

FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
TRADICIONAL Y EL CONCRETO PREDOSIFICADO
SECO, TRUJILLO 2020

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Nelvin Jeanlui Flores Molocho

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a esta importante etapa en mi vida profesional. A mis padres, por su apoyo constante y amor incondicional. A mi hermana, por su amor y porque siempre se mostró orgullosa de mí. A mi pareja, por amarme y darme fortaleza con cada palabra de aliento.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradezco a Dios por guiarme y darme fortaleza para seguir adelante. A mis padres y hermana, quienes son pilares principales para alcanzar mis objetivos. Al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (PRONABEC), por brindarme el apoyo económico durante mi carrera profesional, a las señoritas Carmen Racchumi, Maribel Torres y Virginia Tirado, por ofrecerme consejos para mejorar como persona y ser un buen profesional. Agradezco a la Ing. Zulema Ramírez, por su valiosa amistad y apoyo constante en la elaboración de este proyecto. Gracias a mi asesor de tesis, Ing. Alberto Vásquez Díaz, por su orientación en el desarrollo de esta investigación. Hago extensivo mi agradecimiento a la universidad, por los conocimientos brindados y por permitirme disponer del laboratorio de concreto para la elaboración de esta tesis. Finalmente, agradezco a todas las personas que me dieron su amistad, apoyo y confianza a lo largo de mi experiencia universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	12
RESUMEN.....	13
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática	14
1.1.1. Antecedentes.....	20
1.1.2. Bases teóricas.....	28
1.1.3. Definición de términos básicos	41
1.2. Formulación del problema	43
1.3. Justificación	43
1.4. Objetivos.....	44
1.4.1. Objetivo general.....	44
1.4.2. Objetivos específicos	44
1.5. Hipótesis	45
1.5.1. Hipótesis general.....	45
1.5.2. Hipótesis específicas	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	46
2.1. Tipo de investigación.....	46
2.1.1. Según el propósito	46

2.1.2.	<i>Según el diseño de investigación.....</i>	46
2.2.	Variables	47
2.3.	Operacionalización de variables	49
2.4.	Población y muestra.....	50
2.4.1.	<i>Población.....</i>	50
2.4.2.	<i>Muestra.....</i>	50
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	53
2.6.	Procedimiento	54
2.6.1.	<i>Caracterización de los agregados.....</i>	55
2.6.2.	<i>Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211.....</i>	69
2.6.3.	<i>Cantidad de agua para la mezcla de concreto predosificado seco.....</i>	74
2.6.4.	<i>Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.183, 2013).....</i>	74
2.6.5.	<i>Ensayos en el concreto en estado fresco</i>	78
2.6.6.	<i>Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034, 2015)</i>	84
2.6.7.	<i>Determinación de costos</i>	85
CAPÍTULO III. RESULTADOS		88
3.7.	Caracterización de los agregados.....	88
3.7.1.	<i>Caracterización del agregado fino.....</i>	88
3.7.2.	<i>Caracterización del agregado grueso</i>	88
3.8.	Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211	89
3.9.	Ensayos en el concreto en estado fresco	89
3.10.	Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.....	90
3.10.2.	<i>Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado</i>	90
3.10.3.	<i>Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado</i>	91

3.11.	Costos unitarios directos	92
3.11.1.	<i>Rendimiento de mano de obra</i>	92
3.11.2.	<i>Concreto tradicional</i>	92
3.11.3.	<i>Concreto predosificado seco</i>	93
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		94
4.1.	Discusión	94
4.1.1.	<i>Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión</i>	94
4.1.2.	<i>Análisis de costos</i>	98
4.2.	Conclusiones	100
4.3.	Recomendaciones	101
REFERENCIAS		103
ANEXOS		109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la variable 1	47
Tabla 2. Clasificación de la variable 2	48
Tabla 3. Operacionalización de la variable 1	49
Tabla 4. Operacionalización de la variable 2	49
Tabla 5. Valores de la distribución normal estandarizada.....	50
Tabla 6. Cálculo del tamaño de muestra.	51
Tabla 7. Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión	52
Tabla 8. Número de especímenes para determinar el rendimiento de la mano de obra	52
Tabla 9. Unidad de estudio para cada ensayo	53
Tabla 10. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico.....	55
Tabla 11. Cantidad mínima de la muestra de ensayo para determinar el contenido de humedad	58
Tabla 12. Capacidad mínima del recipiente	60
Tabla 13. Densidad del agua en función a la temperatura.....	61
Tabla 14. Masa mínima de muestra para determinar la densidad relativa y porcentaje de absorción	63
Tabla 15. Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles de la resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores.....	69
Tabla 16. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción	69
Tabla 17. Requisitos aproximados de contenido de agua de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado	70
Tabla 18. Porcentaje aproximado de aire atrapado en concreto sin aire incorporado	70
Tabla 19. Relación agua - material cementante en función a la resistencia a la compresión del concreto	71
Tabla 20. Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	72
Tabla 21. Número de capas requeridas por espécimen cilíndrico	76

Tabla 22. Diámetro de varilla y número de varillado por capa a usar en la elaboración de especímenes cilíndricos de prueba	77
Tabla 23. Capacidad del recipiente de medida en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso	81
Tabla 24. Método de consolidación del concreto en función de su asentamiento.....	82
Tabla 25. Número de golpes en función a la capacidad del recipiente de medición.....	82
Tabla 26. Consideraciones por tomar en cuenta para determinar precios unitarios	86
Tabla 27. Resultados de los ensayos de caracterización del agregado fino	88
Tabla 28. Resultados de los ensayos de caracterización del agregado grueso	88
Tabla 29. Valores de diseño para un metro cúbico de concreto	89
Tabla 30. Cantidad de material de una tanda para 20 probetas de 4" de diámetro por 8" de profundidad	89
Tabla 31. Resultados de los ensayos en el concreto en estado fresco	89
Tabla 32. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado	90
Tabla 33. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado	90
Tabla 34. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado	91
Tabla 35. Rendimiento de mano de obra para un jornal de 8 horas	92
Tabla 36. Costo unitario directo por m ³ del concreto mezclado de manera tradicional	92
Tabla 37. Costo unitario directo por m ³ del concreto predosificado seco	93
Tabla 38. Análisis granulométrico del agregado fino	112
Tabla 39. Análisis granulométrico del agregado grueso	113
Tabla 40. Contenido de humedad del agregado fino.....	115
Tabla 41. Contenido de humedad del agregado grueso.....	115
Tabla 42. Densidad de masa compactada del agregado fino.....	116
Tabla 43. Densidad de masa compactada del agregado grueso.....	116
Tabla 44. Densidad de masa suelta del agregado fino	117
Tabla 45. Densidad de masa suelta del agregado grueso	117

Tabla 46. Densidad y densidad relativa del agregado fino.....	118
Tabla 47. Densidad y densidad relativa del agregado grueso	118
Tabla 48. Porcentaje de absorción del agregado fino.....	119
Tabla 49. Porcentaje de absorción del agregado grueso	119
Tabla 50. Características de los agregados.....	120
Tabla 51. Densidad (peso unitario) del concreto predosificado seco.....	123
Tabla 52. Densidad (peso unitario) del concreto tradicional.....	123
Tabla 53. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 7 días de curado	124
Tabla 54. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 7 días de curado	124
Tabla 55. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 14 días de curado	125
Tabla 56. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 14 días de curado.....	125
Tabla 57. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 28 días de curado	126
Tabla 58. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 28 días de curado.....	127
Tabla 59. Porcentajes de beneficios y leyes sociales de edificación a cargo del empleador aplicable sobre la remuneración básica vigente de 01/06/2019 al 31/05/2020.....	130
Tabla 60. Cálculo de incidencia de las leyes sociales en la bonificación unificada de construcción sobre la remuneración básica al 01/06/2019	131
Tabla 61. Costo horas - hombre en edificación del 01/06/2019 al 31/05/2020.....	132
Tabla 62. Rendimiento de la mano de obra por tipo de concreto.....	133
Tabla 63. Porcentaje de desperdicios promedio	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concreto rápido, 40 kg.....	32
Figura 2. Diseño de investigación	46
Figura 3. Procedimiento de la tesis	54
Figura 4. Edad vs resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco.....	95
Figura 5. Edad vs resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional	96
Figura 6. Edad vs resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco.....	96
Figura 7. Comparación de la resistencia a la compresión de especímenes de concreto tradicional y concreto predosificado seco	97
Figura 8. Comparación de costos de mano de obra.....	98
Figura 9. Comparación de costos de materiales	99
Figura 10. Comparación de costos entre el concreto tradicional y el concreto predosificado seco .	99
Figura 11. Ficha técnica del concreto predosificado seco "Concreto Rápido"	109
Figura 12. Ficha técnica del Cemento Portland Tipo MS	110
Figura 13. Dimensiones y cantidad de especímenes para determinar el rendimiento de la mano de obra.....	111
Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino.....	114
Figura 15. Curva granulométrica del agregado grueso	114
Figura 16. Días laborados en el periodo de vigencia del 01/06/2019 al 31/05/2020	128
Figura 17. Cantidad de material para columnas tanto de concreto tradicional como de concreto predosificado seco.....	134
Figura 18. Ejecución del ensayo de granulometría de los agregados.....	136
Figura 19. Ejecución del ensayo para determinar la densidad de masa compactada de los agregados	137

Figura 20. Ejecución del ensayo para determinar la densidad de masa suelta de los agregados ...	138
Figura 21. Ejecución del ensayo de densidad relativa del agregado fino.....	139
Figura 22. Ejecución del ensayo de densidad relativa del agregado grueso	140
Figura 23. Elaboración de testigos cilíndricos de concreto predosificado seco	141
Figura 24. Elaboración de testigos cilíndricos de concreto tradicional.....	142
Figura 25. Determinación del asentamiento, temperatura y densidad del concreto tradicional y concreto predosificado seco	143
Figura 26. Desencofrado y curado de los especímenes de concreto tradicional y concreto predosificado seco.....	144
Figura 27. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto	145
Figura 28. Determinación del rendimiento de mano de obra en la partida de concreto en columnas	146

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tamaño de muestra	50
Ecuación 2. Módulo de finura	57
Ecuación 3. Porcentaje de humedad del agregado	59
Ecuación 4. Volumen del recipiente	62
Ecuación 5. Densidad de masa de agregado suelto o compactado	62
Ecuación 6. Densidad relativa del agregado grueso secado al horno	65
Ecuación 7. Densidad del agregado grueso secado al horno	65
Ecuación 8. Porcentaje de absorción del agregado grueso	65
Ecuación 9. Densidad relativa del agregado fino secado al horno	68
Ecuación 10. Densidad del agregado fino secado al horno	68
Ecuación 11. Porcentaje de absorción del agregado fino	68
Ecuación 12. Cantidad de cemento	71
Ecuación 13. Peso seco de agregado grueso	72
Ecuación 14. Volumen absoluto de los materiales	72
Ecuación 15. Peso seco de agregado fino	73
Ecuación 16. Corrección por humedad de los agregados	73
Ecuación 17. Corrección por absorción de los agregados	73
Ecuación 18. Agua efectiva de la mezcla	73
Ecuación 19. Peso corregido de cemento	74
Ecuación 20. Densidad del concreto	83
Ecuación 21. Resistencia a compresión	85

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo realizar el análisis comparativo de costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco, ambos de 210 kg/cm², en Trujillo. El diseño de la investigación es no experimental, transversal – descriptivo; se realizó un muestreo probabilístico aleatorios simple para determinar la cantidad de especímenes cilíndricos de concreto sometidas a compresión axial a los 7, 14 y 28 días de curado, y se hizo un muestreo no probabilístico por juicio para determinar la cantidad de columnas, sin acero de refuerzo, para establecer el rendimiento de mano de obra que influirá en la comparación de costos. Finalmente, se observó que el concreto predosificado seco es más conveniente que el concreto tradicional tomando en cuenta todas las variables analizadas, ya que, los testigos de concreto embolsado alcanzaron en promedio una resistencia de aproximadamente 133 % de la resistencia requerida. Además, resulta ser aproximadamente 21 % más económico que el concreto mezclado de manera tradicional tomando en cuenta los costos de mano de obra y materiales.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La construcción ha estado inmersa en el desarrollo y avance tecnológico de todas las civilizaciones del mundo. La relevancia de esta industria sigue siendo transversal en todas las economías, pues moviliza una gran cantidad de insumos, impulsa significativamente la generación de empleos, y contribuye en un porcentaje importante en la formación de capital de los países (Ortega, Sarmiento, & Villegas, 2016).

Entre las soluciones para enfrentar los retos de la construcción de infraestructura a nivel mundial destaca el desarrollo de materiales de alto desempeño, sin lugar a duda el concreto es la mejor alternativa al respecto. Es el material de construcción más ampliamente utilizado en el mundo debido a su versatilidad, desarrollo de tecnologías que lo han llevado a límites insospechados en su desempeño, usos y aplicaciones (Ceballos, 2016).

Uno de los materiales más utilizados en el sector de la construcción en México es el concreto. Su manejabilidad permite realizar estructuras con todo tipo de formas. Además, al ser un material de uso y conocimiento mundial, se ha fomentado todo tipo de investigación relacionada con este material, dando paso a descubrimientos de nuevas tecnologías que se encargan de potencializar sus propiedades y en algunos casos cuidar la economía del proyecto (Villa, 2018). El concreto predosificado seco es una muestra de la investigación, sin embargo, su uso no es muy fomentado por la falta de información.

El concreto hidráulico juega un papel importante en el ambiente de la construcción en Colombia, ya que por ser un material con compuestos aglutinantes (cemento hidráulico), agregados (grava y arena), agua y eventualmente aditivos; es el material

más utilizado en la industria de la construcción (Agudelo & Espinosa, 2017). La mezcla de concreto no siempre se realiza de manera adecuada, la mala manipulación de los materiales conlleva a obtener mayores desperdicios y por consiguiente aumento de costos. Además, afecta negativamente a la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

El material que ha sido utilizado en la construcción desde mucho tiempo atrás en Chile es el concreto, el cual ha ido evolucionando y mejorando a lo largo de la historia. El perfeccionamiento del concreto no se ha detenido, ya que al mismo tiempo se han creado aditivos que se utilizan para mejorar y cambiar una o varias cualidades del concreto (García, 2017). Los aditivos son requeridos en situaciones específicas, significa que no siempre son necesarios. Las infraestructuras en su mayoría están conformadas por concreto, funciona bien cuando es preparado correctamente, pero si las proporciones de agregados, cemento o la cantidad de agua no es la adecuada, la resistencia a la compresión no será la deseada como ocurre generalmente en las construcciones informales.

Rojas (2010) afirma que, dentro de la construcción en el Perú, el concreto es el elemento principal para poder consolidar las obras civiles. En el ámbito nacional, cuando una persona de bajos recursos quiere construir recurre a la autoconstrucción. Después de comprar los materiales, los expone a la intemperie hasta poder juntar los recursos para iniciar la construcción, lo que conlleva a obtener un mal concreto debido a que los materiales han sido contaminados por agentes externos. Con el paso del tiempo las tecnologías van mejorando y las dificultades en su manejo son mayores, es así, que por una necesidad de tener un concreto ya preparado en pequeñas proporciones, nace el concreto predosificado seco. Este producto es mezclado en

planta, pero desde el momento en que el acreedor recibe el producto sufre diferentes problemas ya sea en el uso de la cantidad de agua recomendada o la forma de almacenamiento.

En Trujillo, uno de los materiales indispensables para las obras de infraestructura es el concreto. Es común que en la mayoría de las obras civiles no tengan un control adecuado de materiales, y existe una cantidad importante de desperdicios de recursos debido a que son elaboradas empíricamente, es decir, no establecen proporciones adecuadas de los materiales que componen el concreto para obtener la resistencia a la compresión requerida según las normas y especificaciones técnicas establecidas. No optan por materiales controlados en fábrica donde ahorrarían tiempo y recursos (Morillas & Plasencia, 2018).

La Norma Técnica Peruana 339.034 (2015) establece el proceso para la determinación de la resistencia a la compresión de concretos con peso unitario mayores de 800 kg/m^3 en probetas cilíndricas. Esta normativa menciona a las normas con las que debe haber conformidad antes de realizar el ensayo. Detalla los aparatos necesarios, los requerimientos de las probetas y los cálculos.

Rojas (2010) asevera que los concretos embolsados alcanzan altas resistencias a la compresión siguiendo las recomendaciones del proveedor, llegando a la resistencia de diseño a los 14 días debido a que estos concretos al ser embolsados y estar almacenados en diferentes partes hasta el momento de su uso deben de conservar la resistencia de diseño estipulada en el empaque, por tal razón son diseñados para resistencias mayores a las establecidas.

Morillas & Plasencia (2018) encontraron que el concreto premezclado en seco llega a una resistencia a la compresión requerida a los 28 días, alcanzando valores entre

275.12 kg/cm² a 313.50 kg/cm², estas resistencias que pasan el requerimiento de 210 kg/cm² se debe a que se agregan un factor de seguridad en el caso que no se encuentre un registro de probetas ensayadas.

Irungaray (2007) afirma que la mayoría de los resultados de resistencia a la compresión demuestra que se despacha concreto premezclado con resistencia satisfactoria a lo exigido por el cliente. La variación de resistencias a la compresión entre los muestreos radica en el asentamiento de cada mezcla debido al incremento de relación agua cemento, causado por la adición de agua en el remezclado del concreto.

