayos de resistencia y adherencia se realizan una vez que el mortero tenga 20 días después de su aplicación. Las fechas de fundición de los elementos estructurales, así como la de los ensayos se detallan más adelante.

El hormigón diseñado para la fundición de los elementos es de 40 MPa (407,9 kg/cm<sup>2</sup>) y sus medidas son de 15 cm x 15 cm y 60 cm de altura, con un enlucido promedio de 1cm. (ver gráfico 15)



**Gráfico 15 Vista 3d del Elemento de Ensayo.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.5.1. Materiales y Herramientas.

- Cemento portland.
- Áridos.
- Agua.

Para la construcción de nuestros elementos de ensayo fueron utilizadas las siguientes herramientas:

- Moldes, para una viga de 15cm\*15cm \*60cm (Ver Gráfico 16).
- Barra de acero. Para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular.



**Gráfico 16 moldes para fundir los elementos estructurales.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

- Martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire.
- Concretera
- Equipo de adherencia a tracción digital “Pull-Off” modelo E142

#### **3.5.1.1. Equipo de adherencia a tracción digital “Pull-Off” modelo E142**

Este equipo consiste en un dinamómetro que mide la fuerza de adherencia y la resistencia a la tracción de dos capas de materiales (hormigón, morteros de enlucidos, yeso de construcciones, cales, etc.). Es un equipo ligero que está equipado con una célula de carga y una pantalla digital de alta resolución, adecuado para mediciones desde baja carga hasta 16 KN, la fuerza de tracción directa se aplica al girar la manivela de mano. Consta con 3 pies o bases que se pueden regular en posición largo o corta que brindan un mayor soporte y la ventaja de realizar ensayos en espacios reducidos o para muestras que estén muy cerca unas de otras. (Ver gráfico 17).

Especificaciones:

- Capacidad de carga: 16 KN
- Resolución : 10 N
- Rango de trabajo : 0,10 a 16 KN
- Presicion y repetivilidad: 1 %
- Completo con certificado de calibracion
- Funciona con pilas
- Puerto serie para conexión a PC
- Giros con manivela de mano: con cuentavuelatas mecanico
- Indicacion grafica de la tasa de carga aplicada
- Rotula para asegurar la aplicaci3n de la carga axial/central.



**Gráfico 17 Equipo de adherencia a tracci3n digital “Pull-Off”.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Especificaciones:

- Capacidad de carga: 16 KN
- Resolucion : 10 N
- Rango de trabajo : 0,10 a 16 KN
- Presicion y repetibilidad: 1 %
- Completo con certificado de calibracion
- Funciona con pilas
- Puerto serie para conexión a PC
- Giros con manivela de mano: con cuentavuelas mecanico
- Indicacion grafica de la tasa de carga aplicada
- Rotula para asegurar la aplicación de la carga axial/central.

### **3.5.2. Mano de Obra y Construcción.**

Los elementos fueron elaborados en moldes para vigas de 15 cm x 15 cm y 60 cm. de alto, los mismos son herméticos para evitar que se escape la mezcla y previamente se le aplico desmoldante para facilitar procesos de desencofrado. (Ver Gráfico 16).

Antes de comenzar el vaciado del hormigón en los mismos se debe verificar la perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento. Hay que indicar que a medida que se va colocando el hormigón se va dando golpes en las paredes exteriores de los moldes; el hormigón aplicado tiene una resistencia de diseño de 40 MPa. Con un revenimiento de 16 cm. Ensayo que se realizó según norma ASTM C 143. (Ver gráfico 18)



**Gráfico 18 Ensayo de revenimiento según norma ASTM C 143.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Para la fundición de los primeros 6 elementos de estudio, así como sus 24 cilindros que fueron sometidos a compresión simple se necesitó alrededor de 0.674 m<sup>3</sup> de hormigón; los cilindros para ensayo a compresión simple tenían un diámetro de 10 cm con una altura de 20 cm y fueron llenados según nos describe la norma ASTM C 31. (Ver gráfico 19).



**Gráfico 19 llenado de probetas y vigas.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Luego procedemos a retirar el molde con mucho cuidado. Esto se hace 24 horas después de su elaboración. Después de haber sido desmoldadas, curar las probetas y las vigas inmediatamente, colocándolas en recipientes con agua potable. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas. (Ver gráfico 20).



**Gráfico 20 Curado de cilindros para ensayo de compresión simple.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 21 cilindros de hormigón Gráfico.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### **3.5.3. Preparación de la Superficie para el Enlucido.**

Los elementos de prueba se retiran del reservorio por el tiempo determinado (7, 14 y 28 días); una vez realizado el desencofrado de los diferentes grupos. Se procederá a realizar el barrido que consiste en sacar cualquier extracto superficial que haya podido quedar en las caras de los elementos de pruebas. (Ver gráfico 22)



**Gráfico 22 Elementos de Hormigón para ensayos**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Dado que uno de los ensayos dentro de nuestra investigación es la medición de la adherencia del mortero al elemento; que consiste básicamente en el desprendimiento del enlucido, se hace necesario aplicar el mortero sobre la capa firme del hormigón para así minimizar los errores en las lecturas y demás, ya que debido diferentes fenómenos (segregado y exudado) suele pasar que en la superficie del hormigón se crea una capa delgada, débil y porosa que no tiene resistencia ni es durable. Por lo que esta capa deberá ser retirada mediante el proceso de Pulido. (Ver gráfico 23).



**Gráfico 23 Pulido de Elementos de Hormigón.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Después del retiro de la capa superficial existente en los elementos de prueba, se empieza con el Proceso de Picado; siguiendo un patrón estimado, que consiste con la ayuda de cincel y combo, en la creación de rugosidad en la superficie en donde se aplicara el mortero. Este proceso se lo realiza de tal manera que las superficies queden en similares condiciones con el fin garantizar que todos los elementos a ensayar se encuentren en igualdad de condiciones sin que puedan influir de manera considerable en el desarrollo de la investigación. Este principio hay que tener presente en todos los procesos que se realizaran posteriormente y en donde se hace difícil controlar más que con la apreciación. (Ver gráfico 24)



**Gráfico 24 Gráfico 24 Picado de Elementos de Hormigón.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Hay que recalcar que de las cuatro caras que tiene nuestro elemento solo se utilizaran dos, esto para brindar facilidad al momento de realizar los ensayos y como la investigación se centra en el desarrollo e incremento de adherencia a partir de los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) (métodos adherentes) y el patrón (método tradicional) se necesitaran dos elementos utilizando 2 caras de cada uno según las fechas programadas para aplicación de mortero y realización de ensayos de adherencia (Pull- Off). (Ver gráfico 25)



**Gráfico 25 Elemento de Hormigón aplicado el proceso de picado.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Una vez finalizado el proceso de picado, nuestros elementos se encuentran listos para seguir con el proceso de enlucido; para lo cual es necesario proceder con la colocación de las reglas para garantizar el espesor del enlucido el mismo que es de 1 cm.

Para este fin se necesita dos reglas previamente canteadas y cepilladas, las mismas que son de madera semidura y cuentan con un espesor de 2,5 cm las cuales se colocan; con la ayuda de dos “prensas”, a cada lado de la superficie a enlucir, luego se regulan hasta que queden sobresalidas 1cm garantizando así el espesor del enlucido.

Posterior a esto se realizó la humectación de forma regular de la superficie de soporte, dejando que se realice la absorción hasta que desaparezca toda el agua aparente, para así comenzar con el proceso de enlucido. (Ver gráfico 26)



**Gráfico 26 Elemento de Hormigón con reglas laterales para enlucido**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### **3.5.3.1.Enlucido.**

El enlucido; que consiste en la aplicación del mortero (relación agua-cemento 1:3) es la capa sobre la cual, se realizarán los ensayos de resistencia a la adherencia (Pull Off) en las fechas previamente programadas de tal manera que podamos evidenciar el incremento y desarrollo de adherencia que podría otorgar la inclusión de los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) (métodos adherentes) y el patrón (método tradicional).

### 3.5.3.2. Aplicación de Aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) (métodos adherentes) y el patrón (método tradicional).