Es evidente que no siempre se lleva un control de los materiales en la construcción, especialmente en la construcción informal. El almacenamiento inadecuado de los materiales y la mala dosificación afecta a la calidad del concreto poniendo en riesgo la seguridad de las personas. El concreto predosificado seco es una forma de lidiar con estos problemas, pero su uso se ha restringido por la falta de conocimiento. Los estudios realizados sobre concreto embolsado indican que la resistencia a la compresión de este concreto resulta incluso mayor a lo requerido, hecho que será corroborado en esta investigación.

Concretos Supermix S.A. es una empresa del Consorcio Cementero del Sur S.A., y forma parte del conglomerado de empresas del Grupo Gloria. Con altos estándares en seguridad, calidad y respeto con el medio ambiente, Supermix es líder en producción y comercialización de concreto premezclado, concreto seco, agregados para la construcción, productos prefabricados de concreto y varios otros productos y servicios para la construcción. Elaboran concreto seco de cualquier tipo de resistencia a la compresión, de acuerdo con los requerimientos del cliente, diseñado para ser usado en losas, cimentaciones, columnas, vigas, zapatas, etc.

QUIKRETE PERU es una asociación de empresarios peruanos con The Quikrete Companies de Estados Unidos, con el objetivo de producir mezclas secas con cemento listas para usar, así como toda una línea de productos altamente sofisticados para la industria de la construcción. La calidad de los agregados y del cemento utilizado en la producción de concreto predosificado seco, cumple con los más estrictos controles de calidad. Además, la mezcla seca que producen está diseñada para alcanzar una resistencia a la compresión de 100 kg/cm², 140 kg/cm², 175 kg/cm², 210 kg/cm², 245 kg/cm², 280 kg/cm², 315 kg/cm² y 350 kg/cm². Puede ser empleado en escaleras, columnas, pisos, etc.

Uno de los más graves problemas que afecta a nuestro país es el alto índice de construcción informal. Esto no solo genera un crecimiento desordenado en las ciudades, sino que también resulta peligroso para las familias que edifican en terrenos vulnerables y con materiales inadecuados (Peruanos de Calidad, 2017). Según el diario Perú 21 (2017), el 75% de edificaciones construidas en los últimos años en Trujillo se hicieron de manera informal. Significa que gran parte de la población no utilizan concreto con las características requeridas según las Normas Técnicas Peruanas (NTP) establecidas.

En la etapa de producción del concreto se introducen variaciones, que pueden influir en la resistencia u otro requerimiento. Una fuente es la Variación en las propiedades, tales como el cambio en la relación A/C, requerimientos de agua, características de los ingredientes, transporte y colocación, temperatura y curado. La otra es la Variación en los métodos de prueba, entre los cuales se puede señalar el procedimiento incorrecto de muestreo, la técnica de fabricación de cilindros, moldes de calidad deficiente, cambios durante curado y el procedimiento de pruebas. La variabilidad del concreto

debe ser considerada en un programa para el control de calidad, ya que por tratarse de un material estructural tiene fuerte impacto en la seguridad pública (Patiño & Rosalín, 2005).

EL Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción ([SENCICO], 2014) menciona que las propiedades del concreto (resistencia, durabilidad, fluidez, trabajabilidad, entre otras.) están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas del cemento, agua y agregados, es por ello la importancia de usar un cemento adecuado, agua potable y agregados de calidad. Es importante poner atención a la preparación, colocación y cuidados del concreto para que en estado endurecido cumpla con los requisitos de resistencia y durabilidad esperados. La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, fluidez y cohesividad que permita su adecuada colocación en los encofrados. Esta mezcla deberá estar libre de segregación (separación del agregado grueso de la mezcla) y tener una exudación (afloramiento hacia la superficie del agua como consecuencia de la sedimentación de los agregados) mínima. La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura, generalmente la resistencia a la compresión a 28 días de tiempo, la cual esta especificada en los planos, expresada en kg/cm^2 . Solo está permitido el mezclado mecánico (con trompos mezcladores o mezcladores de eje vertical) para la fabricación o mezclado de concreto fresco. Está totalmente prohibido el mezclado manual o usando palas. Sin embargo, las recomendaciones documentadas acerca de la preparación, colocación y cuidados del concreto no son tomadas en cuenta en la autoconstrucción, lo que conlleva a las malas prácticas en la fabricación del concreto. La incorrecta selección de los materiales, el almacenamiento inadecuado, el tamaño

incorrecto de los agregados, la falta de un diseño o dosificación adecuado son las principales causas de problemas en el concreto.

La resistencia a la compresión es una característica mecánica importante del concreto, a través de esta propiedad se puede avaluar la calidad del concreto en términos de esfuerzo. El análisis de costos no es menos importante, debido a que la toma de decisiones en la construcción se basa en los medios económicos disponibles para realizar las obras. Es por ello, por lo que en esta investigación se pretende mostrar el análisis comparativo de la resistencia a la compresión y costos de materiales y mano de obra entre el concreto tradicional y el concreto predosificado seco. Este trabajo también se desarrolla con el interés de disminuir los problemas en el concreto, debido a los factores mencionados anteriormente que toman lugar principalmente en la construcción informal. Además, se quiere ampliar la información sobre el concreto predosificado seco y plantearlo como alternativa para contrarrestar los efectos de las malas prácticas en el mezclado del concreto tradicional.

1.1.1. Antecedentes

Título: “PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA PREDOSIFICADA Y PREMEZCLADA DE MORTERO Y CONCRETO AL VACÍO PARA LA UTILIZACIÓN EN OBRA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER”

Guerrero & Prado (2017) elaboraron una mezcla predosificada y premezclada al vacío mediante ensayos de laboratorio, que permita un manejo en cuanto al almacenamiento y transporte de los materiales utilizados para la preparación del concreto y mortero en las diferentes actividades de construcción en el municipio de Ocaña del departamento de Norte de Santander en Colombia. Para la

ejecución del proyecto tomaron como población tres obras de construcción presentes en el municipio de Ocaña. También se tomó un número representativo de maestros de obra y de ingenieros civiles, a los cuales se les realizó una encuesta para estudiar las problemáticas relacionadas con las mezclas de concreto y mortero; además de esto, conocer opinión con respecto a las mezclas predosificadas. Inicialmente se realizaron ensayos a los materiales a emplear con el fin de conocer sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales son fundamentales para la realización del diseño de mezclas para cada una de las resistencias que se trabajaron siendo estas 2500 psi, 3000 psi y 3500 psi para el concreto y 75 Kg/cm^2 , 125 Kg/cm^2 y 140 Kg/cm^2 para el mortero; seguido de esto se realizó el proceso de empacado al vacío de las muestras necesarias para los ensayos y se procede a la elaboración de las probetas las cuales se hicieron cada mes por un transcurso de tres meses, teniendo en cuenta lo estipulado en la norma del instituto nacional de vías (INVIAS), la cual menciona el procedimiento a seguir para la elaboración, curado y realización de los ensayos de resistencia a la compresión para los cilindros de concreto y los cubos de mortero. Se llegó a concluir que la resistencia a la compresión no presentó un patrón constante de crecimiento o disminución respecto al tiempo. Además, se determinó que las resistencias obtenidas fueron superiores a los estipulado previamente en el diseño de mezclas. Se estableció que uno de los factores más importantes para obtener un concreto o mortero de buena calidad es el agua, ya que el no suministrar la cantidad exacta del mismo incidirá negativamente en las propiedades del concreto.

Este estudio sirvió de aporte para el análisis de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado y la influencia de los procesos de fabricación de la mezcla en dicha propiedad mecánica, ya que se evaluaron las deficiencias en la elaboración de concreto a través de ensayos y encuestas en algunas obras de construcción.

Título: “CALIDAD DEL CONCRETO”

Aragón (2005) evaluó la calidad del concreto utilizado en obra, en construcciones del área metropolitana mediante un muestreo aleatorio, en el cual se determine la resistencia del concreto que se está utilizando. Se realizó un muestreo en 30 construcciones que se encontraban en la etapa de obra gris, se tomaron un total de 90 cilindros, 3 en cada obra. Se consideró pertinente que el área de las viviendas fuera de menos de 300m². Mediante la prueba de resistencia a la compresión simple de cilindros de concreto, se determinó cuáles concretos cumplen o no con las especificaciones del Código Sísmico de Costa Rica. Además, se realizaron pruebas de revenimiento, se anotaron las virtudes o deficiencias acaecidas durante el proceso de fabricación del concreto. Es importante indicar que todas las muestras correspondieron a elementos estructurales de concreto. Llegó a la conclusión que el concreto de un 53% de las muestras de obras sondeadas no cumplen con la norma establecida debido a las malas prácticas observadas en la fabricación de la mezcla. Determinó que el problema del concreto hecho en obra radica en el exceso de agua en las mezclas, que es una práctica común con el fin de obtener concretos con mayor manejabilidad para el moldeo.

Este estudio aportó en la determinación de los factores que afectan a la resistencia a la compresión del concreto, ya que se evaluó la calidad del concreto fabricado convencionalmente en diferentes obras de algunos cantones de Costa Rica, para brindar un panorama de las deficiencias que se presentan en la elaboración de este material a raíz de las malas prácticas dadas principalmente en la autoconstrucción.

Título: “EVALUACIÓN DEL VOLUMEN Y CALIDAD DEL CONCRETO PREMEZCLADO ENTREGADO EN OBRA POR CAMIONES MEZCLADORES EN EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, SEGÚN LA NORMA ASTM C-94”

Irungaray (2007) evaluó el volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra, de acuerdo con los procedimientos y especificaciones de la norma ASTM C-94 (Especificación estándar para concreto premezclado). Dicha evaluación se realizó con el apoyo de Duracreto, empresa dedicada a la producción de concreto premezclado. Se realizaron treinta muestreos aleatorios en proyectos dentro del departamento de Guatemala. La muestra fue un concreto convencional con f'_c de 210 kg/cm² (3000 psi), entregado en obra por los camiones mezcladores. A las mezclas de concreto, se les evaluaron las características de peso unitario, asentamiento, contenido de aire, temperatura y resistencia a la compresión, para determinar el volumen real entregado y la calidad del concreto premezclado. Concluyó, que la mayoría de los resultados de resistencia a la compresión demuestra que se despacha concreto premezclado con resistencia satisfactoria a lo exigido por el cliente. Además, se determinó que la variación de resistencias a la compresión entre los muestreos radica en el

asentamiento de cada mezcla debido al incremento de relación aguacemento, causado por la adición de agua en el remezclado del concreto.

El estudio sirvió de aporte para comprender los fundamentos y procedimientos para la evaluación de la calidad del concreto premezclado, incluyendo equipo, muestreos, ensayos y cálculos. También presentan los factores que pueden afectar la resistencia a la compresión de dicho material estructural.

Título: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO SECO EN CONDICIONES PRODUCIDAS Y RECOMENDADAS”.

Rojas (2010) comparó el comportamiento de concreto embolsado teniendo como factor de estudio el cambio de sus propiedades de acuerdo con las condiciones producidas y recomendadas. Se usaron dos productos: QUIKRETE Y FIRTH, los cuales fueron almacenados a la intemperie y de manera óptima durante 30 días. Además, se mezclaron de forma manual y a través de un trompo variando la cantidad de agua. Para cada diseño se evaluó el asentamiento, peso unitario, tiempo de fragua inicial y final, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción por compresión diametral. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para 3, 7, 14 y 28 días. Se llegó a concluir que los concretos embolsados alcanzan altas resistencias a la compresión siguiendo las recomendaciones del proveedor, llegando a la resistencia de diseño a los 14 días debido a que estos concretos al ser embolsados y estar almacenados en diferentes partes hasta el momento de su uso deben de conservar la resistencia de diseño estipulada en el empaque, por tal razón son diseñados para resistencias mayores a las establecidas.

Este estudio aportó un análisis sobre la influencia de la cantidad de agua, forma de mezclado y el sistema de almacenamiento en la obtención de concreto con las características deseadas. Además de contrastar dos alternativas como remplazo del concreto de fabricación tradicional.

Título: “CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN CONCRETO PREMEZCLADO EN SECO “CONCRETO RÁPIDO” $f'c=210\text{KG}/\text{CM}^2$ Y SU COSTO COMPARATIVO”

Morillas & Plasencia (2018) realizaron un estudio de las características mecánicas de un concreto premezclado en seco $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y su costo comparativo. Se realizaron ensayos de asentamiento, temperatura, densidad (peso unitario) y rendimiento, contenido de aire, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción por compresión diametral y resistencia a la tracción por flexión. El Mezclado de concreto se realizó según las especificaciones técnicas del fabricante, 5 litros de agua por bolsa de 40 kg, en tanda se utilizó 1.5 bolsas de cemento agregando 7.5 litros de agua mezclado en trompo. Los ensayos de compresión de probetas cilíndricas de 4” x 8” se realizaron a las edades de 3, 7 y 28 días. La comparación de costos se realizó mediante partidas de concreto $f'c=210 \text{ kg}/\text{cm}^2$, de algunas obras de la provincia de Trujillo, la provincia de Otuzco, y el caserío de Trigobamba distrito de Bambamarca provincia de Bolívar. Se llegó a la conclusión que el concreto premezclado en seco llega a una resistencia a la compresión requerida a los 28 días, alcanzando valores entre $275.12 \text{ kg}/\text{cm}^2$ a $313.50 \text{ kg}/\text{cm}^2$, estas resistencias que pasan el requerimiento de $210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ se debe a que se agregan un factor de seguridad en el caso que no se encuentre un registro de probetas ensayadas. Se determinó que el concreto

embolsado es factible al utilizarse para pequeñas cantidades ya que su costo se amenera en un 50 % aproximadamente, utilizándose en trabajos como: parchados de vereda, rompemuelleres, falso pisos en una limitada área, estructuras de inmediata elaboración, etc.

Este estudio aportó en el análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto mezclado de forma convencional y el concreto seco premezclado. Además de brindar una perspectiva sobre el contraste de costos mediante partidas de algunas obras de construcción civil en ciertas provincias del departamento de La Libertad.

Título: "RESISTENCIA Y COSTO DEL CONCRETO PREMEZCLADO Y DEL CONCRETO HECHO AL PIE DE OBRA, EN FUNCIÓN AL VOLUMEN DE VACIADO"

Guevara (2014) contempla en su estudio la evaluación y comparación entre el concreto hecho al pie de obra y el concreto premezclado, por lo que existen muchas variables que podrían involucrarse, sin embargo, se limita básicamente a comparar su resistencia, analizando si ésta se acerca a las solicitadas o especificadas y también el costo que implica el uso de cualquiera de estos dos tipos de concreto. Realizó especímenes cilíndricos de 6" de diámetro y 12" de altura extraídas de mezclas vaciadas en las estructuras de diferentes construcciones (viviendas, centros comerciales, etc.) en donde la resistencia requerida del concreto sea f'_c 210 kg/cm². La resistencia de las muestras fue evaluada a los 28 días después de su elaboración. Para el concreto hecho en obra, consideró conveniente tomar 3 muestras de cada construcción tomando en cuenta la poca homogeneidad en la mezcla. Para el concreto premezclado

consideró tomar 2 muestras debido a que este tipo de concreto pasa por un control de calidad en su elaboración. Los ensayos de resistencia a la compresión fueron realizados teniendo en cuenta el método de ensayo normalizado indicado en la Norma Técnica Peruana (NTP 339.034). El análisis de costos se realizó conociendo la cantidad de materiales necesarios para elaborar un m^3 de concreto cuando los elementos a construir son columnas y losas aligeradas en el primer nivel. Se concluyó que utilizar concreto premezclado es más favorable en cuanto a resistencia, que utilizar concreto hecho al pie de obra, pues siendo la resistencia de evaluación 210 kg/cm^2 ; el primero en promedio alcanzó un $f'c = 230.9 \text{ kg/cm}^2$, representando un 110% de la resistencia evaluada; mientras que el segundo solamente logró alcanzar en promedio un $f'c = 147.9 \text{ kg/cm}^2$, representando el 70.4% de la resistencia de comparación. Además, se determinó que el concreto premezclado es un 24% a 30% más costoso que el concreto hecho al pie de obra promedio, esto se debe a que el concreto hecho al pie de obra se elabora con materiales de bajo costo, los mismos que son de mala calidad. Sin embargo, al utilizar concreto premezclado se puede minimizar tiempos en la construcción, lo cual se puede convertir en ahorro y desde luego una ventaja económica y técnica.

Este estudio aportó en el análisis comparativo entre el concreto convencional y el concreto premezclado, en la determinación de los factores más importantes que influyen en la resistencia a la compresión del concreto elaborado de forma convencional y en brindar un alcance sobre el costo que representa la utilización de cada uno de los concretos.

1.1.2. Bases teóricas

1.1.2.1. Concreto

1.1.2.1.1. Concreto tradicional

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste en un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado. La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste. El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida. Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes (Rivva, 2000, p. 8).

1.1.2.1.1.1. Componentes del concreto tradicional

1.1.2.1.1.1.1. Pasta o pegante

El término pasta se refiere a la mezcla de cemento, agua, aire (naturalmente atrapado o intencionalmente incluido) y aditivos (cuando son añadidos). La pasta, actúa como lubricante de los agregados en estado plástico, comunicando fluidez a la mezcla, lo cual permite que la colocación y consolidación del concreto sean adecuadas, ya que un alto grado de confinamiento conduce a una mayor resistencia. En estado sólido, el pegante obtura los espacios que hay entre las partículas al aglutinarse, reduciendo la

permeabilidad del concreto y evitando el desplazamiento de agua dentro de la masa endurecida (Sánchez, 2001).

1.1.2.1.1.1.1.1. Cemento

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2014), el cemento es un “material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire” (p. 413). “Tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas” (Sánchez, 2001, p. 27).

En el medio de la construcción, y más específicamente en el de la fabricación de concreto para estructuras, es reconocido que al mencionar la palabra cemento, implícitamente ésta se refiere a cemento portland, o cemento a base de portland, el cual tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua ya que con ella experimenta una reacción química. Este proceso se llama hidratación, por lo cual son también llamados cementos hidráulicos (Sánchez, 2001, p. 27).

Cemento Portland Tipo MS

La NTP 334.082 (2008) menciona que este tipo de cemento portland es de moderada resistencia a los sulfatos (ver *Anexo N° 2*).

1.1.2.1.1.1.1.2. Agua

“El agua se puede definir como aquel componente del concreto en virtud del cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le

dan propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados” (Sánchez, 2001, p. 60). El Reglamento Nacional de Edificaciones (2014) recomienda que “el agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser, de preferencia, potable” (p. 416).

1.1.2.1.1.1.3. Aire

Cuando el concreto se encuentra en proceso de mezclado, es normal que quede aire incluido dentro de la masa (aire naturalmente atrapado), el cual posteriormente es liberado por los procesos de compactación a que es sometido el concreto una vez ha sido colocado. Sin embargo, como la compactación no es perfecta, queda siempre un aire residual dentro de la masa endurecida. Por otra parte, en algunas ocasiones se incluyen burbujas de aire, por medio de aditivos, con fines específicos (Sánchez, 2001, p. 23).

1.1.2.1.1.1.4. Aditivos

Los aditivos, son materiales distintos del agua, los agregados y el cemento hidráulico que se utilizan como ingredientes en concretos y se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado. Pueden ser reductores de agua, retardantes o acelerantes. Hay algunos otros, como los inclusores de aire, las puzolanas, los colorantes, etc. Pueden ser utilizados para modificar las propiedades del concreto de manera que lo hagan más adecuado para las condiciones de trabajo. Pero, también pueden ser usados por razones

de orden económico, ya que permiten, en algunos casos, reducir los costos de fabricación del concreto (Sánchez, 2001).

1.1.2.1.1.2. Agregados

Los agregados son partículas pétreas que dan una resistencia mecánica y textura superficial, para garantizar la adherencia a la mezcla de cemento; comúnmente estos son los que controlan los cambios volumétricos que se presentan durante el fraguado del concreto. Generalmente, estos materiales constituyen más del setenta por ciento de la mezcla en un metro cúbico de concreto; por tal motivo se disminuye el costo de esta pasta. La calidad de estos materiales depende del lugar de origen, de la distribución granulométrica, densidad, forma y superficie. Los orígenes de los agregados involucran condiciones específicas de temperatura y presión, así como también procesos de meteorización, erosión, etc. Estos materiales son extraídos de depósitos aluviales (gravas y arenas de río) y de canteras de varias rocas naturales (Agudelo & Espinosa, 2017).

1.1.2.1.1.2. Mezclado del concreto tradicional

Los componentes del concreto deben estar mezclados adecuadamente con el fin de conseguir una masa homogénea. Para lograrlo, se debe considerar cubrir cada partícula de agregado con pasta de cemento, distribuir de manera uniforme los ingredientes en la mezcla y lograr que la mezcla sea similar en cada tanda. El proceso de mezclado se puede realizar manualmente o con equipo mecánico (mezcladora). Para

conseguir que la calidad del concreto sea satisfactoria es recomendable
trabajar con mezcladora (Aceros Arequipa, s.f.)

1.1.2.1.2. Concreto predosificado seco

“El concreto seco se puede definir como un concreto industrial, clasificado y mezclado en una fábrica que se suministra en estado seco listo para amasarlo con agua, obtenido de la mezcla ponderal de sus componentes básicos: conglomerantes, agregados y/o aditivos que se añaden para mejorar sus características y comportamientos” (Rojas, 2010, p. 20).

1.1.2.1.2.1. Concreto rápido

Según el Grupo San Antonio ([GSA], s.f.), “Concreto Rápido” es una mezcla seca predosificada de 210 kg/cm², ideal para zapatas, cimientos, sobre cimientos, pisos, columnas, vigas, viguetas, veredas, escaleras y jardineras. Está compuesto por cemento antisalitre, agregado grueso de 3/8”, arena gruesa y aditivos minerales (ver *Anexo N° 1*).



Figura 1. Concreto rápido, 40 kg
Fuente: GSA, s.f.

1.1.2.1.2.2. Envase

Los envases de estos productos varían de acuerdo con la cantidad de cada presentación (Concreto Rápido 40 kg) y está formado por dos pliegues de papel grueso. El papel de este producto industrial es derivado íntegramente de las propiedades que presenten las hojas de papel. La bolsa de papel soporta los requisitos de producción, envasado y almacenamiento (Morillas & Plasencia, 2018, p. 48).

1.1.2.1.2.3. Almacenamiento del concreto predosificado seco

Según Rojas (2010), la manera óptima de almacenar el concreto predosificado seco, es colocando el producto embolsado sobre una superficie de madera con el fin de evitar que la humedad proveniente del suelo afecte sus características. Además, recomienda recubrir el producto por el contorno y la parte superior con una faja térmica de embalaje.

1.1.2.1.2.4. Ventajas del concreto predosificado seco

En los últimos años, el desarrollo de la industria del concreto seco en el mundo está permitiendo aplicar mejoras tecnológicas en las plantas y en los productos, obteniendo concretos para amortizar las exigencias de los constructores facilitando a su vez la puesta en obra. Los concretos preparados en instalaciones industriales presentan una serie de ventajas desde el punto de vista logístico, económico, técnico y medio ambiental. Estos ocupan poco espacio en obra, minimizan las mermas producidas por el mezclado, además de ofrecer una puesta en servicio rápida y limpia. La utilización de este tipo de concreto depende del volumen de obra, las

condiciones meteorológicas, la ubicación y la distancia al centro productor (Rojas, 2010).

1.1.2.2. Dosificación del concreto

Dosificar una mezcla de concreto es determinar la combinación más práctica y económica de los agregados disponibles, cemento, agua y en ciertos casos aditivos, con el fin de producir una mezcla con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiera las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de construcción en que habrá de utilizarse (Rivera, s.f., p. 169).

1.1.2.3. Curado

El curado se define como el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto, durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el hormigón las propiedades deseadas. El curado es una de las operaciones más importantes en las construcciones con hormigón y lamentablemente una de las más descuidadas. Un buen curado aumenta la resistencia y durabilidad y en general todas las propiedades del concreto endurecido. El endurecimiento del concreto se produce por las reacciones químicas que tienen lugar entre el cemento y el agua. Este proceso, llamado hidratación, continúa solamente si no falta agua y si la temperatura es adecuada (Rivera, s.f., p. 149).

1.1.2.4. Costos

1.1.2.4.1. Conceptos generales

Sobre conceptos generales y fundamentos sobre costos Beltrán (2012) menciona que:

El presupuesto de un proyecto es la previa determinación de la cantidad de dinero necesario para realizarla, tomando como base la experiencia adquirida en otras obras de índole semejante.

El método para realizar un presupuesto depende al objetivo que se persiga con este. Elaborar un presupuesto aproximado es suficiente cuando se trata de determinar únicamente la debida relación entre el costo y los beneficios que se espera obtener de la obra, o si las disponibilidades existentes bastan para su ejecución, tomando como base unidades mensurables en números redondos y precios unitarios que no estén muy detallados. Por otro lado, no basta este presupuesto aproximado cuando el estudio se hace como base para financiar el proyecto, o cuando el constructor la estudia al preparar su proposición, para estos últimos no solo se toma en cuenta el precio de los materiales y mano de obra, sino también las circunstancias especiales y a formar precios unitarios partiendo de sus componentes.

Se puede aplicar similares presupuestos obteniendo resultados bastante exactos a obras de la misma naturaleza, ejecutadas en condiciones iguales. Sin embargo, las circunstancias de una construcción a otra varían tanto, aunque se trate de trabajos de la misma naturaleza, que es muy peligroso aplicar a obras diferentes un mismo precio que esté expresado total o parcialmente en dinero, puesto que se llega a resultados inexactos y, a veces, completamente falsos.

Fundamentos del costo

El costo lleva implícito otros términos que deben definirse, siendo los siguientes:

- **Costo:** Llamamos costos, al conjunto de erogaciones o desembolso indispensables para elaborar un producto o ejecutar un trabajo, sin ninguna utilidad.
- **Precio:** Proporción en que se pueden intercambiar dos bienes.
- **Valor:** Es la capacidad que una cosa tiene de satisfacer un deseo, una necesidad o una aspiración humana.
- **Valores:** Son las acciones, títulos u obligaciones que se negocian en la bolsa o en los bancos.
- **Bienes:** Por bienes se entienden los medios que no existen en demasía y con los cuales se satisfacen necesidades. Se dividen en:
 - ✓ Bienes de consumo. - Todo lo que sirve para satisfacer algunas necesidades humanas.
 - ✓ Bienes de dominio público. - Parques, jardines, etcétera.
 - ✓ Bienes raíces o inmuebles. - Terrenos, casas, etcétera

1.1.2.4.2. Características de los costos

Beltrán (2012) menciona que para aprovechar de manera óptima el análisis de precios unitarios, es necesario desglosar el costo por sus integrantes los cuales se dan en el diagrama general de balance de una obra. Este diagrama

presupone el inicio de un proyecto ya sea de investigación, para construcción o servicio.

En términos generales, el análisis de un costo es la evaluación de un proceso determinado, sus características son:

- Es aproximado, debido a que no existe procesos constructivos totalmente iguales, por la intervención de la habilidad de la mano de obra, y porque la evaluación monetaria del costo se basa en condiciones “promedio” de consumos, insumos y desperdicios.
- Es específico, porque cada proceso constructivo se constituye tomando en cuenta condiciones de tiempo, lugar y secuencia de eventos.
- Es dinámico, ya que es necesario mantener actualizado el análisis de costos debido al constante mejoramiento de materiales, equipos, procesos de construcción, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incremento de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas de impuestos, de prestaciones sociales, entre otros.
- El análisis de costos puede elaborarse inductiva o deductivamente, es decir, si la integración de un costo se inicia por sus partes conocidas y se infiere el resultado a partir de los hechos, se estará evaluando el costo de manera inductiva. Si en cambio, se parte del todo conocido y se llega a partes desconocidas a través del razonamiento, se estará analizando el costo de manera deductiva.

- El costo está precedido de costos anteriores y éste a su vez es integrante de costos posteriores, el costo de un concreto hidráulico, por ejemplo, está constituido por los costos del aglutinante, agua, agregados, equipos para su mezclado, etcétera, éste agregado a su vez consta de costos de extracción, explosivos, equipos, entre otros, y el concreto puede ser parte del costo de una cimentación, y ésta de una estructura, etcétera.

1.1.2.4.3. Costos indirectos

Es denominado como costo indirecto a todo pago necesario para la ejecución de un proceso constructivo sin tomar en cuenta la mano de obra, materiales ni maquinaria. Está representado por los gastos para dirección técnica, administración, organización, vigilancia, supervisión, fletes, acarreos y prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo (Beltrán, 2012). En términos generales, según la Cámara Peruana de la Construcción, ([CAPECO], 2003), los costos indirectos son todos aquellos gastos que se aplican al conjunto de la obra y no a una partida determinada.

1.1.2.4.4. Costos directos

Según CAPECO (2003), el costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra (incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de un proyecto. El análisis de estos costos directos puede tener diversos grados de aproximación de acuerdo con el interés propuesto. Cabe resaltar, que efectuar mayor refinamiento de estos no siempre conduce a una mayor

exactitud, debido a los diferentes criterios que se pueden asumir en una partida, y a la intervención de la experiencia del ingeniero que elabora el análisis.

Elaboración del costo directo

Según Beltrán (2012), la secuencia para la elaboración del costo directo es como sigue:

- ***Planos y especificaciones.*** – Es el punto de partida para la elaboración del costo directo, para llegar al Precio Unitario y finalmente al presupuesto, es necesario estudiar al detalle todos los planos de cortes, isométricos, equipos, estructurales, instalaciones y de fachada, tomando en cuenta las especificaciones propuestas en ellos. Entre más detallados estén los planos, se tiene una mayor oportunidad de obtener el costo directo más preciso y, por ende, un presupuesto acertado.
- ***Determinación de los conceptos de obra.*** – Del estudio anterior se deduce el tipo de obra de que se trata para hacer una apreciación de las partidas y conceptos que puedan intervenir en ella. También, a partir del estudio anterior es posible delimitar el alcance del concepto de obra de acuerdo con el procedimiento constructivo, es decir, determinar lo que se incluye y lo que no. Además, el establecimiento de estos conceptos permite realizar las necesarias correcciones, tanto a las especificaciones como a los alcances de éstas para adaptarse correctamente a la obra en cuestión, entre más

clara sea la especificación y más definidos sus alcances, se tendrá una mejor herramienta para efectuar los análisis correspondientes.

- ***Lista de materiales.*** – Del estudio de los planos se obtiene la lista de materiales que serán instalados y quedarán permanentes en la obra; del estudio de las especificaciones se obtiene la clase de material requerido, además, este estudio permite determinar el volumen de materiales de consumo necesario para realizar la instalación de los materiales permanentes.
- ***Cuantificación de conceptos.*** – Para la realización de esta actividad es necesario seguir un método que permita cuantificar los conceptos en una forma ordenada y precisa, así como verificar en forma directa las cantidades de obra obtenidas.
- ***Maquinaria y equipo.*** – Es posible determinar el procedimiento constructivo a seguir a partir del análisis de los planos y especificaciones, así mismo, se puede determinar la maquinaria y equipo necesario para el desarrollo de la obra en cuestión, esto obliga a determinar los costos horarios de la maquinaria y equipo que intervendrán en la obra y que formarán parte del costo directo.

1.1.2.5. Resistencia a la compresión del concreto (f'_c)

Se define como la máxima medida de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto a una edad de 28 días. Se puede expresar en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2), mega pascales (MPa) o en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg^2 o PSI) (Galicia & Velásquez, 2016).

1.1.3. Definición de términos básicos

a. Análisis

La Real Academia Española ([RAE], 2018), indica que es la “distinción y separación de las partes de algo para conocer su composición”.

b. Análisis comparativo

Dicho del análisis en el cual se compara un producto con otros, con el fin de establecer las similitudes y diferencias existentes entre ellos y poder clasificarlos (Universidad de La Punta, s.f.).

c. Comparativo

“Dicho de una cosa: Que compara o sirve para hacer comparación” (RAE, 2018).

d. Compresión

“Presión a que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen” (RAE, 2018).

e. Concreto

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2014).

f. Concreto predosificado seco

Mezcla homogénea seca de cemento portland y agregados que se presenta embolsada lista para agregar agua.

g. Concreto tradicional

Concreto que es mezclado generalmente en obra, cuyos componentes se obtienen por separado.

h. Costos

Se entiende como costo, a la previa estimación de la cantidad de dinero necesario para la ejecución de un proyecto, tomando como base la experiencia adquirida en otras construcciones de semejante naturaleza (Beltrán, 2012).

i. Predosificado

Característica que se le da a una composición previamente evaluada con cantidades controladas para obtener resultados deseados (Dávila & Ramírez, 2019).

j. Resistencia

“Fuerza que se opone a la acción de otra fuerza” (RAE, 2018).

k. Resistencia a la compresión

Es la máxima medida de resistencia de una muestra de concreto sometida a carga de compresión axial, expresada como fuerza por unidad de área de sección transversal (ACI, 2018).

l. Seco

“Dicho de una cosa: Que carece de agua u otro líquido” (RAE, 2018).

m. Tradicional

“Que sigue las ideas, normas o costumbres del pasado” (RAE, 2018).

1.2. Formulación del problema

¿En cuánto difieren los costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco en Trujillo en el año 2020?

1.3. Justificación

En la actualidad, el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción. Además de ser durable y resistente puede adquirir cualquier forma debido a que se trabaja en su forma líquida. Gracias a estas características el uso del concreto es muy popular. Sin embargo, se cometen varios errores en la preparación de la mezcla y se ven reflejados en los deterioros y fallas en el concreto de las estructuras, principalmente en las obras que son construidas de manera informal. Es por ello la necesidad de realizar esta investigación que tiene como finalidad mostrar una alternativa para contrarrestar los problemas del concreto en estado endurecido a causa de las malas prácticas, buscando beneficiar al sector construcción en general brindando información de utilidad para mejorar la seguridad de las personas.