Una vez listo el elemento de hormigón con sus respectivas reglas laterales y humedecido; para iniciar el proceso de enlucido, se debe iniciar la aplicación de los aditivos y la lechada (agua/cemento) “patrón” siguiendo las características especificadas por cada fabricante. Como describe la tabla 5

**Tabla 8 Especificaciones Técnicas para preparación y aplicación de lechada adherente**

MODO DE PREPARACION Y APLICACION DE LECHADA ADHERENTE						
ADITIVOS A ENSAYAR	TIPO DE APLICACION	INDICACION DE SUPERFICIE	FORMA DE APLICACION	TIPO DE APLICACION	PREPARACION	TIEMPO PARA COLOCAR
TRADICIONAL PATRON	LECHADA ADHERENTE	RUGOSA, LIMPIA Y HUMEDA	LECHADA	CON BROCHA	UNA PART. DE CEMENTO CON UNA PARTE DE AGUA	INMEDIATAMENTE
ADITIVO A	LECHADA ADHERENTE	LIMPIA, SIN POLVO Y HUMEDA	LECHADA	CON BROCHA	UNA PART. DE CEMENTO CON UNA PARTE DE ARENA UNA PART. DE SIKATOP77 CON UNA PARTE DE AGUA MEZCLAR LAS DOS Y APLICAR	INMEDIATAMENTE
ADITIVO B	LECHADA ADHERENTE	LIMPIA, HUMEDA, SIN EXCESOS DE	LECHADA	CON BROCHA	UNA PART DE BENTOCRYL-14, CON DOS PARTES DE AGUA Y TRES PART. DE CEMENTO. MEZCLAR Y APLICAR	INMEDIATAMENTE
ADITIVO C	LECHADA ADHERENTE	LIMPIA, HUMEDA, LIBRE DE POLVO	LECHADA	CON BROCHA	APLICACION DIRECTA	INMEDIATAMENTE

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Cabe aclarar que dentro de las especificaciones, los fabricantes nos brindan dos tipos de aplicación; como lechada adherente o como mortero de resistencia, para objeto de estudio se decidió aplicar los aditivos siguiendo las instrucciones para lechada adherente.

Con esto logramos que tanto los aditivos “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC) (métodos adherentes) como el patrón (método tradicional) tendrían una misma forma de aplicación y así todos estar en igualdad de condiciones y tener datos más acertados de incrementos de adherencia. Atendiendo las instrucciones el modo de aplicación de la lechada tanto de los aditivos, como del “patrón” se realizó con brocha. Tal como se evidencia en el gráfico 27



**Gráfico 27 aplicación con brocha de lechada adherente**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.5.3.3. Dosificación.

Para elaborar un mortero, es necesario dosificar sus componentes, lo que significa determinar el volumen o el peso de cada uno de los componentes de la mezcla.

Para de establecer la dosificación apropiada, es necesario conocer el uso para el que este diseñado y por ende las características que se requiere.



**Gráfico 28 Componentes del Mortero.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

#### ➤ **Cemento.**

El material cementante utilizado en el trabajo es el que se rige bajo la denominación ASTM C-91 tipo “M”, sugerido para las obras de mampostería.

### 3.5.4. Enlucido

El enlucido debe concebirse, evidentemente, desde el punto de vista del proceso y de la composición y ejecución de éste, a fin de que reúnan en conjunto las cualidades principales enumeradas anteriormente; a saber: adherencia, suficiente dureza, ausencia de grietas importantes o de fisuras superficiales perniciosas a las funciones o al aspecto del enlucido, protección de los muros contra la humedad e intemperie y textura superficial apropiada.

Tal como se detalla en la tabla 5 la aplicación del enlucido es inmediatamente después de la colación de la lechada; que es la que nos va a brindar el incremento de adherencia entre el mortero y el elemento estructural la misma que es objeto de estudio.

Utilizando vailejo, paleta de madera y demás herramientas menores se procede a realizar todos los procesos necesarios para tener un buen enlucido; empezando con el “champeado” del mortero en la totalidad de la superficie, el mismo que es muy trabajable, más que por la cantidad de agua, por una elección cuidada de la granulometría de la arena y la calidad del aglomerante. (Ver gráfico 29)



**Gráfico 29 Proceso de “champeado”.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Luego del champeado se procede con la nivelación del mortero sobresaliente, esto se hace con la ayuda de una regla para finalmente iniciar el proceso de “paleteado”; que es la parte en donde se da el acabado y se tiende a dejar una capa bastante lisa. (Ver gráfico 30)

Capa de acabado es la capa final. Debe presentar una resistencia suficiente a los choques y al desmoronamiento. Sometida a la acción directa de los agentes atmosféricos, debe tener una compacidad, estructura y textura aparente que le permitan resistir a estos agentes sin figuración y sin cambio de aspecto.



**Gráfico 30 Elemento de hormigón enlucido.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

#### **3.5.4.1.Método Artesanal.**

Llamamos método artesanal a la combinación de los procesos de picado y aplicación de lechada; la misma que se realiza con agua y cemento en igualdad de proporciones en volumen. Con esta relación se logra una lechada de consistencia líquida espesa que será aplicada a nuestro elemento con la ayuda de una brocha.

Este proceso se denominó método artesanal debido a que es lo que comúnmente se realiza en obras pequeñas llevadas a cabo y dirigidas directamente por maestros albañiles, quienes han desarrollado esta técnica para mejorar la adherencia desde mucho tiempo atrás en la historia de la construcción cuando no existían aditivos que faciliten el aumento de la misma al momento de la aplicación de morteros (enlucidos). (Ver gráfico 31)

De igual manera hay que señalar que el método artesanal lo tomaremos como nuestro patrón y es de donde se partirá la investigación y así tener un parámetro de comparación diferente al de la utilización de aditivos.



**Gráfico 31 Aplicación de mortero con el método artesanal.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.5.4.2. Método con Productos Adherentes (Aditivos).

En este método; en lugar de la lechada de agua-cemento se aplicara un producto adherente. Esto se realizara con 3 aditivos diferentes, los cuales serán nombrados por objeto del trabajo como aditivo “A” (SKA), “B” (ADT) y “C” (INTC). Los cuales garantizan aumentar la adherencia del mortero al elemento estructural.

#### 3.5.4.2.1. Aditivo “A” (SKA)

Es un aditivo líquido que mejora las propiedades físicas y químicas de los morteros e incrementa su adherencia.

**Tabla 8 Especificaciones Técnicas del Aditivo A.**

Tipo	Adhesivo
Aplicación	Brocha
Densidad (kg/L)	1,03 ± 0,01
Almacenamiento	-12 meses en su envase original. -Mantener cerrado en lugar fresco y bajo techo.
Precauciones	-Preparados altamente adhesivos. -Deben ser aplicados rápidamente ya que pierden manejabilidad.
Características	-Aspecto: Líquido color blanco. -Base: Resinas acrílicas.

*Fuente: Disensa S.A.*

### Modo de Empleo:

La superficie debe estar perfectamente limpia, rugosa y saturada, pero no deben existir empozamientos.

Como lechada de adherencia, prepare una mezcla 1:1 de cemento y arena fina y lavada, esta mezcla debe amasarse con el aditivo diluido en agua 1:1, hasta obtener una consistencia cremosa, fácil de aplicar con brocha sobre la superficie donde se va a formar el puente de adherencia. En morteros de alta adherencia y mejores resistencias mecánicas y químicas.

Como lechada de adherencia, usar como líquido de amasado el aditivo diluido en agua 1:3 (en volumen) y como mezcla seca, un volumen de cemento con 3 volúmenes de arena lavada. (Disensa, s.f.)

#### 3.5.4.2.2. Aditivo “B” (ADT)

Adhesivo líquido a base de polímeros acrílicos especialmente diseñado para mejorar la adherencia en morteros y hormigones.

**Tabla 9** Especificaciones Técnicas del Aditivo B.

Tipo	Adhesivo
Aplicación	Brocha
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1.0175 ± 0.0075
Almacenamiento	- Un año en el envase original bien cerrado, en sitio fresco y bajo techo.
Precauciones	-Preparados altamente adhesivos. - Las mezclas preparadas con él permiten ductilidad y deben aplicarse antes de 20 minutos.
Características	-Aspecto: Líquido color blanco lechoso. -pH: 7 a 10

Fuente: Aditec.

## Modo de Empleo.

Como lechada de adherencia, la superficie a tratar debe estar completamente limpia, sana y húmeda. Retire los excesos de agua y aplique con brocha, rodillo o escoba la lechada de adherencia. Antes que la lechada de adherencia pierda su viscosidad aplique la mezcla, solo prepare la mezcla que vaya a utilizar en 20 minutos. El curado de las mezclas modificadas con el aditivo B es mucho más rápido y sencillo que los de una mezcla común. Sólo requieren ser curados al aire a temperatura ambiental y humedad relativa. Si el secado es demasiado rápido debido a altas temperaturas, o corrientes de aire muy fuerte, cubrir la superficie con costales de yute mojados. (Aditec, s.f.)

### 3.5.4.3. Aditivo “C” (INTC)

Es un agente adhesivo o aditivo acrílico, no reemulsificable, a base de resina 100% acrílica, especialmente formulado para incrementar las propiedades de adherencia y mecánicas de lechadas y morteros, en interiores y exteriores.

**Tabla 10 Especificaciones Técnicas del Aditivo C.**

Tipo	Adhesivo
Aplicación	Brocha
Densidad (kg/L)	1,03
Almacenamiento	- Un año en el envase original bien cerrado, en sitio fresco y bajo techo.
Precauciones	- Use equipo de protección personal adecuado. -Ventile el área de uso.
Características	-Aspecto: Liquido blanco. -pH: 8

*Fuente: Intaco.*

### **Modo de Empleo.**

Como imprimante para enlucidos, aplique el aditivo C puro con brocha, rodillo o escoba sobre la superficie y coloque el enlucido inmediatamente antes de que se seque. (INTACO, 2018)

### **3.5.5. Ensayo de Compresión.**

Para el ensayo de resistencia del hormigón, se retira las probetas del reservorio y luego que se ha eliminado el exceso de agua en él, se procede a tomar datos de peso, altura y demás para luego ser llevado a la máquina de ensayo, en donde se procede a aplicar la carga a velocidad constante hasta que el elemento falle y se registra la máxima carga que ha soportado. Ver gráficos 32 y 33.



**Gráfico 32 Pesado de cilindro de hormigón para ensayo.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 33 Ensayo de Compresión.**

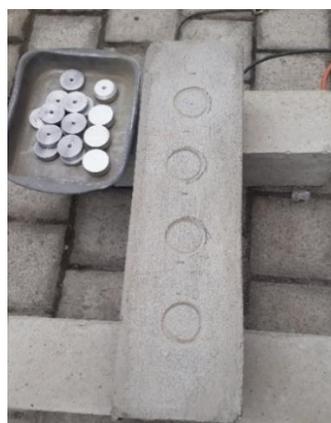
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### **3.5.6. Ensayo de Adherencia por Tracción o Pull Off.**

El ensayo consiste principalmente en transmitir tensión axial directa, con un equipo portátil, a un disco previamente adherido al concreto; siempre y cuando haya transcurrido un tiempo suficiente para que se haya curado la resina o material adhesivo usado en la fijación del disco. Este ensayo se puede realizar “in situ” o en laboratorio.

A continuación, se detallarán los pasos que se deben llevar a cabo para el ensayo:

Marcado y preparación de la cara donde se realiza el ensayo, la misma debe estar perfectamente limpia de cualquier residuo que pueda arruinar la posterior adherencia del disco de prueba.



**Gráfico 34 Marcación para pegado de pastillas en el Elemento.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Perforación de las zonas de pruebas, ubicación de los discos (en donde se fijará posteriormente el disco de prueba o comúnmente llamado pastillas) con una broca hueca de corona de diamante que generalmente se suele llamar sierra copa. La norma que rige este ensayo indica que se debe humedecer al momento de realizar la delimitación con la broca para así evitar que el calentamiento que se pueda producir por este proceso pueda influenciar en el resultado final



**Gráfico 35 Superficie aislada para pegado de pastillas.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Colocación del disco sobre la superficie del concreto usando una resina epòxica material de alta resistencia y fraguado rápido que según las instrucciones del fabricante se debe preparar con relación 1:2 entre los dos componentes que forman la resina. (Ver Gráfico 37).

Se hace necesario indicar que las fechas programadas para este ensayo están indicadas en las tablas 9,10 y 11. De igual forma para la realización del mismo se pegaron 16 pastillas metálicas, las mismas que fueron distribuidas de 4 por superficie, y en donde en cada superficie fue preparada con método tradicional y aditivo “A”, “B” y “C” métodos adherentes.



**Gráfico 36 Pastillas pegadas sobre la superficie de los Elementos de prueba.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 37 Resina epòxica para pegado de pastillas en elementos estructurales.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Colocación del inserto o perno roscado al disco de “Pull Off” (ver Gráfico 38); a este dispositivo se conectará el equipo de “Pull Off”, antes de comenzar la prueba.



**Gráfico 38 Colocación del perno en disco.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Desarrollo de la prueba de “Pull Off”, en donde se cuantifica la tensión directa aplicada al disco para desprenderlo del elemento al que había quedado adherido.



**Gráfico 39 Realización del Ensayo Pull Off.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.5.7. Toma de resultados de los Ensayos.

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Tabla 11 Ensayo de resistencia a la compresión del hormigón.

DESCRIPCION DE CILINDRO	FECHA DE FUNDICIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO MPa	EDAD DE RUPTURA (días)	FECHA DE RUPTURA	DIÁMETRO DE CILINDRO (cm)	PESO DE CILINDRO (kg)	CARGA APLICADA KN	RESISTENCIA MPa
1	25/06/2018	40	7	02/07/2018	10	4.13	258.35	32.88
2	25/06/2018	40	7	02/07/2018	10	4.17	244.6	31.13
3	03/07/2018	40	7	10/07/2018	10	4.07	252.85	32.18
4	03/07/2018	40	7	10/07/2018	10	4.07	251.61	32.8
7	25/06/2018	40	14	09/07/2018	10	3.96	284.48	36.22
8	25/06/2018	40	14	09/07/2018	10	3.92	284.75	36.24
9	03/07/2018	40	14	17/07/2018	10	4.26	288.39	36.7
10	03/07/2018	40	14	17/07/2018	10	4.12	289.21	36.81
13	25/06/2018	40	28	23/07/2018	10	4.11	323.61	41.17
14	25/06/2018	40	28	23/07/2018	10	3.99	321.75	40.94
15	25/06/2018	40	28	23/07/2018	10	4.02	325.39	41.43
16	25/06/2018	40	28	23/07/2018	10	4.07	321.68	41.05
17	25/06/2018	40	34	30/07/2018	10	4.15	328.67	41.82
18	25/06/2018	40	34	30/07/2018	10	4.00	329.11	41.91
19	03/07/2018	40	28	31/07/2018	10	4.21	323.19	41.26
20	03/07/2018	40	28	31/07/2018	10	4.11	322.09	40.87
23	25/06/2018	40	48	13/08/2018	10	4.01	334.96	42.63
24	25/06/2018	40	48	13/08/2018	10	4.19	337.14	42.81

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

## GRUPO 1

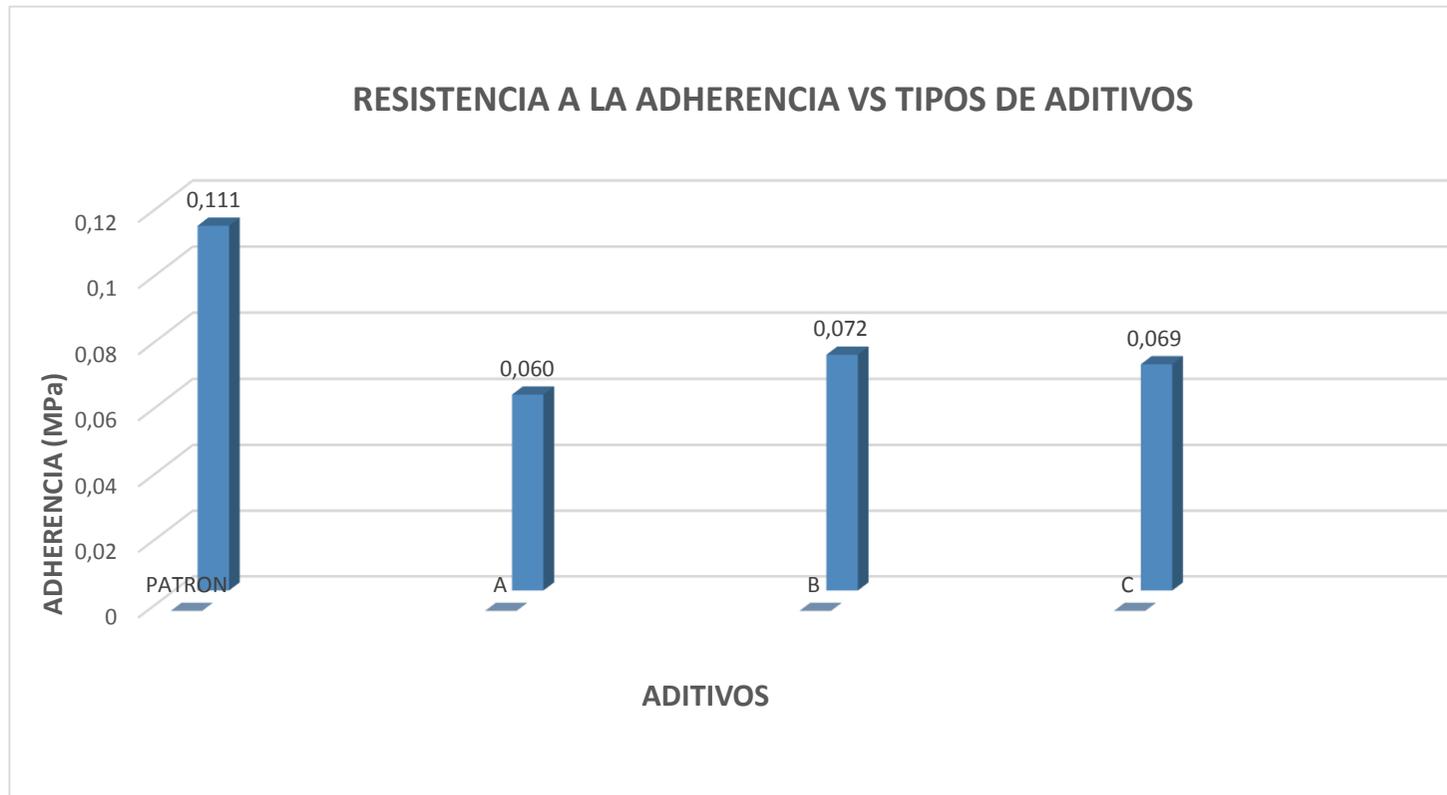
Tabla 12 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