Existen muchas investigaciones sobre concreto, la gran mayoría se centra en mejorar las propiedades mecánicas de este, adicionando algún material que reemplace parcialmente alguno de los componentes de la mezcla, por lo general al agregado fino. También se ha realizado variados estudios sobre el uso de aditivos en el concreto para afrontar diferentes situaciones como los climas extremos. Sin embargo, en la mayoría de las investigaciones la preparación de la mezcla se realiza de manera convencional, razón por la cual es importante determinar si es conveniente reemplazar al concreto tradicional con la alternativa que se muestra en este estudio.

La existencia del concreto predosificado seco en el mercado presenta la oportunidad de realizar esta investigación para analizar si es favorable reemplazar al concreto de

mezclado tradicional por dicho producto, comparando una propiedad mecánica importante del concreto en estado endurecido que influye significativamente en su durabilidad, es decir, la resistencia a la compresión del concreto. Además, es necesario conocer la diferencia de costos que representa el uso de cada uno de estos.

Las técnicas y materiales que las personas utilizan en el ámbito de la construcción han ido mejorando gracias a la innovación y tecnología, hecho causal de la transformación de la forma de vivir y trabajar de la humanidad a lo largo de los años. El concreto predosificado seco es uno de los avances tecnológicos existentes en la industria de la construcción. Sin embargo, su uso no es muy popular en la población razón por la cual este estudio es trascendental para ampliar los conocimientos sobre este producto.

La información que se brinda en este estudio será de utilidad para aquellos profesionales y técnicos que tengan la necesidad de una alternativa para reemplazar al concreto mezclado de forma tradicional en la ejecución de obras civiles. Asimismo, servirá como antecedente para los futuros tesisistas que deseen investigar temas similares.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el análisis comparativo de costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco en Trujillo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño de mezcla del concreto tradicional para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 , aplicando el método ACI (American Concrete Institute).

- Determinar la resistencia a la compresión del concreto tradicional y concreto predosificado seco a los 7, 14 y 28 días.
- Corroborar si la resistencia a la compresión del concreto no convencional cumple con lo manifestado en su publicidad.
- Señalar el concreto más conveniente con respecto a la resistencia a la compresión.
- Establecer la opción más rentable tomando en cuenta el costo que representa utilizar cada uno de los concretos en cuestión.
- Precisar el concreto más favorable a partir de las variables analizadas.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Al observar el comportamiento a compresión axial de los especímenes de concreto, las muestras de concreto predosificado seco resultarán más favorables con respecto al concreto fabricado de manera tradicional. Y en el análisis de costos, el concreto convencional resultará más económico que el concreto embolsado.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La resistencia a la compresión del concreto no convencional cumplirá con la resistencia especificada en su publicidad.
- La resistencia a la compresión del concreto predosificado seco resultará más favorable que la del concreto convencional.
- El concreto tradicional resultará ser, con poca diferencia, la opción más económica que el concreto predosificado seco.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Según el propósito

Investigación aplicada, porque plantea dar solución a un problema específico enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación.

2.1.2. Según el diseño de investigación

Investigación de diseño no experimental porque no se manipulan deliberadamente las variables. Además, es transversal, ya que se recolectan datos con la finalidad de describir las variables y analizar su comportamiento en un mismo tiempo. Y es descriptivo comparativo, porque se recolecta información en varias muestras sobre un mismo fenómeno para compararlos.

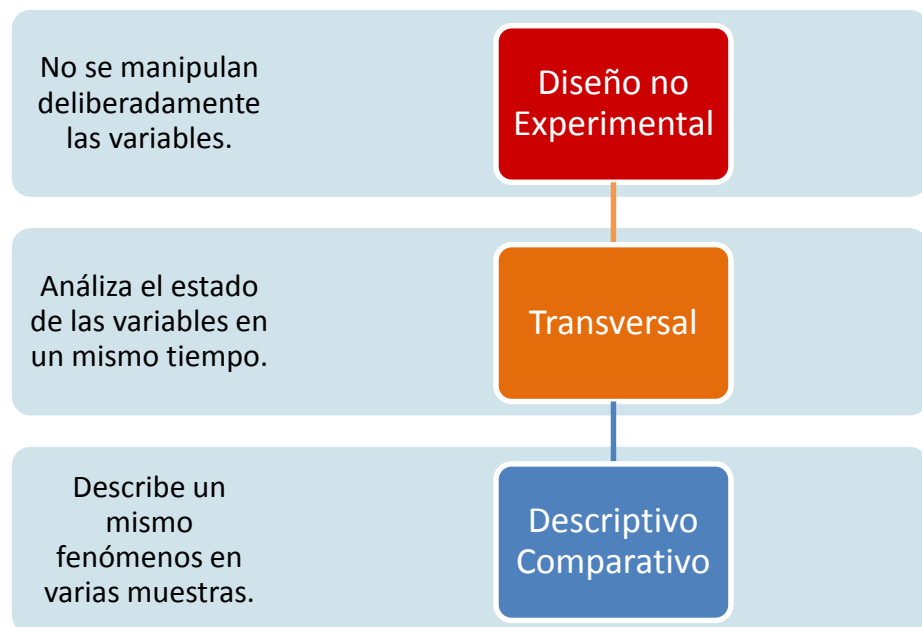


Figura 2. Diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.2. Variables

Variable 1: Resistencia a la compresión del concreto

Tabla 1. *Clasificación de la variable 1*

Variable	Clasificación	
Resistencia a la compresión del concreto	Por su naturaleza	Cuantitativa – continua Porque se expresa mediante un número y puede tomar un número infinito de valores.
	Por su escala de medición	Escala de razón Porque existe una distancia medible y tiene como punto de partida al cero absoluto, donde cero indica ausencia total de medida.
	Por su relación	Independiente Porque el valor de la variable no depende del valor de otra variable.
	Por sus dimensiones	Bidimensional Porque recoge dos características de la muestra (carga y área).
	Por su forma de medición	Indirecta Porque el resultado se determina mediante una fórmula matemática.

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Variable 2: Costos

Tabla 2. *Clasificación de la variable 2*

Variable	Clasificación	
Costos	Por su naturaleza	Cuantitativa – continua Porque se expresa mediante un número y puede tomar un número infinito de valores.
	Por su escala de medición	Escala de razón Porque existe una distancia medible y tiene como punto de partida al cero absoluto, donde cero indica ausencia total de medida.
	Por su relación	Independiente Porque el valor de la variable no depende del valor de otra variable.
	Por sus dimensiones	Bidimensional Porque se recoge información de dos dimensiones (metrado y costos unitarios).
	Por su forma de medición	Indirecta Porque el resultado se determina mediante una fórmula matemática.

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

2.3. Operacionalización de variables

Variable 1: Resistencia a la compresión del concreto

Tabla 3. Operacionalización de la variable 1

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Resistencia a la compresión del concreto	Es la máxima medida de resistencia de una muestra de concreto sometida a carga de compresión axial, expresada como fuerza por unidad de área de sección transversal (ACI, 2018).	Resistencia a la compresión (f'_c)	Carga última Área de sección transversal

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Variable 2: Costos

Tabla 4. Operacionalización de la variable 2

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Costos	Se entiende como costo, a la previa estimación de la cantidad de dinero necesario para la ejecución de un proyecto, tomando como base la experiencia adquirida en otras construcciones de semejante naturaleza (Beltrán, 2012).	Metrado Costo unitario directo Rendimiento de mano de obra	... Costo de materiales Costo de mano de obra Costo de herramientas Volumen Tiempo de ejecución

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

En la presente investigación, la población está conformado por todos los especímenes ensayados, tanto los testigos cilíndricos y columnas elaborados de concreto mezclado de manera tradicional como de concreto predosificado seco.

2.4.2. Muestra

En este estudio se realizó un muestreo probabilístico aleatorio simple, para los testigos cilíndricos, debido a que cada espécimen tiene la misma probabilidad de pertenecer a la muestra. El tamaño de muestra de una población infinita, cuando la variable es cuantitativa, se calcula como sigue:

$$n_0 = \left(\frac{Z * S}{E} \right)^2$$

Ecuación 1. Tamaño de muestra

Donde:

n_0 = Tamaño de muestra.

Z = Valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado (ver *Tabla 5*).

S = Desviación estándar.

E = Error del muestreo

Tabla 5. Valores de la distribución normal estandarizada

Nivel de confianza (1- α)	Error (α)	Valor Z	
		Bilateral	Unilateral
90 %	0.10	1.64	1.28
95 %	0.05	1.96	1.64
99 %	0.01	2.57	2.32

Fuente: Rubio, 2014

Para la determinación de la desviación estándar se consideraron valores de la resistencia a la compresión de especímenes a los 28 días de la tesis: “CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE UN CONCRETO PREMEZCLADO EN SECO “CONCRETO RÁPIDO” $F'C = 210 \text{ KG/CM}^2$ Y SU COSTO COMPARATIVO” de Morillas & Plasencia (2018).

Tabla 6. *Cálculo del tamaño de muestra.*

	312.39
	291.43
Resistencia a la compresión a los 28 días	308.86
(kg/cm²)⁽¹⁾	325.47
	315.78
	327.07
Promedio	313.50
Desviación estándar (S)	12.98
Valor Z⁽²⁾	1.96
Error del muestreo (E)⁽³⁾	15.68
Tamaño de muestra (n₀)	3

⁽¹⁾ Tomado de Morillas & Plasencia (2018)

⁽²⁾ Para un nivel de confianza del 95 %

⁽³⁾ Error del 5 %

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Para mejores resultados se analizó 40 especímenes cilíndricos de 4” de diámetro por 8” de longitud. De los cuales, 20 fueron elaborados de concreto tradicional, y los 20 restantes de concreto predosificado seco. Fueron sometidos a compresión 5 testigos para las edades de 7 y 14 días, y 10 para la edad de 28 días.

Tabla 7. *Número de especímenes para el ensayo de resistencia a la compresión*

Ensayo	Tipo de concreto	Edad (días)	Número de especímenes	Parcial
Resistencia a la compresión (f'c)	Concreto tradicional	7	5	20
		14	5	
		28	10	
	Concreto predosificado seco	7	5	20
		14	5	
		28	10	
Total				40

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

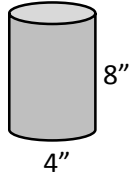
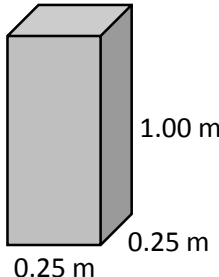
Por otro lado, se realizó un muestreo no probabilístico por juicio para determinar la cantidad de columnas a evaluar. Se elaboraron 6 columnas sin acero de refuerzo de 0.25 m de lado por 1 metro de altura, de los cuales 3 fueron de concreto mezclado de manera tradicional y 3 de concreto predosificado seco (ver Anexo N° 3).

Tabla 8. *Número de especímenes para determinar el rendimiento de la mano de obra*

Ensayo	Tipo de concreto	Número de especímenes
Rendimiento de mano de obra	Concreto tradicional	3
	Concreto predosificado seco	3
Total		6

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Tabla 9. Unidad de estudio para cada ensayo

Ensayo	Unidad de estudio
Resistencia a la compresión del concreto	
Rendimiento de mano de obra	

Fuente: Elaboración propia, 2019

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de datos para esta investigación se realizará mediante la técnica de la observación, debido a que este método se ajusta a las variables en cuestión porque nos permite obtener datos cuantitativos sin depender de terceros o de registros.

Se utilizarán fichas de observación como instrumentos de recolección de datos. En éstas se anotarán las magnitudes pertinentes dependiendo a la variable que se esté analizado.

El análisis de datos se desarrollará con la técnica de estadística descriptiva, debido a que esta investigación es de diseño no experimental de tipo transversal descriptivo. Los datos fueron procesados con la ayuda del software de Microsoft Excel 2016 mediante tablas de frecuencias, gráficos y medidas estadísticos.

2.6. Procedimiento

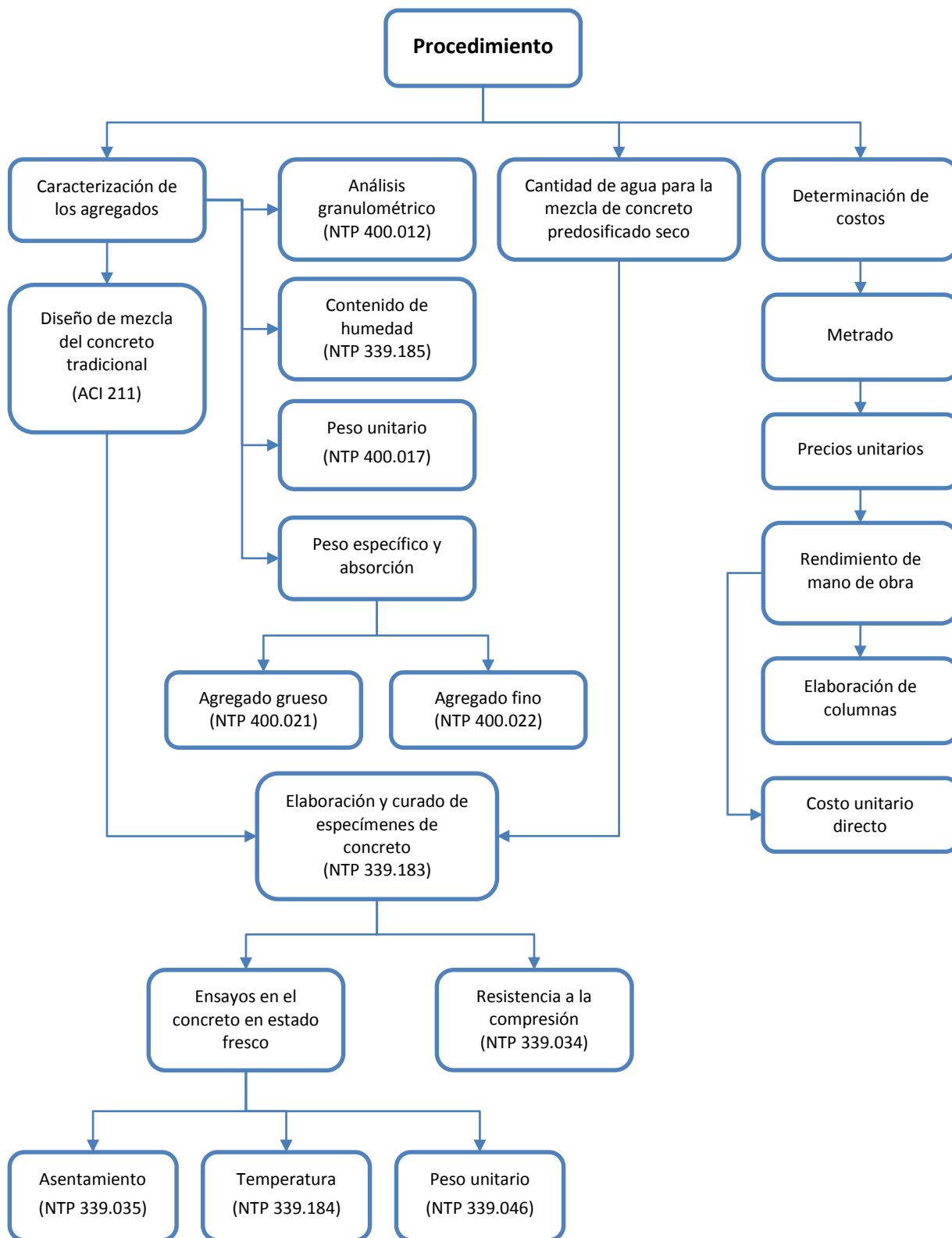


Figura 3. Procedimiento de la tesis
Fuente: Elaboración propia, 2019

2.6.1. Caracterización de los agregados

Se realizó la caracterización de los agregados por medio de ensayos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas, tales como: granulometría, contenido de humedad, peso unitario, peso específico y porcentaje de absorción.

2.6.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012, 2013)

El método consiste en pasar una muestra seca de agregado por una serie de tamices colocados progresivamente de mayor a menor abertura con el fin de determinar la distribución del tamaño de las partículas.

a) Materiales, equipos y herramientas

- **Agregado grueso:** La cantidad de muestra de agregado grueso fue de acuerdo con lo indicado en la *Tabla 10*.

Tabla 10. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico

Tamaño Máximo Nominal		Cantidad mínima de la
Abertura Cuadrada		muestra de ensayo
mm	pulg	kg
9,5	3/8	1
12,5	1/2	2
19,0	3/4	5
25,0	1	10
37,5	1 ½	15
50,0	2	20
63,0	2 ½	35
75,0	3	60
90,0	3 ½	100
100,0	4	150
125,0	5	300

Fuente: NTP 400.012, 2013

- **Agregado fino:** La cantidad mínima de muestra de agregado fino fue de 300 g luego del secado.

- **Balanza:** Con aproximación y exacta de 0.1 g para agregado fino y 0.5 g para agregado grueso.
- **Tamices:** Debe cumplir con lo establecido en la NTP 350.001.
- **Horno:** Con medidas adecuadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Procedimiento

- Se redujo la muestra a tamaño de ensayo utilizando el método del cuarteo establecido en la NTP 400.043 (2015), que consiste en colocar la muestra sobre una superficie rígida, nivelada y limpia. Se debe colocar el material en un apilamiento cónico, luego se presiona la formación cónica con una pala o cuchara metálica hasta lograr un diámetro y espesor idóneo, se divide en 4 partes iguales y se retira los cuartos opuestos diagonalmente. Se repite el proceso con el material remanente hasta reducir la muestra hasta el tamaño deseado.
- Se secó la muestra de agregado en el horno hasta peso constante.
- Se seleccionó los tamaños de tamices adecuados.
- Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente y se colocó la muestra de ensayo sobre el tamiz superior.
- Luego se agitó los tamices manualmente por un periodo suficiente.
- Finalmente, se pesó el contenido retenido en cada tamiz.

c) Cálculo

- Se hizo el cálculo del porcentaje que pasa y los porcentajes totales retenidos sobre cada tamiz, aproximando al 0.1 % de la masa seca inicial de la muestra.
- El módulo de fineza se obtuvo dividiendo la sumatoria del porcentaje acumulado retenido de material de cada tamiz (Nº 100, Nº 50, Nº 30, Nº 16, Nº 8, Nº 4, 3/8, 3/4 y mayores) entre 100.

$$Mf = \frac{\sum \% \text{ acumulado retenido}}{100}$$

Ecuación 2. Módulo de finura

2.6.1.2. Contenido de humedad de los agregados por secado (NTP 339.185, 2013)

Esta norma establece los lineamientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable por secado de una muestra de agregado.

a) Materiales, equipos y herramientas

- **Agregado:** La cantidad de muestra representativa de agregado fue determinada de acuerdo con la *Tabla 11*.
- **Balanza:** Con sensibilidad al 0.1 % del peso de la prueba
- **Horno:** Capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C ± 5 °C alrededor de la muestra.
- **Recipiente:** Un envase con capacidad suficiente para contener la muestra sin derramarse y que no sea afectado por el calor.
- **Revolvedor:** Espátula o cuchara de metal de tamaño conveniente.

Tabla 11. *Cantidad mínima de la muestra de ensayo para determinar el contenido de humedad*

Tamaño máximo nominal de agregado		Masa mínima de la muestra de agregado
mm	pulg	kg
4,75	0,187 (Nº 4)	0,5
9,50	3/8	1,5
12,50	1/2	2,0
19,00	3/4	3,0
25,00	1	4,0
37,50	1 ½	6,0
50,00	2	8,0
63,00	2 ½	10,0
75,00	3	13,0
90,00	3 ½	16,0
100,00	4	25,0
150,00	6	50,0

Fuente: *NTP 339.185, 2013*

b) Procedimiento

- Se determinó la masa de la muestra representativa.
- Luego se secó la muestra en el recipiente a través del horno, teniendo cuidado de evitar pérdida de partículas.
- La masa de la muestra se determinó cuando la aplicación de calor causó pérdida adicional de masa menor al 0.1%.

c) Cálculo

El contenido de humedad total evaporable se calculó con la siguiente fórmula:

$$P = \left(\frac{W - D}{D} \right) * 100$$

Ecuación 3. Porcentaje de humedad del agregado

Donde:

P = Contenido total de humedad de la muestra en porcentaje.

W = Masa de la muestra húmeda inicial en gramos.

D = Masa de la muestra seca en gramos.

2.6.1.3. Densidad de masa (“peso unitario”) de los agregados (NTP 400.017, 2011)

Esta norma establece el procedimiento para la determinación de la densidad de masa de agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo nominal, en condición suelto o compactado, y para calcular los vacíos entre partículas.

a) Materiales, equipos y herramientas

- **Agregado:** El tamaño de muestra fue aproximadamente de 125 % a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente.
- **Balanza:** Con exactitud del 0.1 % de la carga de ensayo, con graduación al menos de 0.05 kg.
- **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero de 16 mm de diámetro y una longitud aproximada de 600 mm, teniendo uno o ambos extremos de forma redondeada tipo semiesférica de 16 mm de diámetro.

- **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal hermético, de preferencia provisto de asas, con bordes parejos y firmes, suficientemente rígidas para mantener su forma en severas condiciones de uso. La altura del recipiente no debe ser menor al 80 % ni mayor al 150 % del diámetro. La capacidad del recipiente fue conforme lo establecido en la *Tabla 12*.

Tabla 12. Capacidad mínima del recipiente

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	L	m ³
12.5	1/2	2.8	0.0028
25.0	1	9.3	0.0093
37.5	1 ½	14	0.0140
75.0	3	28	0.0280
100.0	4	70	0.0700
125.0	5	100	0.1000

Fuente: *NTP 400.017, 2011*

- **Pala o Cucharón:** Debe ser de tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.
- **Termómetro:** Con un rango de 10 °C a 32 °C y con lecturas de 0.5 °C.

b) Calibración del recipiente

- Se Llenó el recipiente con agua a temperatura ambiente.
- Luego se determinó la masa del recipiente y el agua y la masa del recipiente vacío.

- Se tomó la temperatura del agua para determinar su densidad (ver *Tabla 13*).
- Finalmente se determinó el volumen del recipiente (V).

Tabla 13. Densidad del agua en función a la temperatura

Temperatura	Densidad del agua
°C	Kg/m ³
15,6	999,01
18,3	998,54
21,1	997,97
23,0	997,54
23,9	997,32
26,7	996,59
29,4	995,83

Fuente: *NTP 400.017, 2011*

c) Procedimiento de apisonado

- Se llenó el recipiente en tres capas y se apisonó de manera uniforme sobre la superficie de cada capa con 25 golpes con la varilla de apisonado. La primera capa fue a un tercio del total, la segunda a 2 tercios y la tercera a sobre – volumen.
- Luego se determinó la masa del recipiente más el agregado y la masa del recipiente vacío.

d) Procedimiento para peso suelto

- Se llenó el recipiente hasta el reboce descargando el agregado con una pala o cucharón a una altura no mayor a 50 mm por encima del borde superior del recipiente.

- Luego se niveló la superficie del agregado con la varilla de apisonado y se eliminó el material sobrante.
- Finalmente se determinó la masa del recipiente más el agregado.

e) Cálculos

- ***Cálculo del volumen del recipiente***

$$V = \frac{(W - T)}{D}$$

Ecuación 4. Volumen del recipiente

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

W = Masa de agua más el recipiente, kg

T = Masa del recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura medida, kg/m³

- ***Cálculo de la densidad de masa suelto o compactado***

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

Ecuación 5. Densidad de masa de agregado suelto o compactado

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente más el agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

2.6.1.4. Densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción de los agregados

2.6.1.4.1. Densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso (NTP 400.021, 2013)

a) Materiales, equipos y herramientas

- **Agregado:** La masa mínima de agregado grueso se determinó de acuerdo con la *Tabla 14*. Se rechazó todo el material que pasa por el tamiz de 4.75 mm (Nº 4).

Tabla 14. Masa mínima de muestra para determinar la densidad relativa y porcentaje de absorción

Tamaño máximo nominal		Masa mínima de muestra de ensayo
mm	pulg	Kg
12,5	1/2 o menor	2
19,0	3/4	3
25,0	1	4
37,5	1 ½	5
50,0	2	8
63,0	2 ½	12
75,0	3	18
90,0	3 ½	25
100,0	4	40
125,0	5	75

Fuente: NTP 400.021, 2013

- **Balanza:** Una balanza con precisión de 0.5 g o 0.05 % de la masa de la muestra, equipada con un aparato adecuado que permita suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma de la balanza.

- **Canasta de alambre:** El recipiente debe estar construido, de manera que, evite la retención de aire cuando es sumergido en agua.
- **Tanque de agua:** Un recipiente a prueba de fugas, para sumergir el recipiente de la muestra, mientras está suspendida debajo de la balanza.
- **Tamices:** Un tamiz de 4.75 mm (Nº 4) u otros tamaños según sea necesario.
- **Estufa:** De suficiente tamaño, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Procedimiento

- Se secó la muestra de ensayo en la estufa.
- Se dejó enfriar el agregado hasta una temperatura cómoda de manipular.
- Luego, el agregado grueso fue sumergido en agua a temperatura ambiente, por un período de $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$.
- Posteriormente se retiró la muestra del agua y se hizo rodar sobre un paño grande para eliminar las partículas visibles de agua.
- Se determinó la masa de la muestra en condición saturada de superficie seca.
- Inmediatamente después, se colocó la muestra en la canasta de alambre y fue suspendido desde la balanza en el tanque de agua.

- Luego se determinó la masa aparente de la muestra en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura.
- Finalmente se secó la muestra de ensayo en la estufa y se determinó su masa.

c) Cálculos

- Densidad relativa en base al agregado secado al horno

$$Dr_{Ag} = \frac{A}{(B - C)}$$

Ecuación 6. Densidad relativa del agregado grueso secado al horno

- Densidad en base al agregado secado al horno

$$D_{Ag} = D_w * Dr_{Ag}$$

Ecuación 7. Densidad del agregado grueso secado al horno

- Absorción (% Abs)

$$\% Abs = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Ecuación 8. Porcentaje de absorción del agregado grueso

Donde:

Dr_{Ag} = Densidad relativa del agregado grueso, adimensional

D_{Ag} = Densidad del agregado grueso, kg/m^3

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa de la muestra saturada de superficie seca, g

C = masa aparente de la muestra saturada en agua, g

D_w = Densidad del agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (997.54 kg/m^3)

2.6.1.4.2. Densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013)

a) Aparatos

- **Balanza:** Una balanza con capacidad para más de 1 kg, sensible a 0.1 g y una precisión del 0.1 % de la masa de la muestra.
- **Fiola:** Un matraz aforado de vidrio, de cuello largo y angosto, con capacidad de 500 cm³.
- **Molde metálico:** Un molde metálico en forma de cono, con dimensiones interiores de 40 mm $\pm$ 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 mm $\pm$ 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm $\pm$ 3 mm de altura.
- **Barra compactadora de metal:** Con una masa de 340 g $\pm$ 15 g y una cara plana de compactación circular de 25 mm $\pm$ 3 mm de diámetro.
- **Horno y Estufa:** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C $\pm$ 5 °C.

b) Preparación de la muestra

- Se secó a masa constante la muestra de ensayo en la estufa.
- El agregado fino fue sumergido en agua a temperatura ambiente durante 24 h $\pm$ 4 h.
- Luego se decantó cuidadosamente el exceso de agua para evitar la pérdida de finos.

- Se extendió el agregado sobre una superficie plana y fue secado con la estufa hasta condición de saturada superficialmente seca.
- Posteriormente, se colocó el molde metálico sobre su base mayor en una superficie plana no absorbente, luego se llenó el molde a tope de muestra saturada superficialmente seca.
- En seguida se apisonó ligeramente el agregado fino con 25 golpes con la barra compactadora, luego se levantó el molde verticalmente. La caída ligera del material moldeado indicó que se ha llegado al estado saturado de superficie seca.

c) Procedimiento gravimétrico

- Se llenó parcialmente con agua el matraz aforado.
- Luego se introdujo 500 g de agregado fino saturado superficialmente seco.
- Se adicionó agua hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad del frasco.
- Se hizo rodar el matraz con el fin de eliminar las burbujas de aire, luego se llevó el nivel de agua hasta 500 cm³.
- Se determinó la masa total de la fiola, la muestra de agregado y el agua.
- Posteriormente se retiró el agregado fino del matraz aforado y fue secado a masa constante en el horno.
- Finalmente se determinó la masa del matraz lleno con agua hasta 500 cm³ a 23 °C ± 2 °C de temperatura.

d) Cálculos

- Densidad relativa del agregado secado al horno

$$Dr_{Af} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

Ecuación 9. Densidad relativa del agregado fino secado al horno

- Densidad en base al agregado secado al horno

$$D_{Af} = D_w * Dr_{Af}$$

Ecuación 10. Densidad del agregado fino secado al horno

- Absorción (% Abs)

$$\% Abs = \frac{(S - A)}{A} * 100$$

Ecuación 11. Porcentaje de absorción del agregado fino

Donde:

Dr_{Af} = Densidad relativa del agregado fino, adimensional

D_{Af} = Densidad del agregado fino, kg/m³

A = masa de la muestra seca al horno, g

B = masa del matraz lleno con agua hasta 500 cm³, g

C = masa del matraz lleno con la muestra y el agua, g

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

D_w = Densidad del agua a 23 °C (997.54 kg/m³)

2.6.2. Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211

El procedimiento para determinar la dosificación del concreto por el método

ACI 211 es como sigue:

a) Cálculo de la resistencia a la compresión promedio requerida (f'_{cr})

Tabla 15. Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no hay datos disponibles de la resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores

Resistencia especificada a la compresión (f'_c), kg/cm ²	Resistencia promedio requerida a la compresión (f'_{cr}), kg/cm ²
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 - 350	$f'_c + 84$
Mayor de 350	$1.10f'_c + 50$

Fuente: ACI Comité 318, 2008

b) Selección del asentamiento

Tabla 16. Asentamientos recomendados para varios tipos de construcción

Tipos de construcción	Asentamiento (pulg)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3	1
Cimentación simple, cajones y muros de subestructura	3	1
Vigas y muros reforzados	4	1
Columnas de edificios	4	1
Pavimentos y losas	3	1
Concreto masivo	2	1

Fuente: ACI Comité 211, 2002

c) Cálculo del volumen unitario de agua

Tabla 17. *Requisitos aproximados de contenido de agua de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales del agregado*

Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregados gruesos y asentamientos indicados								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	----
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	----

Fuente: ACI Comité 211, 2002

d) Cálculo del contenido de aire atrapado

Tabla 18. *Porcentaje aproximado de aire atrapado en concreto sin aire incorporado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
pulg	%
3/8	3.0
1/2	2.5
3/4	2.0
1	1.5
1 1/2	1.0
2	0.5
3	0.3
6	0.2

Fuente: ACI Comité 211, 2002

e) Determinar la relación agua - cemento (a/c)

Tabla 19. *Relación agua - material cementante en función a la resistencia a la compresión del concreto*

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relación agua cemento, en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	0.28
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: *ACI Comité 211, 2002*

f) Cálculo del contenido de cemento

$$C = \frac{a}{(a/c)}$$

Ecuación 12. Cantidad de cemento

Donde:

C = Contenido de cemento, kg/m³

a = Contenido de agua de mezcla, Kg/m³

a/c = Relación agua - material cementante

g) Determinar el volumen de agregado grueso

Tabla 20. *Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso, pulg	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 ½	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.80	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: *ACI Comité 211, 2002*

h) Peso seco y compactado de agregado grueso

$$Ps_{Ag} = M * F_{Ag}$$

Ecuación 13. Peso seco de agregado grueso

Donde:

Ps_{Ag} = Peso seco de agregado grueso, kg/m³

M = Densidad de masa compactada del agregado grueso, kg/m³

F_{Ag} = Volumen del agregado grueso, seco y compactado por
unidad de volumen de concreto, adimensional

i) Cálculo del volumen absoluto de los materiales por m³

$$V_{Abs} = \frac{Ps}{D}$$

Ecuación 14. Volumen absoluto de los materiales

Donde:

V_{Abs} = Volumen absoluto, m^3

P_s = peso seco, kg

D = Densidad, kg/m^3

El volumen de aire atrapado se calcula dividiendo el porcentaje obtenido en la *Tabla 18* entre 100.

j) Cálculo del peso seco de agregado fino

$$P_{SAf} = D_{Af} * V_{Abs.Af}$$

Ecuación 15. Peso seco de agregado fino

Donde:

P_{SAf} = Peso seco de agregado fino, kg

D_{Af} = Densidad del agregado fino, kg/m^3

$V_{Abs.Af}$ = Volumen absoluto del agregado fino, m^3

k) Corrección por humedad de los agregados

$$Ag. (fino o grueso) = peso seco \left(\frac{\% humedad}{100} + 1 \right)$$

Ecuación 16. Corrección por humedad de los agregados

l) Corrección por absorción y cálculo del agua efectiva

$$Ag. (fino o grueso) = peso seco \left(\frac{\% Humedad - \% Absorción}{100} \right)$$

Ecuación 17. Corrección por absorción de los agregados

$$Agua efectiva = Agua de diseño - Agua libre$$

Ecuación 18. Agua efectiva de la mezcla

Donde el agua libre es la sumatoria de la corrección por absorción de los agregados.

m) Reajuste del peso de cemento

$$C_r = \frac{\text{Agua efectiva}}{a/c}$$

Ecuación 19. Peso corregido de cemento

Donde:

C_r = Peso corregido de cemento, kg

a/c = Relación agua – cemento

2.6.3. Cantidad de agua para la mezcla de concreto predosificado seco

Agregar agua al premezclado en forma gradual a razón de 5 litros por bolsa de concreto o hasta formar una mezcla homogénea y trabajable (ver *Anexo N° 1*).

Mezclado del concreto predosificado seco con el agua

- Según Rojas (2010), la mejor manera de empezar a realizar la mezcla es añadiendo parcialmente el agua, luego se vierte el concreto embolsado seguido del agua restante.
- Morillas & Plasencia (2018) mencionan, que el concreto predosificado debe mezclarse por 4 minutos seguido de 1 minutos de reposo y finalmente 4 minutos más de mezclado con la finalidad de alcanzar una masa homogénea.

2.6.4. Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.183, 2013)

Esta norma establece el procedimiento para la elaboración y curado de testigos de concreto bajo condiciones de laboratorio.

a) Aparatos y herramientas

- **Moldes cilíndricos:** Deben ser de acero, fierro fundido u otro material no absorbente, que no reacciones con el cemento Portland.