ENLUCIDA A 7 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,10	211,00	0,107	0,111
PATRON 2	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,10	214,00	0,109	
PATRON 3	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,80	153,00	0,078	
PATRON 4	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,80	227,00	0,116	
ADITIVO A 1	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,60	119,00	0,061	0,060
ADITIVO A 2	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,00	97,00	0,049	
ADITIVO A 3	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,20	105,00	0,053	
ADITIVO A 4	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,00	127,00	0,065	
ADITIVO B 1	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,10	109,00	0,055	0,072
ADITIVO B 2	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,60	144,00	0,073	
ADITIVO B 3	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,80	132,00	0,067	
ADITIVO B 4	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,20	146,00	0,074	
ADITIVO C 1	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,10	145,00	0,074	0,069
ADITIVO C 2	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	4,50	137,00	0,070	
ADITIVO C 3	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,00	115,00	0,059	
ADITIVO C 4	3/7/2018	6/7/2018	9/7/2018	10/7/2018	19,64	3,30	123,00	0,063	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

## GRUPO 1



**Gráfico 40 Cuadro Comparativo de los ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

## GRUPO 1

Tabla 13 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

ENLUCIDA A 14 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	4,00	254,00	0,129	0,189
PATRON 2	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	5,00	392,00	0,200	
PATRON 3	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	4,30	316,00	0,161	
PATRON 4	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	5,20	408,00	0,208	
ADITIVO A 1	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	8,80	712,00	0,363	0,335
ADITIVO A 2	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	7,00	623,00	0,317	
ADITIVO A 3	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	7,10	637,00	0,324	
ADITIVO A 4	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	6,30	529,00	0,269	
ADITIVO B 1	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	4,90	442,00	0,225	0,234
ADITIVO B 2	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	4,50	386,00	0,197	
ADITIVO B 3	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	5,00	402,00	0,205	
ADITIVO B 4	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	6,60	536,00	0,273	
ADITIVO C 1	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	6,00	621,00	0,316	0,336
ADITIVO C2	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	7,00	594,00	0,302	
ADITIVO C 3	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	9,00	762,00	0,388	
ADITIVO C 4	3/7/2018	13/7/2018	16/7/2018	17/7/2018	19,64	6,50	575,00	0,293	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

## GRUPO 1



**Gráfico 411 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.

## GRUPO 1

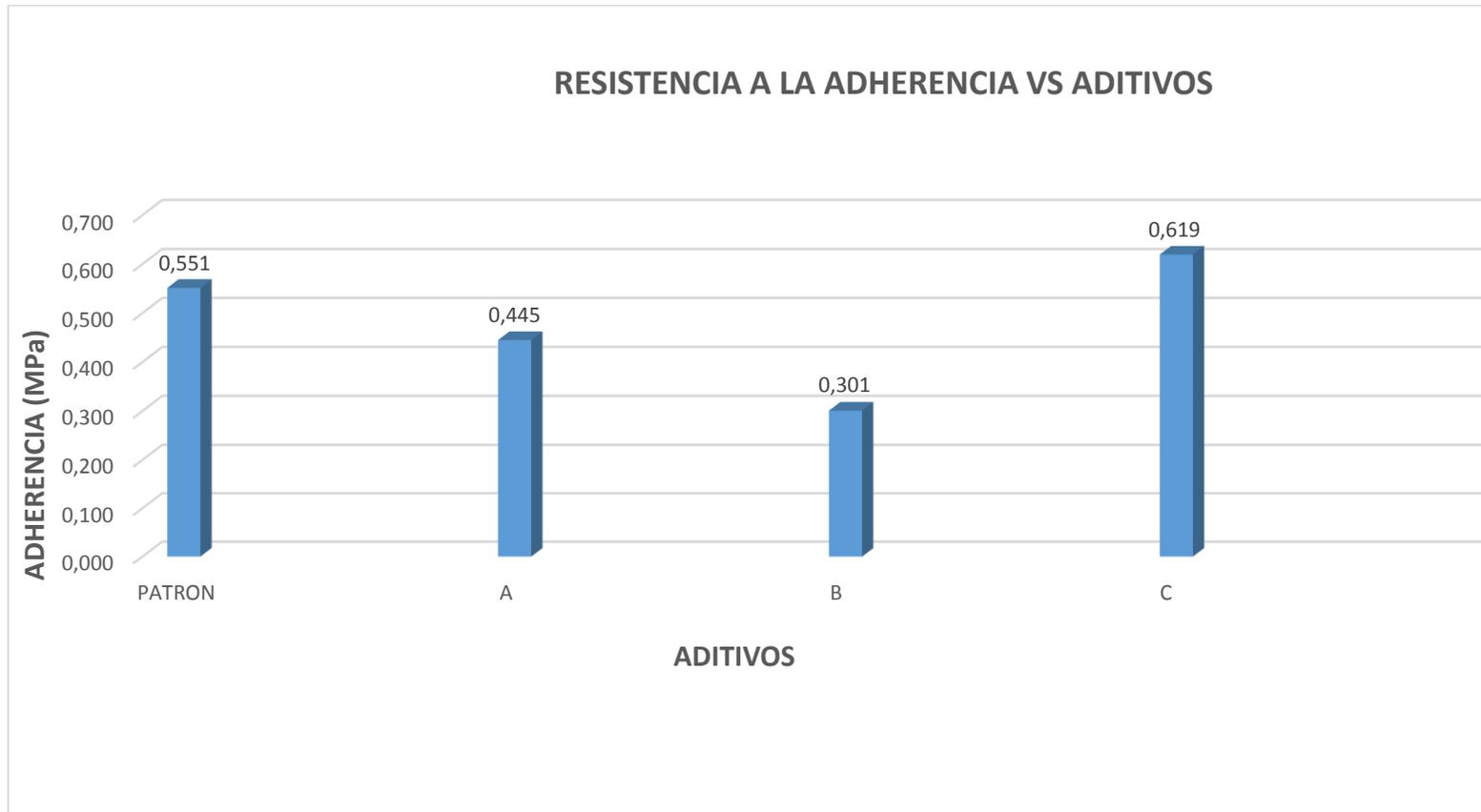
Tabla 14 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición

ENLUCIDA A 28 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	8,00	800,00	0,407	0,551
PATRON 2	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	9,90	1071,00	0,545	
PATRON 3	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	8,90	1046,00	0,533	
PATRON 4	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	9,30	1132,00	0,576	
ADITIVO A 1	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	7,00	749,00	0,381	0,445
ADITIVO A 2	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	8,00	863,00	0,439	
ADITIVO A 3	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	9,50	956,00	0,487	
ADITIVO A 4	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	8,10	802,00	0,408	
ADITIVO B 1	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	6,80	463,00	0,236	0,301
ADITIVO B 2	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	6,10	520,00	0,265	
ADITIVO B 3	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	7,00	619,00	0,315	
ADITIVO B 4	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	7,00	633,00	0,322	
ADITIVO C 1	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	10,10	940,00	0,479	0,619
ADITIVO C 2	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	12,90	1247,00	0,635	
ADITIVO C 3	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	11,70	1187,00	0,604	
ADITIVO C 4	3/7/2018	27/7/2018	30/7/2018	31/7/2018	19,64	12,00	1215,00	0,619	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.