- **Varilla de compactación:** Deberá ser de acero, recta y lisa con el extremo de compactación semiesférico. Puede emplearse dos tamaños de varilla, la varilla larga es de 16 mm (5/8") de diámetro y 600 mm (24") de largo aproximadamente, y la varilla corta es de 10 mm (3/8") de diámetro y 300 mm (12") de largo aproximadamente.
- **Martillo de goma:** Debe pesar 0.6 kg $\pm$ 0.20 kg.
- **Recipiente de muestreo y mezclado:** Debe ser plano, con capacidad y profundidad necesaria para facilitar la descarga de la tanda completa desde la mezcladora y permitir el remezclado con cucharón o lampa.
- **Mezcladora de concreto:** Deberá ser accionada a motor y constar de tambor giratorio.

b) Mezclado del concreto tradicional

- Primero fue añadido el agregado grueso y una parte del agua de mezcla antes del inicio de rotación de la mezcladora.
- Con la mezcladora en funcionamiento se adicionó el agregado fino, el cemento y el agua.
- Luego de tener todos los ingredientes en la mezcladora, se mezcló por 3 minutos seguido de 3 minutos de reposo y por último 2 minutos más de mezclado.
- Se remezcló en el recipiente con cucharón hasta que se vea uniforme para eliminar la segregación.

c) Elaboración de especímenes cilíndricos

- **Tamaño del espécimen:** El diámetro del espécimen fue tres veces mayor que el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Además, tuvo una longitud que es dos veces el diámetro.
- **Lugar de moldeo:** Los testigos fueron moldeados cerca del lugar donde se almacenaron por 24 horas.
- **Moldeo:** Se colocó la mezcla en los moldes con un cucharón. Es recomendable mover el cucharón alrededor del borde superior del molde durante la descarga para evitar la segregación.
- **Número de capas:** La cantidad de capas recomendadas por espécimen cilíndrico se determinó mediante la *Tabla 21*.

Tabla 21. Número de capas requeridas por espécimen cilíndrico

Tamaño de espécimen, mm (pulg)	Modo de consolidación	Número de capas de aproximadamente igual profundidad
75 a 100 (3 o 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Más de 225 (9)	Varillado	2

Fuente: *NTP 339.183, 2013*

- **Varillado:** Se compactó cada capa con el extremo semiesférico de la varilla usando la cantidad de golpes y tamaño de la varilla establecidos en la *Tabla 22*. Los golpes fueron distribuidos de manera uniforme permitiendo que la varilla penetre la capa anterior aproximadamente 25 mm (1"). Luego de varillar cada capa, se golpeó suavemente los lados del molde con el martillo de goma de 10 a 15 veces.
- **Acabado:** Se enrasó la superficie con la varilla de compactación después de la consolidación.

Tabla 22. Diámetro de varilla y número de varillado por capa a usar en la elaboración de especímenes cilíndricos de prueba

Diámetro del cilindro, mm (pulg)	Diámetro de la varilla, mm (pulg)	Número de golpes por capa
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75

Fuente: *NTP 339.183, 2013*

d) Curado

- Se desmoldó los especímenes después de $24 \text{ h} \pm 8 \text{ h}$ luego del vaciado.
- Después del desmolde, los especímenes fueron sumergidos en agua durante periodos requeridos.

2.6.5. Ensayos en el concreto en estado fresco

2.6.5.1. Medición del asentamiento del concreto (NTP 339.035, 2009)

Esta norma establece el procedimiento para medir el asentamiento del concreto, tanto en campo como en el laboratorio.

a) Aparatos

- **Molde:** Debe ser de metal no acatable con el cemento con un espesor mínimo de 1.5 mm. Tendrá forma cónica con un diámetro en la base inferior de 200 mm (8”), un diámetro superior de 100 mm (4”) y 300 mm (12”) de altura.
- **Barra compactadora:** Debe ser de acero liso, de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, con el extremo de compactación semiesférico de 16 mm de diámetro.
- **Dispositivo de medida:** Una regla o un instrumento similar rígido o semirrígido con una longitud no menor de 300 mm.
- **Cucharón:** De forma y tamaño conveniente para colocar la muestra en el molde cónico sin derramar.

b) Procedimiento

- El molde fue humedecido y colocado sobre una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda.
- Luego se llenó el molde en 3 capas de aproximadamente igual volumen usando el cucharón. El vaciado se hizo moviendo el cucharón alrededor del borde de la base superior para minimizar la segregación.

- Se apisonó con la barra compactadora con 25 golpes por cada capa en espiral. La primera capa fue compactada en todo su espesor, las capas restantes a través de todo su espesor penetrando ligeramente en la capa inferior inmediata.
- Antes de compactar la última capa, se llenó el molde por exceso. Luego del apisonado se procedió a enrasar con la barra de compactación sobre el borde superior del molde.
- Se mantuvo firmemente el molde sobre la superficie y se eliminó el concreto sobrante alrededor del molde.
- Luego se levantó cuidadosamente el molde en dirección vertical a una altura de 300 mm en $5 \text{ s} \pm 2 \text{ s}$. La operación completa se debe hacer sin interrupciones en 2.5 min como máximo.
- Inmediatamente se midió el asentamiento con el dispositivo de medida, tomando como referencia la altura del molde cónico.

2.6.5.2. Temperatura de mezcla de concreto (NTP 339.184, 2013)

Esta norma establece los lineamientos para determinar la temperatura del concreto en estado fresco.

a) Aparatos

- **Dispositivo para medición de temperatura:** Debe ser capaz de medir la temperatura con una precisión de $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, con un diseño que permita la inmersión de 75 mm o más.

- **Recipiente:** Con amplitud suficiente que permita obtener al menos 75 mm de concreto en todas las direcciones alrededor del dispositivo de medición.

b) Procedimiento

- Se introdujo el dispositivo de medida un mínimo de 75 mm en la mezcla de concreto fresco.
- Luego se presionó levemente la superficie del concreto alrededor del dispositivo de medición para prevenir que la temperatura ambiente afecte la lectura.
- Se dejó sumergido el dispositivo por un periodo mínimo de 2 minutos, pero no más de 5 minutos.
- Por último, se registró la temperatura sin retirar el dispositivo de medición del concreto, con una precisión de ± 0.5 °C.

2.6.5.3. Densidad (peso unitario) del concreto (NTP 339.046, 2008)

Esta norma establece el procedimiento para determinar la densidad del concreto en estado fresco.

a) Aparatos

- **Balanza:** Con una precisión de 0.3 % de la carga de ensayo.
- **Barra compactadora:** De acero, recta de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud aproximadamente, con el extremo de compactación semiesférico de 16 mm de diámetro.
- **Recipiente de medida:** Cilíndrico de acero. La capacidad mínima del recipiente fue determinada mediante la *Tabla 23*.

Tabla 23. *Capacidad del recipiente de medida en función al tamaño máximo nominal del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Capacidad del recipiente de medición	
pulg	mm	pie ³	L
1	25.0	0.2	6
1 ½	37.5	0.4	11
2	50.0	0.5	14
3	75.0	1.0	28
4 ½	112.0	2.5	70
6	150.0	3.5	100

Fuente: NTP 339.046, 2008

- **Mazo:** Un mazo con cabeza de cuero o caucho de 600 ± 200 g para usar con recipientes con capacidad de 14 L o menos, y un mazo de 1000 ± 200 g para usar con recipientes de mayor capacidad.
- **Cuchara:** De tamaño conveniente para evitar derramar la muestra de concreto durante su colocación en el recipiente de medida.

b) Procedimiento

- Se seleccionó el método de consolidación de acuerdo con la *Tabla 24*.

Tabla 24. *Método de consolidación del concreto en función de su asentamiento*

Asentamiento	Método de consolidación del concreto
< 25 mm	Consolidación por vibrado
25 mm a 75 mm	Consolidación por apisonado o vibrado
> 75 mm	Consolidación por apisonado

Fuente: NTP 339.046, 2008

- Luego se vertió concreto en el recipiente de medida en 3 capas de aproximadamente igual volumen.
- Posteriormente se apisonó uniformemente cada capa con la barra compactadora, el número de golpes se determinó de acuerdo con la Tabla 25.

Tabla 25. *Número de golpes en función a la capacidad del recipiente de medición*

Capacidad del recipiente de medición	Número de golpes por capa
14 L o menos	25
28 L	50
Más de 28 L	1 golpe por cada 15 cm ² de superficie

Fuente: NTP 339.046, 2008

- Se apisonó la primera capa a través de todo su espesor sin golpear fuerte el fondo del recipiente.

- Para la segunda y tercera capa, la barra de compactación debe penetrar aproximadamente 25 mm en la capa inferior inmediata.
- Se golpeó de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo después del apisonado de cada capa.
- El recipiente no debe contener un exceso sustancial o falta de concreto en la última capa. Se considera óptimo un exceso de concreto de aproximadamente 3 mm sobre el borde superior del recipiente de medición.
- Se alisó suavemente con la barra compactadora después del apisonado, la superficie del concreto del borde superior del recipiente.
- Después del acabado, se limpió el concreto adherido en las paredes exteriores del recipiente de medida y luego se registró la masa del concreto más el recipiente.

c) Cálculo

La densidad (peso unitario) del concreto se calcula como sigue:

$$D_c = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Ecuación 20. Densidad del concreto

Donde:

D_c = Densidad del concreto, kg/m^3

M_c = Masa del recipiente más el concreto, kg

M_m = Masa del recipiente de medida, kg

V_m = Volumen del recipiente de medida, m^3

2.6.6. Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034, 2015)

Esta norma establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Se aplica en concretos que tienen una masa unitaria mayor a 800 kg/m^3 .

a) Aparato

La máquina de ensayo será de tamaño suficiente para acomodar el espécimen en posición idónea. Debe ser operada por energía, siendo capaz de aplicar la carga sin detenimientos ni intermitencia. La máquina es equipada con dos bloques de acero que son ubicados en la base y en la parte superior del espécimen de ensayo. Los bloques deben tener un diámetro de al menos 3 % mayor que el diámetro del espécimen de concreto.

b) Procedimiento

- Los especímenes fueron sometidos a compresión tan pronto fue posible, después de retirarlos del almacenaje húmedo.
- Se colocó el bloque inferior sobre la mesa o platina de la máquina.
- Se limpió las superficies de contacto de los bloques y el espécimen y luego se colocó el espécimen sobre el bloque inferior.
- Antes de aplicar el ensayo se verificó que el indicador de carga este en cero.
- Finalmente se aplicó la carga de compresión hasta que el indicador muestre disminución.

c) Cálculo

El cálculo para determinar la resistencia a compresión en especímenes de concreto es como sigue:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Ecuación 21. Resistencia a compresión

Donde:

$f'c$ = Resistencia a la compresión, kg/cm²

P = Carga máxima alcanzada, kg

A = Área promedio de la sección transversal, cm²

2.6.7. Determinación de costos

2.6.7.1. Metrado

Se debe conocer el metrado de una partida antes de determinar el costo unitario directo de la misma, con el fin de establecer la cantidad de materiales a utilizar. Para este caso, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010), indica que el metrado para el concreto en columnas se realiza en metros cúbicos (m³), y el cómputo será la suma de los volúmenes de todas las columnas.

2.6.7.2. Precios unitarios

Para determinar los precios unitarios se debe considerar la mano de obra, materiales y herramientas que se requieren en cada tipo de concreto analizados en esta investigación.

Tabla 26. *Consideraciones por tomar en cuenta para determinar precios unitarios*

Concreto	Mano de obra	Materiales
		Elementos ⁽¹⁾
	Cuadrilla ⁽¹⁾	
	- Capataz - Operario - Oficial - Peón	- Piedra chancada - Arena Gruesa - Cemento Portland MS (42.5 kg) - Agua
Concreto Tradicional		
	Cuadrilla ⁽¹⁾	Elementos ⁽²⁾
	- Capataz - Operario - Oficial - Peón	- Concreto Rápido (40 kg) - Agua
Concreto Predosificado seco		

⁽¹⁾ Tomado de CAPECO (2003)

⁽²⁾ Tomado de la ficha técnica del “Concreto Rápido” (ver Anexo N° 1)

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

2.6.7.3. Rendimiento de mano de obra

Para la determinación del rendimiento de la mano de obra se elaboraron columnas sin acero de refuerzo, tanto de concreto mezclado de manera tradicional como de concreto predosificado seco.

2.6.7.3.1. Elaboración de columnas

a) Procedimiento

- Se estableció el lugar y las condiciones en las que fueron elaboradas las columnas.
- El material necesario fue ubicado cerca de dónde se realizó la tarea.
- Se realizó el encofrado de las columnas y se fijaron en el suelo a una profundidad aproximada de 10 o 15 cm.

- Luego se procedió a realizar el mezclado y vaciado del concreto.
- El tiempo fue tomado desde el inicio del mezclado del concreto hasta la culminación de la tarea.

b) Cálculo

El rendimiento fue establecido para una jornada de 8 horas (CAPECO, 2003). Y se determinó multiplicando el tiempo de una jornada, por el cociente del volumen elaborado entre el tiempo que se tardó el operario en completar la tarea.

2.6.7.4. Costo unitario directo

El costo unitario directo no es más que el resultado de sumar los costos por mano de obra, materiales y herramientas necesarios para completar la tarea, en este caso para la partida de concreto en columnas.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.7. Caracterización de los agregados

3.7.1. Caracterización del agregado fino

En la *Tabla 27* se muestra el resumen de los resultados de la caracterización del agregado fino detallados en el *Anexo N° 4*.

Tabla 27. Resultados de los ensayos de caracterización del agregado fino

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO FINO		
Módulo de Fineza (Mf)	2.78	NTP 400.012
Densidad de masa compactada, kg/m ³	1740	NTP 400.017
Densidad de masa suelta, kg/m ³	1560	NTP 400.017
Densidad relativa	2.64	NTP 400.022
Densidad, kg/m ³	2630	NTP 400.022
Contenido de humedad, %	1.45	NTP 339.185
Porcentaje de absorción, %	1.66	NTP 400.022

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

3.7.2. Caracterización del agregado grueso

En la *Tabla 28* se muestra el resumen de los resultados de la caracterización del agregado grueso detallados en el *Anexo N° 4*.

Tabla 28. Resultados de los ensayos de caracterización del agregado grueso

CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
Tamaño Máximo Nominal (TMN), pulg	3/4"	NTP 400.012
Tamaño Máximo (TM), pulg	1"	NTP 400.012
Densidad de masa compactada, kg/m ³	1580	NTP 400.017
Densidad de masa suelta, kg/m ³	1470	NTP 400.017
Densidad relativa	2.62	NTP 400.021
Densidad, kg/m ³	2610	NTP 400.021
Contenido de humedad, %	0.63	NTP 339.185
Porcentaje de absorción, %	1.41	NTP 400.021

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

3.8. Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211

En la *Tabla 29* se muestra las proporciones de cemento, agregados y agua para un metro cúbico de concreto detallados en el *Anexo N° 5*.

Tabla 29. Valores de diseño para un metro cúbico de concreto

PROPORCIONES PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO (F'C = 210 KG/CM2)		
Cemento Portland	383.515	kg/m3
Agregado Fino	730.173	kg/m3
Agregado Grueso	988.774	kg/m3
Agua	214.155	L/m3

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la *Tabla 30* se muestra la cantidad de materiales que fueron necesarios para elaborar 20 probetas cilíndricas de concreto detallados en el *Anexo N° 5*.

Tabla 30. Cantidad de material de una tanda para 20 probetas de 4" de diámetro por 8" de profundidad

Cemento Portland	12.636	kg
Agregado Fino	24.058	kg
Agregado Grueso	32.578	kg
Agua	7.056	L

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9. Ensayos en el concreto en estado fresco

Tabla 31. Resultados de los ensayos en el concreto en estado fresco

Concreto en estado fresco			
Descripción	Asentamiento (pulg)	Temperatura (°C)	Peso unitario (kg/m3)
Concreto predosificado	6 3/4	19.5	2364
Concreto tradicional	3 1/2	20.5	2375

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.10. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto

3.10.1. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días

Tabla 32. Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado

Tipo de Concreto	Nº	Diámetro promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	% f'c con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto predosificado	1	10.00	78.49	11905.00	152	178	85%
	2	10.02	78.80	13485.53	171		
	3	9.99	78.44	14189.13	181		
	4	9.95	77.76	15871.63	204		
	5	10.04	79.12	14474.64	183		
Concreto tradicional	1	10.02	78.85	14857.03	188	191	91%
	2	9.97	78.07	14546.02	186		
	3	10.00	78.49	15050.77	192		
	4	10.03	79.01	15147.64	192		
	5	10.00	78.54	15270.01	194		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

3.10.2. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado

Tabla 33. Resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de curado

Tipo de Concreto	Nº	Diámetro promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	% f'c con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto predosificado	1	10.03	79.06	14438.95	183	203	96%
	2	10.02	78.80	18803.27	239		
	3	9.99	78.44	16320.30	208		
	4	9.93	77.50	13862.82	179		
	5	10.02	78.80	16101.06	204		
Concreto tradicional	1	10.02	78.91	16728.18	212	205	98%
	2	10.04	79.12	14627.60	185		
	3	9.99	78.44	16942.32	216		
	4	10.01	78.75	17375.69	221		
	5	10.03	79.06	15219.02	192		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

3.10.3. Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado

Tabla 34. *Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días de curado*

Tipo de Concreto	Nº	Diámetro promedio (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c promedio (kg/cm ²)	% f'c con respecto a 210 kg/cm ²
Concreto predosificado	1	10.00	78.54	20750.90	264	279	133%
	2	9.96	77.96	22326.33	286		
	3	10.01	78.75	21530.97	273		
	4	10.03	79.01	21184.27	268		
	5	10.01	78.75	20791.68	264		
	6	9.99	78.38	22576.16	288		
	7	10.03	79.01	22290.64	282		
	8	9.96	77.96	21311.73	273		
	9	10.03	79.01	22999.33	291		
	10	10.01	78.75	23448.00	298		
Concreto tradicional	1	9.99	78.44	20286.93	259	245	117%
	2	10.00	78.54	18925.63	241		
	3	10.00	78.49	19613.93	250		
	4	9.95	77.76	20368.51	262		
	5	10.00	78.49	19032.70	242		
	6	10.03	78.96	18910.34	239		
	7	10.01	78.75	19537.45	248		
	8	10.03	79.06	19211.15	243		
	9	10.03	78.96	18502.46	234		
	10	10.03	78.96	18298.52	232		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

3.11. Costos unitarios directos

3.11.1. Rendimiento de mano de obra

En la *Tabla 35* se muestra el resumen de los resultados del rendimiento de mano de obra detallados en el *Anexo N° 12*.