## GRUPO 1



**Gráfico 422 Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

## GRUPO 2

Tabla 15 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

ENLUCIDA A 7 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,00	1005,00	0,512	0,504
PATRON 2	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,10	978,00	0,498	
PATRON 3	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	8,70	780,00	0,397	
PATRON 4	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,90	987,00	0,503	
ADITIVO A 1	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	9,60	891,00	0,454	0,449
ADITIVO A 2	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,00	936,00	0,477	
ADITIVO A 3	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	9,30	812,00	0,413	
ADITIVO A 4	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	9,00	889,00	0,453	
ADITIVO B 1	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	9,10	878,00	0,447	0,485
ADITIVO B 2	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,80	986,00	0,502	
ADITIVO B 3	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	9,00	893,00	0,455	
ADITIVO B 4	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	11,50	1051,00	0,535	
ADITIVO C 1	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	10,60	968,00	0,493	0,568
ADITIVO C 2	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	12,70	1103,00	0,562	
ADITIVO C 3	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	12,10	1190,00	0,606	
ADITIVO C 4	25/6/2018	2/7/2018	20/7/2018	23/7/2018	19,64	11,50	1054,00	0,537	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.

## GRUPO 2



**Gráfico 433 Cuadro Comparativo de los ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7 Días de Fundición.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

## GRUPO 2

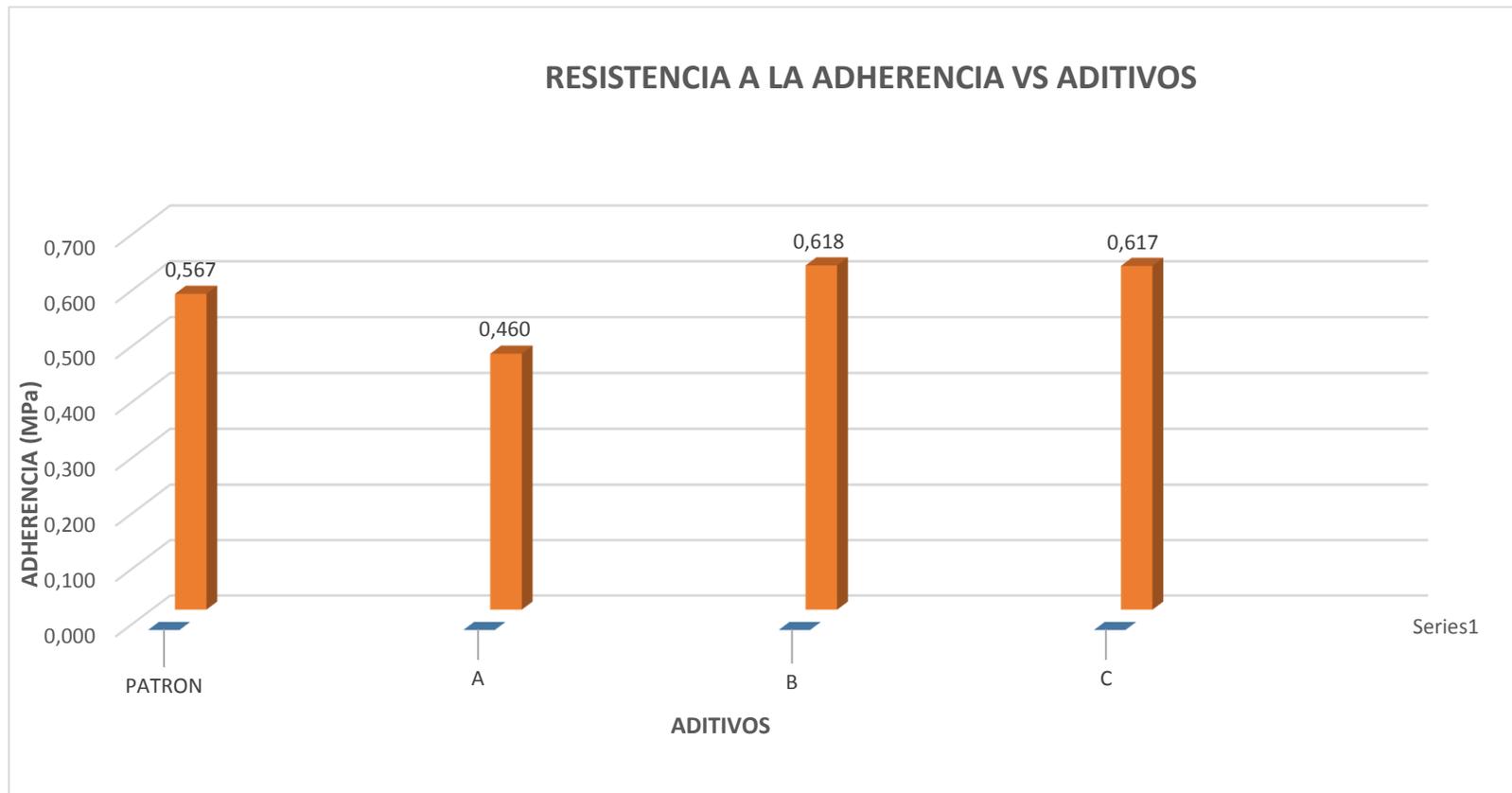
Tabla 16 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

ENLUCIDA A 14 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,7	1117,00	0,569	0,567
PATRON 2	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	10,8	945,00	0,481	
PATRON 3	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,6	1176,00	0,599	
PATRON 4	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	11,8	1049,00	0,534	
ADITIVO A 1	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	10,1	896,00	0,456	0,460
ADITIVO A 2	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	10,3	935,00	0,476	
ADITIVO A 3	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	9,3	841,00	0,428	
ADITIVO A 4	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	10,2	942,00	0,480	
ADITIVO B 1	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,7	1178,00	0,600	0,618
ADITIVO B 2	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	13,8	1237,00	0,630	
ADITIVO B 3	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,7	1192,00	0,607	
ADITIVO B 4	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	13,5	1249,00	0,636	
ADITIVO C 1	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12	1124,00	0,572	0,617
ADITIVO C 2	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,9	1203,00	0,613	
ADITIVO C 3	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	12,5	1198,00	0,610	
ADITIVO C 4	25/6/2018	9/7/2018	28/7/2018	30/7/2018	19,64	13,4	1236,00	0,629	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición.

## GRUPO 2



**Gráfico 444 Cuadro Comparativo de los ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 14 Días de Fundición. .**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.

## GRUPO 2

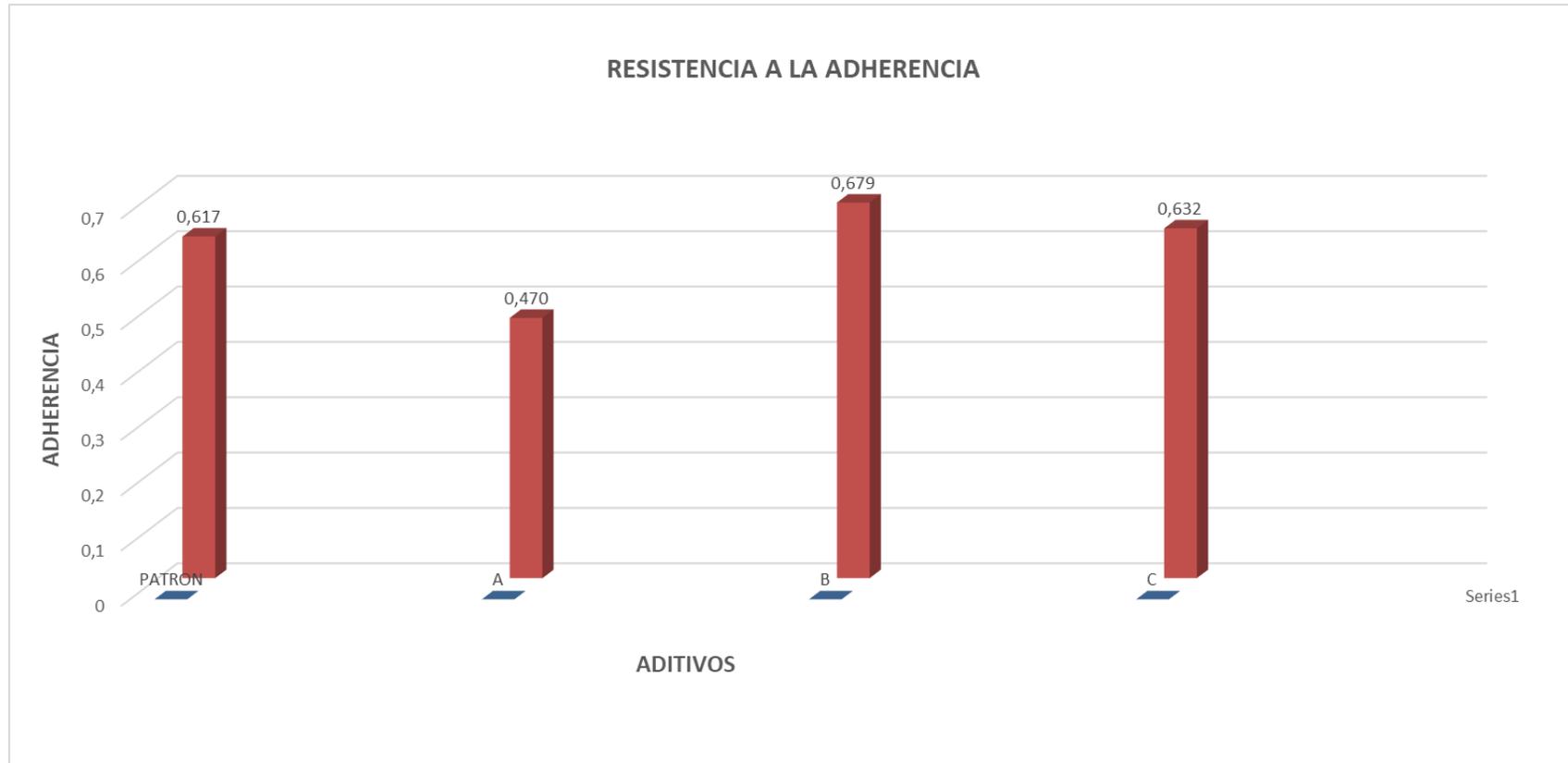
Tabla 17 Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición

ENLUCIDA A 28 DIAS DE FUNDIDA LA VIGA									
DESCRIPCIÓN DE MUESTRA	FECHA DE FUNDICIÓN	FECHA DE ENLUCIDO	FECHA DE PEGADO DE PASTILLAS	FECHA DE EXTRACCIÓN	ÁREA DE EXTRACCIÓN (cm <sup>2</sup> )	NÚMERO DE VUELTAS	FUERZA APLICADA N	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA MPa	PROMEDIO
PATRON 1	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	14,30	1293,00	0,658	0,628
PATRON 2	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,10	1146,00	0,584	
PATRON 3	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	12,70	1191,00	0,606	
PATRON 4	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,30	1219,00	0,621	
ADITIVO A 1	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	12,20	840,00	0,428	0,470
ADITIVO A 2	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	11,80	974,00	0,496	
ADITIVO A 3	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	12,50	931,00	0,474	
ADITIVO A 4	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,60	949,00	0,483	
ADITIVO B 1	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	14,90	1382,00	0,704	0,679
ADITIVO B 2	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,10	1243,00	0,633	
ADITIVO B 3	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	14,90	1319,00	0,672	
ADITIVO B 4	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	15,30	1387,00	0,706	
ADITIVO C 1	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	14,20	1295,00	0,659	0,632
ADITIVO C2	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,70	1210,00	0,616	
ADITIVO C 3	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	13,00	1208,00	0,615	
ADITIVO C 4	25/6/2018	23/7/2018	11/8/2018	13/8/2018	19,64	14,40	1252,00	0,637	

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

Cuadro Comparativo Entre el Ensayo de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.

## GRUPO 2.



**Gráfico 455 Cuadro Comparativo de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 28 Días de Fundición.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.6. Conclusiones preliminares.

#### 3.6.1. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición.

##### GRUPO 1

Tabla 18 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días

ADITIVO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
<b>PATRON</b>	0,111	0,189	0,551
<b>A</b>	0,060	0,335	0,445
<b>B</b>	0,072	0,234	0,301
<b>C</b>	0,069	0,336	0,619

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

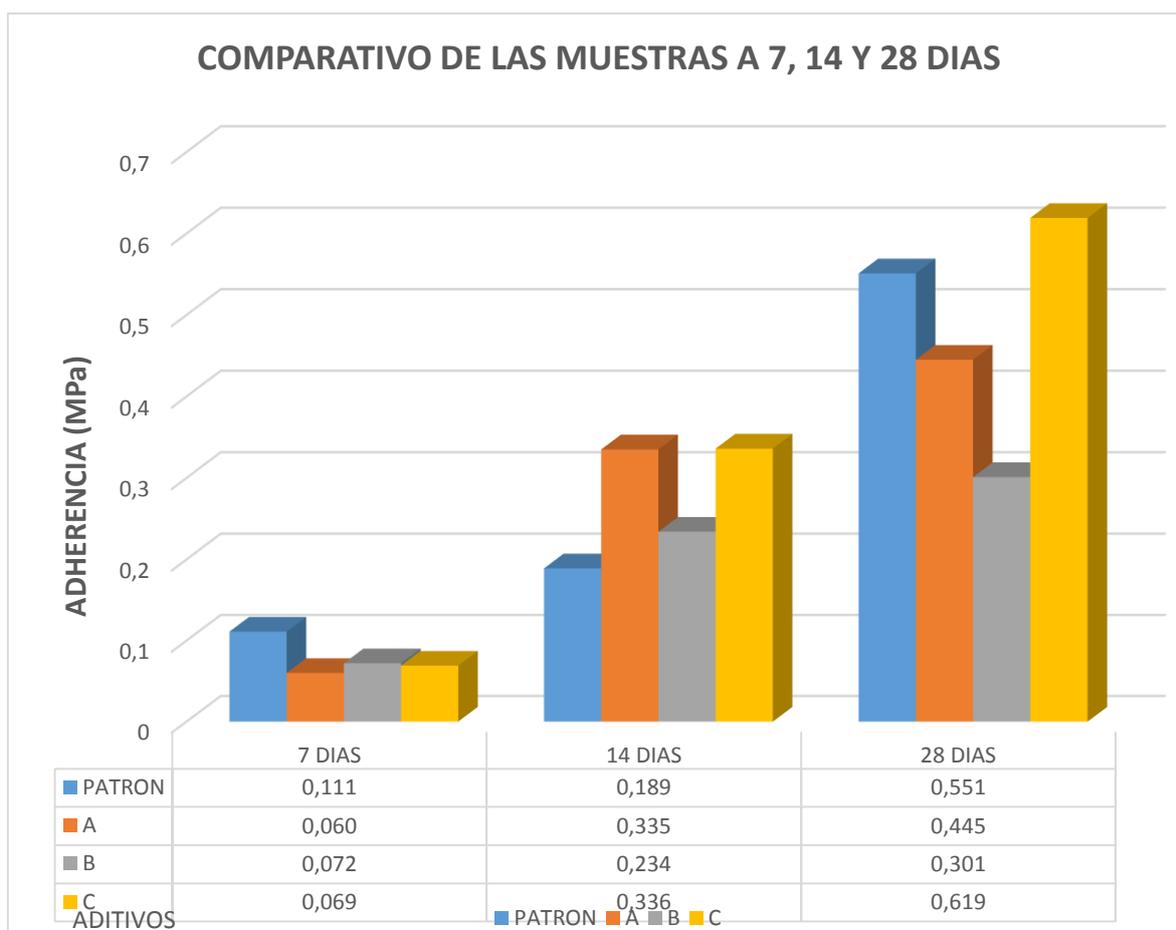


Gráfico 466 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.

Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

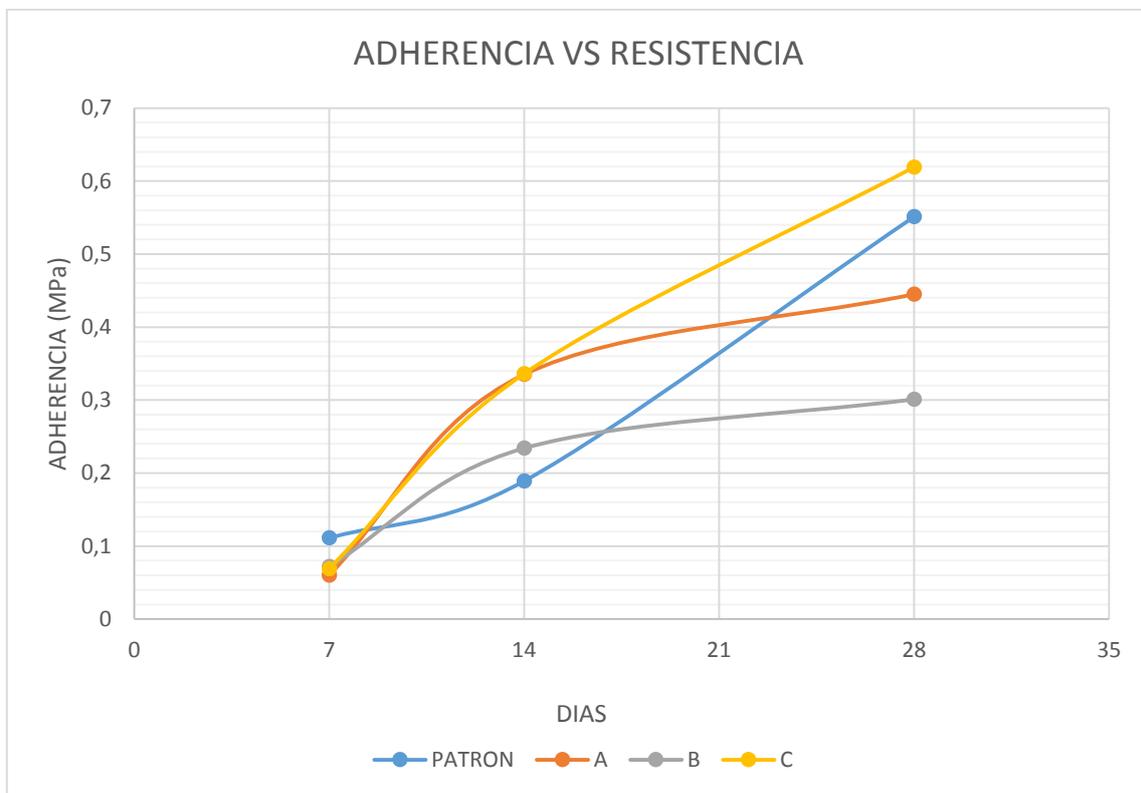
**3.6.2. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 3 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición.**