Tabla 35. Rendimiento de mano de obra para un jornal de 8 horas

Tipo de Concreto	Volumen m ³	Tiempo h	Rendimiento		Cuadrilla			
			m ³ /h	m ³ /día	Capataz	Operario	Oficial	Peón
Concreto tradicional	0.1875	0.2537	0.7392	5.9133	0.2000	2.0000	2.0000	10.0000
Concreto predosificado seco	0.1875	0.1920	0.9766	7.8125	0.1000	1.0000	1.0000	6.0000

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

3.11.2. Concreto tradicional

La *Tabla 36* se realizó a partir de los *Anexos N° 11, N° 12 y N° 13*

Tabla 36. Costo unitario directo por m³ del concreto mezclado de manera tradicional

Análisis de costos unitarios del concreto tradicional					
Partida:	Concreto en columnas f'c = 210 kg/cm2				
Rendimiento:	m3/día	MO. 5.9133	Costo unitario directo por m3:		421.52
Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Capataz	hh	0.2000	0.2706	26.33	7.12
Operario	hh	2.0000	2.7058	23.94	64.78
Oficial	hh	2.0000	2.7058	18.95	51.27
Peón	hh	10.0000	13.5289	17.12	231.61
					354.79
Materiales					
Piedra chancada de 3/4"	m3		0.1324	60.00	7.95
Arena Gruesa	m3		0.0921	50.00	4.61
Cemento Portland MS (42.5 kg)	bls		1.7766	24.46	43.46
Agua	m3		0.0423	1.94	0.08
					56.09
Herramientas					
Herramientas manuales	% MO		3.0000	354.79	10.64
					10.64

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

3.11.3. Concreto predosificado seco

La *Tabla 37* se realizó a partir de los *Anexos N° 11, N° 12 y N° 13*.

Tabla 37. Costo unitario directo por m3 del concreto predosificado seco

Análisis de costos unitarios del concreto predosificado seco					
Partida: Concreto en columnas f'c = 210 kg/cm2					
Rendimiento: m3/día	MO. 7.8125	Costo unitario directo por m3:		334.45	
Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra					
Capataz	hh	0.1000	0.1024	26.33	2.70
Operario	hh	1.0000	1.0240	23.94	24.51
Oficial	hh	1.0000	1.0240	18.95	19.40
Peón	hh	6.0000	6.1440	17.12	105.19
					151.80
Materiales					
Concreto Rápido (40 kg)	bls		11.6329	15.30	177.98
Agua	m3		0.0582	1.94	0.11
					178.10
Herramientas					
Herramientas manuales	% MO		3.0000	151.80	4.55
					4.55

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Análisis de resultados de los ensayos de resistencia a la compresión

En la *Figura 4* se muestra que la resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco aumentan con relación al tiempo de curado. Los especímenes ensayados a los 7 días alcanzaron una resistencia a la compresión promedio de 178 kg/cm^2 , lo que representa al 85 % de la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 . Los testigos ensayados a los 14 días de curado lograron alcanzar una resistencia a la compresión promedio de 203 kg/cm^2 , es decir, que llegaron a obtener el 96 % de la resistencia requerida. Por otro lado, los especímenes ensayados a los 28 días de curado obtuvieron una resistencia a la compresión promedio de 279 kg/cm^2 alcanzando el 133 % de la resistencia requerida. Estos resultados son comparados con los trabajos de investigación de Morillas & Plasencia (2018) en el que menciona que el concreto predosificado seco a los 28 días pasa la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 debido a que se agrega un factor de seguridad; y Rojas (2010) quien afirma, que la resistencia a la compresión del concreto embolsado para usos inmediatos llegan aproximadamente a 125 % de la resistencia requerida. Rojas (2010) también concluye que los concretos embolsados alcanzan la resistencia de diseño requerida a los 14 días debido a que estos son diseñados para resistencias mayores a las establecidas. Sin embargo, aunque el concreto predosificado seco en cuestión (concreto rápido) no ha logrado llegar a la resistencia de diseño a los 14 días de curado, ha presentado buenos resultados a los 28 días sobrepasando en un 33 % a la resistencia requerida.

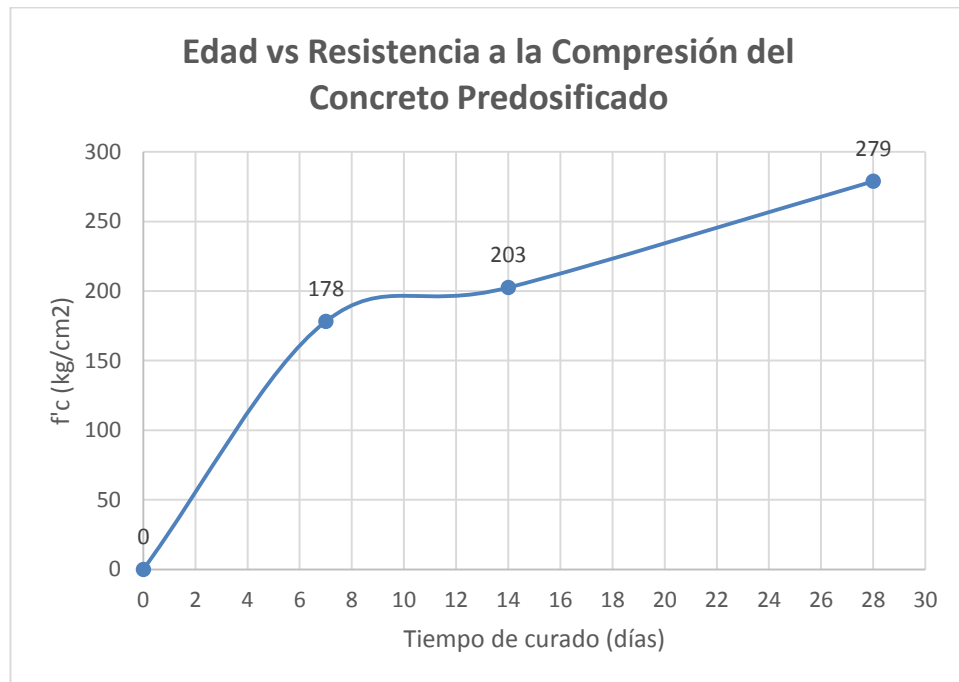


Figura 4. Edad vs resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

Según la *Figura 5*, los especímenes cilíndricos elaborados de concreto tradicional ensayados a los 7 días de curado alcanzaron el 91 % de la resistencia de diseño requerida (210 kg/cm^2), es decir, que en promedio llegaron a una resistencia a la compresión de 191 kg/cm^2 . Las probetas ensayadas a los 14 días llegaron a obtener el 98 % de la resistencia de diseño (205 kg/cm^2) y los testigos sometidos a compresión a los 28 días de curado alcanzaron una resistencia a la compresión promedio de 245 kg/cm^2 , llegando a obtener el 117 % de la resistencia de diseño requerida. Los testigos ensayados de concreto tradicional muestran un aumento positivo en la resistencia a la compresión del concreto con respecto al tiempo de curado. Además, cabe resaltar que la resistencia máxima promedio que alcanzaron los especímenes sometidos a compresión a los 28 días lograron cumplir con la resistencia de diseño requerida.

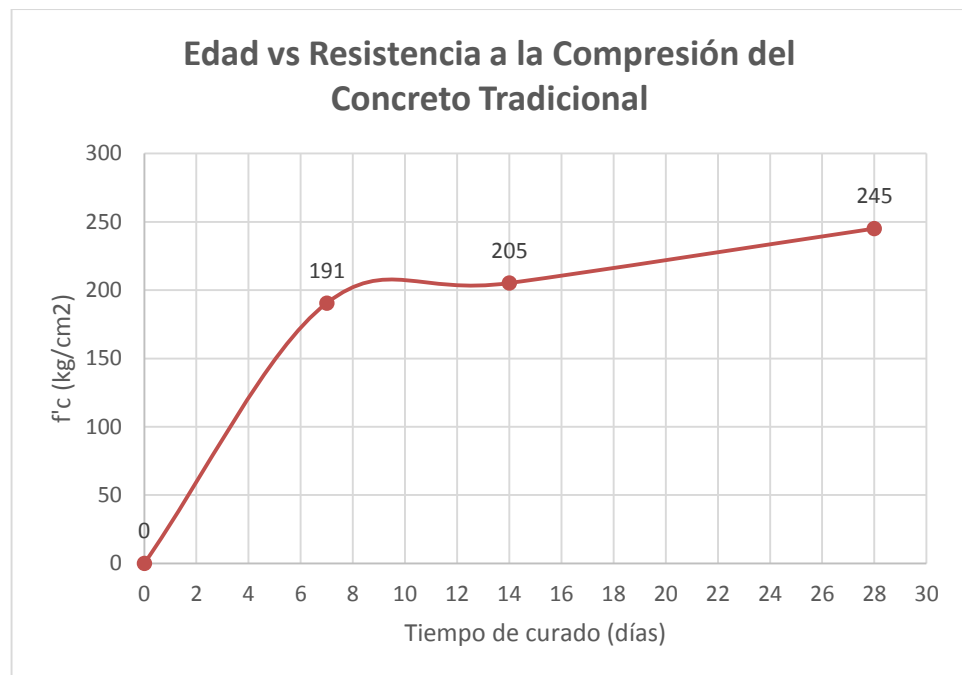


Figura 5. Edad vs resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional

Fuente: Elaboración propia, 2019

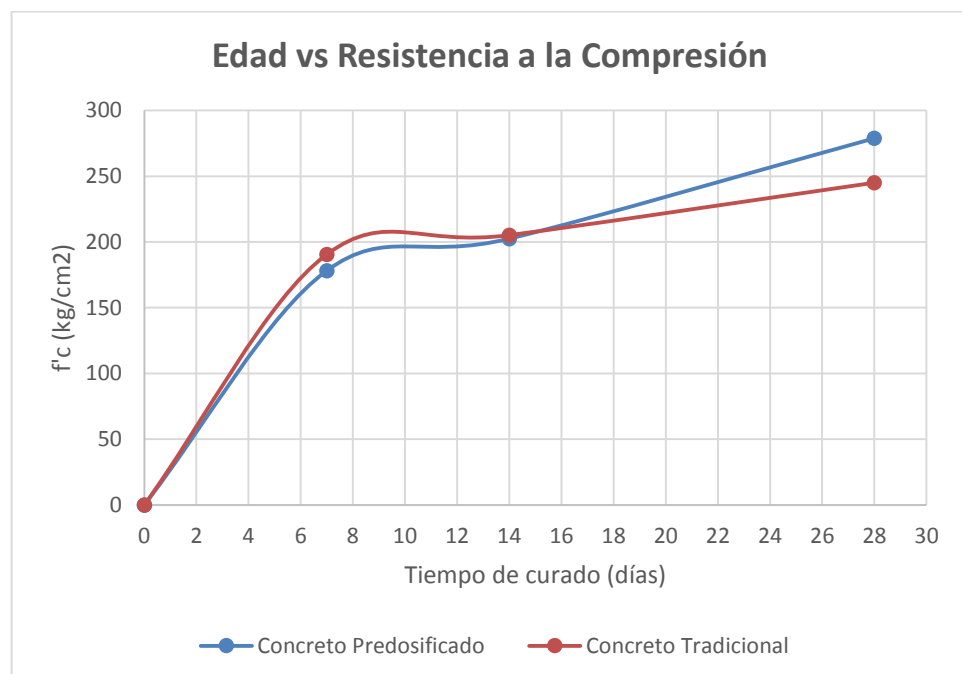


Figura 6. Edad vs resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

En la *Figura 7* se observa que el concreto tradicional alcanza mejores resultados a los 7 y 14 días de curado con respecto al concreto predosificado seco, sin embargo, los resultados que arrojan los ensayos a los 28 días son más favorables para los especímenes elaborados con concreto embolsado. A los 7 días de curado los testigos de concreto tradicional alcanzaron aproximadamente un 6 % más de resistencia que el concreto predosificado seco. Los especímenes de concreto convencional ensayados a los 14 días lograron aproximadamente el 1 % más de resistencia en promedio que los testigos de concreto embolsado. Sin embargo, los resultados a compresión obtenidos a los 28 días de curado muestran que los especímenes de concreto predosificado seco obtuvieron aproximadamente un 16 % más de resistencia a la compresión que las probetas de concreto tradicional.

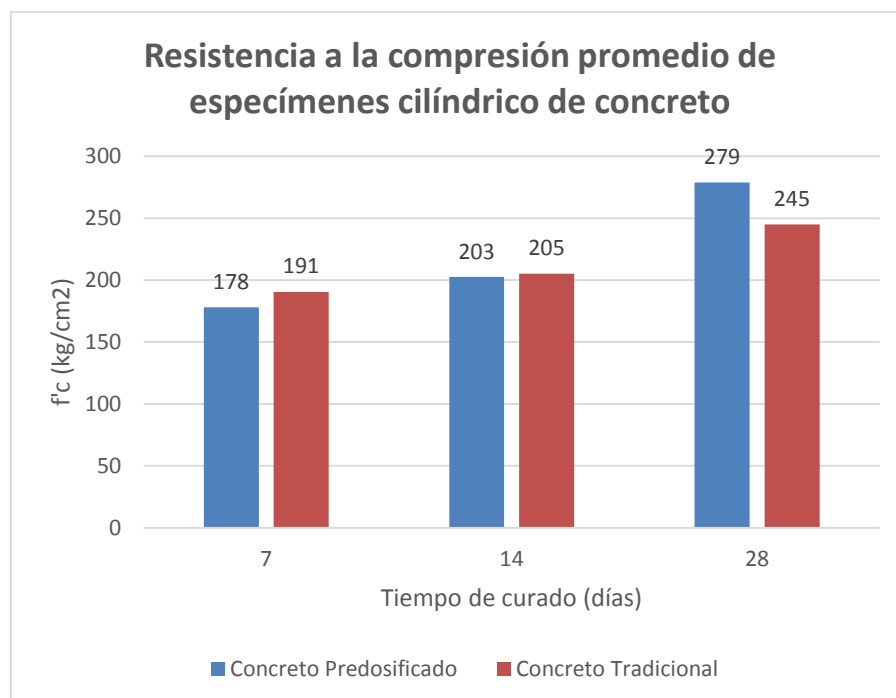


Figura 7. Comparación de la resistencia a la compresión de especímenes de concreto tradicional y concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

4.1.2. Análisis de costos

En la *Figura 8* se observa que la mano de obra para el concreto predosificado seco tiene un costo de S/. 202.99 menos que el concreto mezclado de manera tradicional. Es decir, que el concreto embolsado resulta más rentable en concepto de mano de obra en un 57 % aproximadamente con respecto al concreto tradicional.

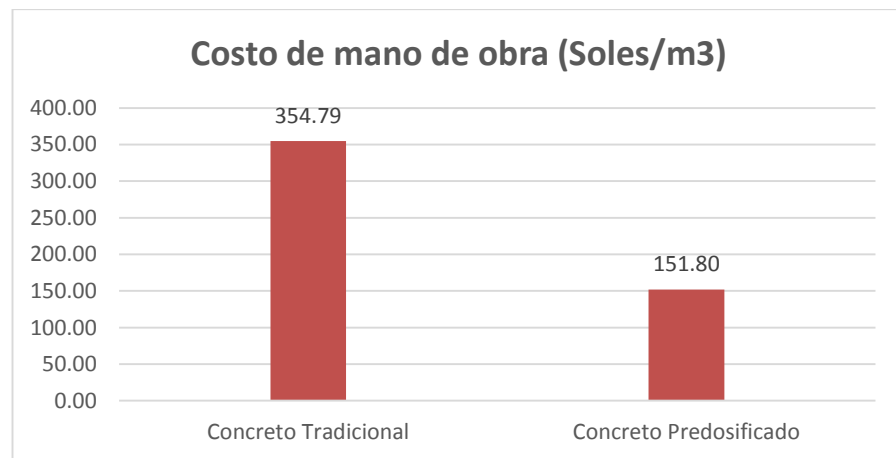


Figura 8. Comparación de costos de mano de obra

Fuente: Elaboración propia, 2020

Por otra parte, se observa una importante diferencia en los costos de materiales como se muestra en la *Figura 9*. El concreto predosificado seco tiene un costo de S/. 122.01 más que el concreto fabricado de manera tradicional. En otras palabras, en costo de materiales, el concreto embolsado resulta ser aproximadamente 218 % más costoso que el concreto elaborado de manera tradicional.