**GRUPO 1**

**Tabla 19 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días**

ADITIVO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
<b>PATRON</b>	0,111	0,189	0,551
<b>A</b>	0,060	0,335	0,445
<b>B</b>	0,072	0,234	0,301
<b>C</b>	0,069	0,336	0,619

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 477 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

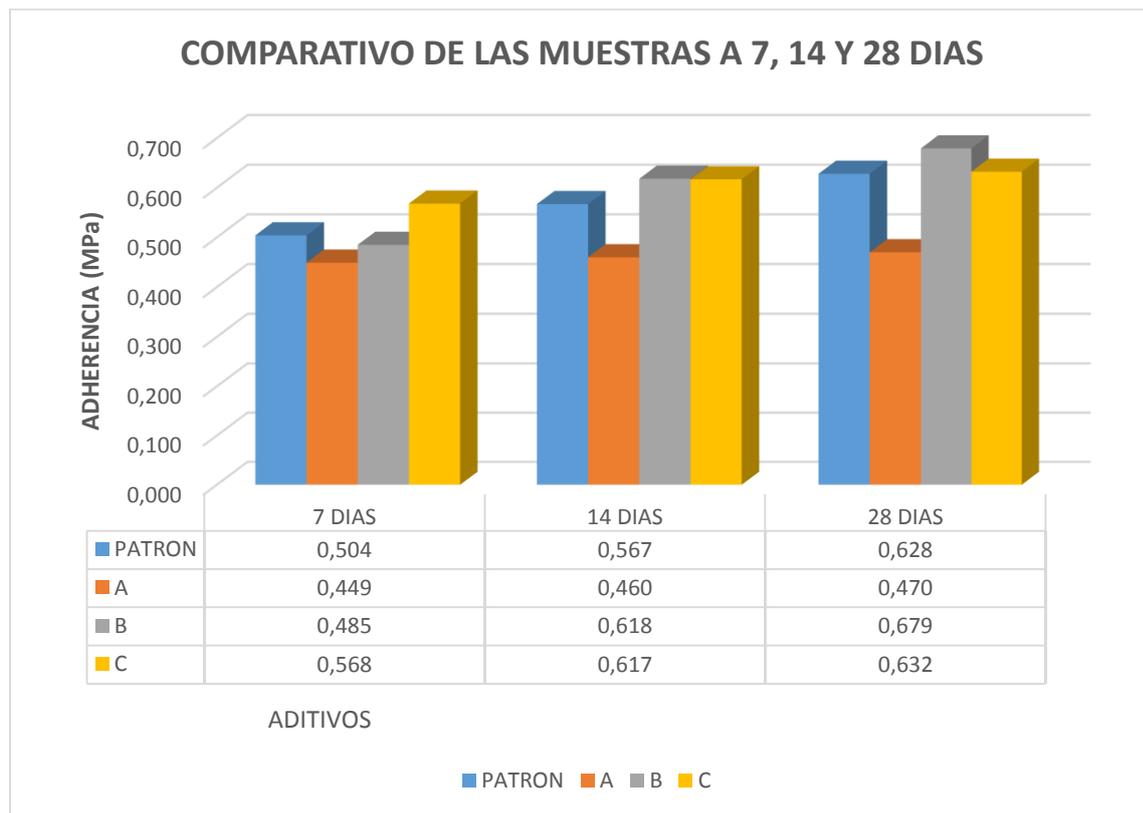
**3.6.3. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición.**

**GRUPO 2**

**Tabla 20 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días**

ADITIVO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
<b>PATRON</b>	0,504	0,567	0,628
<b>A</b>	0,449	0,460	0,470
<b>B</b>	0,485	0,618	0,679
<b>C</b>	0,568	0,617	0,632

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 488 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.**

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

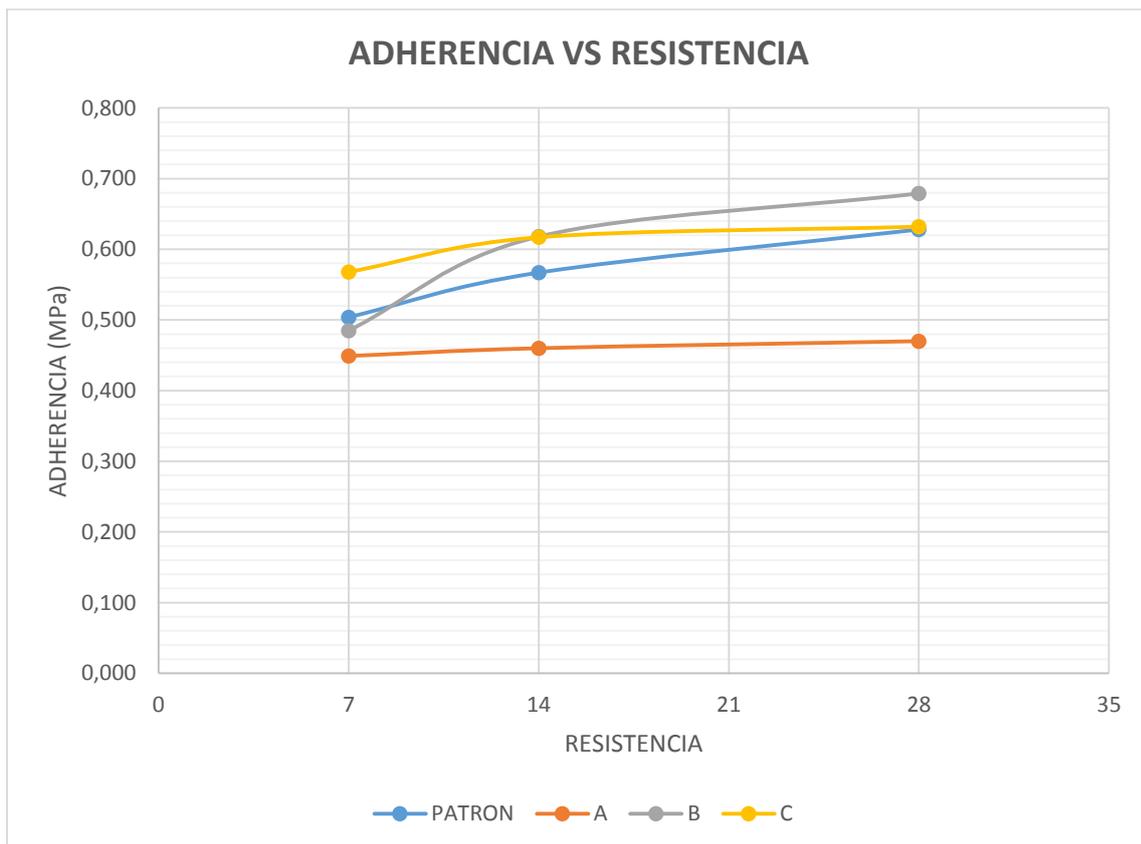
**3.6.4. Comparación de los Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Adherencia del Mortero en Mortero de 20 Días de Vida en Vigas de 7,14 y 28 Días de Fundición.**

**GRUPO 2**

**Tabla 21 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días**

ADITIVO	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
<b>PATRON</b>	0,504	0,567	0,628
<b>A</b>	0,449	0,460	0,470
<b>B</b>	0,485	0,618	0,679
<b>C</b>	0,568	0,617	0,632

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*



**Gráfico 499 Comparativa de las Muestras a 7,14 y 28 días.**  
*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

### 3.6.5. Análisis de costo - Rendimiento para los aditivos

Tal como se ha descrito; para el desarrollo del proyecto de investigación, se analizó el incremento de adherencia del mortero a elementos estructurales a partir de 3 tipos de aditivos y del patrón que consiste en la lechada agua / cemento

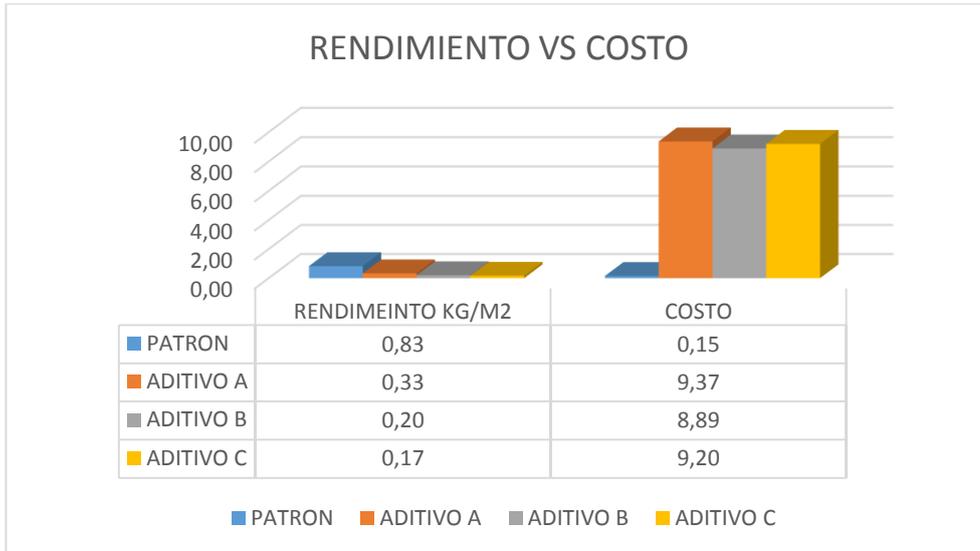
La forma de aplicación de los aditivos y del patrón fue como lechada adherente, y el área total a cubrir por cada uno de ellos fue de 0.60 metros cuadrados, razón por la cual se adquirió los aditivos en la presentación de 1kg (aditivos “A”, “B” y “C”) cuyos costos y rendimientos se describen en la tabla 12

**Tabla 22 Costos y rendimientos de aditivos y patrón**

CODIGO	ADITIVOS	CUBRE M2	RENDIMIENTO KG/M2	COSTO (DOLARES)
HLC	PATRON	1,20	0,83	0,15
S77	ADITIVO A	3,00	0,33	9,37
B14	ADITIVO B	5,00	0,20	8,89
MXL	ADITIVO C	6,00	0,17	9,20

*Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).*

Para la lechada agua-cemento se necesitó cubrir un área de 0.60 metros cuadrados, en donde se utilizó 0.5 kg de cemento para cubrir el área citada. Dado que los aditivos se adquirieron en una presentación de 1 kg, el análisis para la lechada de agua-cemento la realizamos con el mismo peso obteniendo la siguiente los siguientes comparativos de rendimientos y costos.



**Gráfico 500 Comparativo Costos y rendimientos de aditivos y patrón.**  
 Elaborado por Guaman Martillo, M; Ortiz Valverde, V (2018).

## Conclusiones

- El incremento de resistencia a la adherencia es directamente proporcional a la resistencia a la compresión simple o lo que es lo mismo a medida que la resistencia a la compresión simple se incrementa en un tiempo determinado, el parámetro de resistencia a la adherencia sufre un incremento en el mismo periodo de tiempo.
- El comportamiento anterior se evidencia con los tres aditivos estudiados y el patrón, en donde todos muestran un mayor incremento de adherencia inicial; (morteros con 3 días de aplicación) comparado con el valor del incremento en morteros con más días de aplicación (morteros con 20 días de aplicación).
- El valor de la adherencia inicial (morteros con 3 días de aplicación) es mayor en los morteros que fueron aplicados a elementos estructurales que tenían 28 días de fraguado y un 100% la resistencia a la compresión simple de diseño.
- El comportamiento anterior se evidencia en los 3 aditivos y el patrón, en diferentes magnitudes, en donde el aditivo C es el que muestra mayor resistencia a la adherencia inicial con 0.584 seguido del patrón con 0.515
- El valor de la resistencia a la adherencia en morteros que tienen 20 días aplicados en los elementos estructurales es mayor cuando dicha aplicación se realiza en los elementos estructurales que tienen 28 días de fraguado y un 100% la resistencia a la compresión simple de diseño.

- Dado el comportamiento anterior el aditivo B es el que da mayor resistencia a la adherencia con un valor de 0.679 seguido del aditivo C con 0.632 y del patrón con 0.617
  
- La aplicación del mortero en elementos estructurales es óptima cuando la resistencia a la compresión simple de dicho elemento alcanzó por lo menos el 90% de su resistencia de diseño.
  
- En términos económicos el patrón es el más óptimo puesto que me brinda un incremento de adherencia 10% menos que el mejor, pero con la ventaja de cubrir 10 veces más área al mismo costo

## **Recomendaciones**

- En cuanto al enlucido de elementos estructurales se recomienda empezar dichos trabajos cuando los elementos han llegado a los 28 días de fraguado o lo que es lo mismo cuando alcancen su resistencia a la compresión simple de diseño.
- El proceso de picado genera una mayor rugosidad en la superficie del elemento a enlucir por lo que se recomienda realizar dicho proceso y posterior al mismo limpiar las impurezas y polvos que pueden quedar en la superficie para poder iniciar con el proceso de enlucido.
- En términos de incremento de adherencia la lechada agua – cemento me genera valores que están a la par de los incrementos que se obtienen con la utilización de aditivos.

## Bibliografía

- Aditec. (s.f.). *Adhesivo acrílico para hormigones y morteros*. Obtenido de Betoncryl-14:  
<http://www.aditec-ec.com/productos/union-y-reparacion-de-hormigon/betoncryl-14/ficha-tecnica-betoncryl-14.pdf>
- Annual book of ASTM standard. Section four Construccion. (Volumen 4.05)*. (1999). Estados Unidos .
- Barahona Garrido, R. (1999). *Evaluación de los morteros premezclados para levantado en Guatemala*. Guatemala .
- Cabrera, J. L. (1995). *La adherencia de los morteros de albañilería*. Cuba.
- Disensa. (s.f.). *Adherencia a los morteros - Sika*. Obtenido de SikaTop 77 :  
<https://www.disensa.com.ec/sikatop-77-1-kg/p>
- EHE. (2008). *Instrucción del Hormigón Estructural, Comisión Permanente del Hormigón, Ministerio de Fomento*. España.
- Gallegos, H., & Carlos, C. (2005). Tecnología de Mortero. En H. Gallegos, & C. Carlos, *Albañilería Estructural* (págs. 130-131). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica de Perú.
- Gomá, F. (1979). *El cemento portland y otros aglomerantes*. Barcelona: Editores técnicos asociados, S.A.
- INTACO. (18 de Mayo de 2018). *ADHESIVOS Y ADITIVOS*. Obtenido de Maxicril:  
[https://www.intaco.com/sites/default/files/producto/guia-tecnica/ft\\_maxicril\\_0.pdf](https://www.intaco.com/sites/default/files/producto/guia-tecnica/ft_maxicril_0.pdf)
- kosmatka, S. H., & Panarese, W. C. (s.f.). *DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO*. 13th Edicion.

- Mas i Barberá, X. (2006). *UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*. Obtenido de ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS COMPUESTOS.: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1941/tesisUPV2517.pdf>
- NEC. (19 de Agosto de 2014). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda : <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>
- Piralla, & Meli. (2004). *DISEÑO ESTRUCTURAL. 2a edición*. Mexico D.F.: Limusa Noriega editores.
- Quiroz, M., & Salamanca, L. (Diciembre de 2016). *TECNOLOGÍA DEL HORMIGÓN*. Obtenido de <file:///C:/Users/Sonia/Downloads/Libro%20b%C3%A1sico%20sobre%20tecnolog%C3%ADa%20del%20concreto.pdf>
- Salamanca Correa, R. (diciembre de 2001). *redalyc*. Obtenido de La tecnología de los morteros: <http://www.redalyc.org/pdf/911/91101107.pdf>
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santa Fé de Bogotá. D.C-Colombia: Bhandar Editores Ltda.
- Trujillo Cebrián, J. J. (2012). *Pastas, morteros, adhesivos y hormigones*. Antequera, Málaga: Innova.

## ANEXOS.

Fotos de Visita a laboratorio para Realización de Ensayos.



Fotografías de Ensayo de Compresión.



Fotografías de Ensayo de Pull Off.