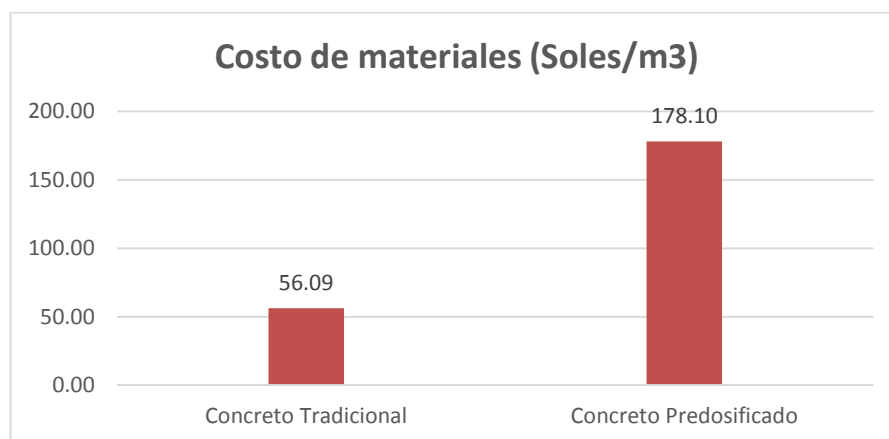


Figura 9. Comparación de costos de materiales

Fuente: Elaboración propia, 2020

El concreto embolsado presenta resultados desfavorables en cuanto a la comparación de costos de materiales con respecto al concreto tradicional. Sin embargo, en cuanto al recurso de mano de obra, el concreto rápido resulta ser más económico. Esto último presenta una ventaja para el resultado final. En la *Figura 10* se observa que el concreto predosificado seco es S/. 87.07 más económico que el concreto tradicional. Si lo expresamos en porcentaje, se puede decir que el concreto predosificado seco es aproximadamente un 21 % más rentable que el concreto mezclado de manera tradicional.

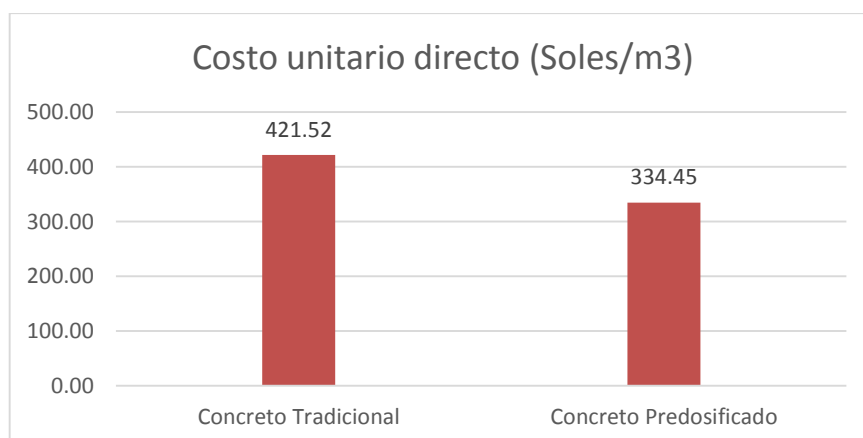


Figura 10. Comparación de costos entre el concreto tradicional y el concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.2. Conclusiones

- Después de realizar el análisis comparativo de costos y resistencia a la compresión del concreto tradicional y el concreto predosificado seco, se observó que los especímenes de concreto embolsado evidenciaron mejor comportamiento con respecto a la resistencia a la compresión. Además, el concreto predosificado seco resulta ser más económico que el concreto mezclado convencionalmente.
- El diseño de mezcla del concreto tradicional, realizado aplicando el método ACI 211, obtuvo un asentamiento de 3 1/2" encontrándose dentro del rango establecido en el diseño (3" a 4"). Por otro lado, el concreto tradicional alcanzó una resistencia a la compresión promedio de 245 kg/cm² sobrepasando en aproximadamente un 17 % a la resistencia a la compresión de diseño. Es decir, que el concreto mezclado de manera tradicional cumplió con los requerimientos de trabajabilidad y resistencia a la compresión, por lo tanto, el diseño de mezcla y el proceso de mezclado del concreto se han elaborado adecuadamente.
- En el ensayo de resistencia a la compresión del concreto, a los 28 días de curado, se observó que los testigos de concreto embolsado llegaron aproximadamente al 133 % (279 kg/cm²) de la resistencia requerida, mientras que el concreto tradicional llegó aproximadamente hasta el 117 % (245 kg/cm²) de la resistencia de diseño. Por lo tanto, en cuanto a resistencia a la compresión, el concreto predosificado seco resulta ser más conveniente que el concreto convencional, debido a que logra alcanzar mejores resultados.

- La resistencia a la compresión del concreto predosificado seco sobrepasó a la resistencia requerida de 210 kg/cm^2 , por lo tanto, cumple con lo manifestado en su publicidad.
- En la comparación de costos se observó que, aunque el concreto predosificado seco muestra ser aproximadamente 218 % más costoso en cuanto a costos en materiales, en costo de mano de obra resulta ser aproximadamente 57 % más favorable. En el resultado final se observa que el concreto embolsado es aproximadamente 21 % más económico que el concreto mezclado de manera tradicional. Por ende, el concreto predosificado seco es más conveniente en cuanto a costos que el concreto tradicional.
- Tomando en cuenta las variables analizadas en esta investigación, se precisa que el concreto predosificado seco es la mejor opción, debido a que presenta mejor comportamiento en cuanto a resistencia a la compresión. Además, resulta ser más económico que el concreto mezclado de forma tradicional.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda el uso del concreto predosificado seco, debido a que el tiempo de preparación es menor con respecto al concreto tradicional ya que el producto solo requiere de agregar agua para ser vaciado en la estructura que se requiera.
- Se recomienda el uso del concreto embolsado en cuestión, debido a que el producto presenta una mezcla uniforme que conlleva a obtener mejores resultados en cuanto a resistencia a la compresión.
- Es recomendable usar el concreto predosificado seco debido a que la dosificación que indica la ficha técnica del producto conlleva a obtener una mezcla trabajable.

- Se recomienda, para futuras investigaciones, preparar concreto haciendo uso de una mezcladora mecánica, en caso de que se quiera conocer el rendimiento de la mano de obra, con el fin de ampliar y facilitar el análisis de costos en partidas específicas donde sea necesario la utilización de concreto.
- Se recomienda realizar más ensayos sobre las propiedades mecánicas del concreto predosificado seco, en investigaciones posteriores, para ampliar conocimiento sobre dicho material de construcción.
- Se recomienda evaluar, en investigaciones futuras, la aplicación de aditivos en el concreto predosificado seco y el costo que representa con respecto al concreto fabricado de forma convencional. Siendo, la parte económica, una variable de suma importancia en el ámbito de la construcción por lo que es necesario considerarse.

REFERENCIAS

- Aceros Arequipa. (s.f.). *Manual de construcción para maestros de obra*. Perú.
- Agudelo, A., & Espinosa, B. (2017). *Análisis de la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con adición de ceniza volante de Termopaipa*. Bogotá.
- American Concrete Institute. (2002). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91)*. Farmington Hills, Michigan.
- American Concrete Institute. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary*. Farmington Hills, Michigan.
- American Concrete Institute. (2018). *ACI Concrete Terminology*. Farmington Hills, Michigan.
- Aragón, S. (2005). *Calidad del concreto*. Costa Rica.
- Beltrán, Á. (2012). *Libro de texto: Costos y presupuestos*. México.
- Cámara Peruana de la Construcción. (2003). *Costos y Presupuestos de Edificación*. Lima: CAPECO.
- Ceballos, M. (2016). El concreto, material fundamental para la infraestructura. *Construcción y tecnología en concreto*, 24.
- Cementos Pacasmayo S.A.A. (2016). *Cemento Mochica Antisalitre*. Pacasmayo, Perú.
- Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2009). *NTP 339.035: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2011). *NTP 400.017: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 339.183: CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 339.184: CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 339.185: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 400.012: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 400.021: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2013). *NTP 400.022: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado*

para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2014). *NTP 400.037: AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.* Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2015). *NTP 339.034: CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.* Lima, Perú: INACAL.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Concreto, Concreto Armado y Concreto Pretensado. (2015). *NTP 400.043: AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.* Lima, Perú: INACAL.

Comité Técnico de Normalización de Agregados, Hormigón (Concreto), Hormigón Armado, Hormigón Pretensado. (2008). *NTP 339.046: HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).* Lima, Perú: INDECOPI.

Comité Técnico de Normalización de Cementos y Cales. (2008). *NTP 334.082: CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance.* Lima, Perú: INDECOPI.

Dávila, N., & Ramirez, Z. (2019). *Análisis comparativo de costos y propiedades mecánicas de muretes adheridos con "Massa Dun - Dun", mortero tradicional y mortero seco predosificado, Trujillo 2019.* Trujillo.

Galicia, M., & Velásquez, M. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de reastrojo de maíz elaborado con agregados*

*de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c$
= 210 kg/cm². Cusco.*

García, V. (2017). *Porcentaje de aire incorporado en el hormigón y su efecto en el desempeño*. Santiago.

Gobierno Regional de Ica. (2019). *Resolución Gerencial Regional N° 001 - 2019 - GORE - ICA/GRINF*. Ica.

GRUPO SAN ANTONIO (GSA). (s.f.). *Concreto rápido 40 kg*. Obtenido de <https://www.gsa.pe/producto/concreto-rapido-40-kg/>

Guerrero, S., & Prado, Y. (2017). *Propuesta para la elaboración de una mezcla predosificada y premezclada de mortero y concreto al vacío para la utilización en obra en el Municipio de Ocaña, norte de Santander*. Ocaña.

Guevara, D. (2014). *Resistencia y costos del concreto premezclado y del concreto hecho al pie de obra, en función al volumen de vaciado*. Cajamarca.

Irungaray, S. (2007). *Evaluación del volumen y calidad del concreto premezclado entregado en obra por camiones mezcladores en el departamento de Guatemala, según norma ASTM C-94*. Guatemala.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Técnica: Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas*. Lima.

Morillas, M., & Plasencia, D. (2018). *Características mecánicas de un concreto premezclado en seco "concreto rápido" $F'c$ = 210 kg/cm² y su costo comparativo*. Trujillo.

Ortega, K., Sarmiento, V., & Villegas, A. (2016). *La construcción alrededor del mundo*. Bogotá.

- Patiño, O., & Rosalín, M. (2005). Control de calidad del concreto (Normas, pruebas y cartas de Control). *Revista de I + D Tecnológico*, 61.
- Perú 21. (28 de Septiembre de 2017). *Trujillo: El 75% de las edificaciones se hicieron de manera informal*. Obtenido de <https://peru21.pe/peru/trujillo-75-edificaciones-hicieron-manera-informal-377945>
- Peruanos de Calidad. (22 de Septiembre de 2017). *Informalidad en el sector construcción: ¿Por qué las edificaciones se caen? ¿Cómo evitarlo?* Obtenido de <https://rpp.pe/seamos-peruanos-de-calidad/informalidad-en-el-sector-construccion-por-que-las-edificaciones-se-caen-como-evitarlo-noticia-1078284>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Seco: <https://dle.rae.es/?id=XOr0Wqc>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Tradicional: <https://dle.rae.es/?id=aDdCZUo>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Compresión: <https://dle.rae.es/?id=A3SRmHJ>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Resistencia: <https://dle.rae.es/?id=WAPyoek>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Análisis: <https://dle.rae.es/?id=2Vga9Gy>
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Comparativo, va: <https://dle.rae.es/?id=9z9Zh2q>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2014). *Norma E.060: Concreto Armado* . Lima: Megabyte.

Rivera, G. (s.f.). *Concreto simple*. Colombia.

Rivva, E. (2000). *Natuleza y materiales del concreto*. Lima: Capítulo Peruano ACI.

Rojas, K. (2010). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto seco en condiciones producidas y recomendadas*. Lima.

Rubio, L. (2014). *Manual de estadística*. Perú.

Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Santafé de Bogotá: BHANDAR.

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2014). *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto*. Lima: Cartolan Editores SRL.

Universidad de La Punta. (s.f.). *Análisis comparativo*. Obtenido de http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/anlisis_comparativo.html

Villa, L. (2018). *Procedimientos constructivos de elementos de concreto*. México.

ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha técnica del "Concreto Rápido"



Urb. San Antonio Mr. C - Lote 3, CASTILLA - PIURA
Central telefónica: (073)345713. Anexo 123



FICHA TECNICA CONCRETO PREMEZCLADO "CONCRETO RAPIDO"

Usos:

Las aplicaciones de este componente constructivo, son de una gran variedad dentro de la industria y el campo de la construcción, principalmente en: Cimentaciones, columnas, vigas, muros estructurales, pisos especiales, entre otros.

Materiales constitutivos:

Cemento Antisaltre, Grava 3/8", Arena Gruesa y aditivos minerales.

Dosificación:

Agregue agua al premezclado en forma gradual a razón de 5 LITROS por bolsa de concreto o hasta formar una mezcla uniforme y trabajable.

PISOS						
Espesor del piso	2.5 cm.	5 cm.	7.5 cm.	10 cm.	15 cm.	20 cm.
Área a cubrir	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²	1 m ²
N° de bolsas	2 bls.	3 bls.	4 bls.	5 bls.	8 bls.	10 bls.

TECHOS			
Techo aligerado. Loza de 5 cm.	Ladrillo 12x30x30	Ladrillo 15x30x30	Ladrillo 20x30x30
Área a cubrir	1 m ²	1 m ²	1 m ²
N° de bolsas	4 bls.	4.5 bls.	5 bls.

COLUMNAS (sección cm. x cm.)			
Altura mt.	25x12	25x25	30x30
2.5	4 bls.	8 bls.	11.5 bls.
3.0	4.5 bls.	9.5 bls.	13.5 bls.

USOS			
	Concreto Rápido 140	Concreto Rápido 175	Concreto Rápido 210
PISOS	SI	SI	SI
TECHOS	NO	SI	SI
COLUMNAS	NO	SI	SI



www.gsa.pe

Figura 11. Ficha técnica del concreto predosificado seco "Concreto Rápido"

Fuente: Morillas & Plasencia, 2018

Anexo N° 2: Ficha técnica del Cemento Portland Tipo MS



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002 -
Versión 01

CEMENTO MOCHICA ANTISALITRE

Cemento Portland Tipo MS

Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157

Pacasmayo, 15 de Junio del 2016

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA (*)	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	5	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.05	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4530	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.7	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.94	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3 días	MPa (kg/cm ²)	23.3 (237)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	31.6 (322)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm ²)	42.6 (435)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	190	Mínimo 45
Fraguado Final	min	374	Máximo 420

Expansión Barra de Mortero a 14 días	%	0.007	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato a 6 meses	%	0.041	Máximo 0.10

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-05-2016 al 31-05-2016

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Abril 2016

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Noviembre 2015

La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Abril 2016

(*) Requisito opcional.



Ing. Ivanoff Rojas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

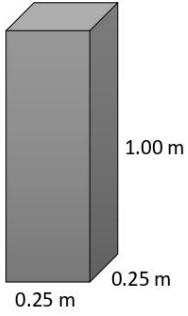
Figura 12. Ficha técnica del Cemento Portland Tipo MS

Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A., 2016

Anexo N° 3: Dimensiones y cantidad de columnas elaboradas

DIMENSIONES Y NÚMERO DE ESPECÍMENES PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA

Para determinar el rendimiento de la mano de obra tanto del concreto tradicional como el concreto predosificado seco, se elaboraron columnas sin acero de refuerzo. La cantidad de columnas se determinó a través de un muestreo no probabilístico por juicio, debido a que no existen estudios anteriores al respecto. Este tipo de muestreo consiste en acudir a expertos que nos ayuden a determinar una muestra representativa. Por lo tanto, en esta investigación, se tomó en cuenta la recomendación del Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz de elaborar un total de 6 columnas de 0.25 m de lado por 1 metro de altura, de los cuales 3 fueron de concreto convencional y los 3 restantes de concreto predosificado seco. El rendimiento se obtuvo multiplicando el tiempo de una jornada (8 horas), por el cociente del volumen elaborado entre el tiempo que se tardó el operario en completar la tarea.

Ensayo	Tipo de concreto	Número de especímenes	Dimensiones de los especímenes
Rendimiento de mano de obra	Concreto tradicional	3	
	Concreto predosificado seco	3	
Total		6	



Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Figura 13. Dimensiones y cantidad de especímenes para determinar el rendimiento de la mano de obra
Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo N° 4: Caracterización de los agregados

Análisis granulométrico de los agregados

a) Agregado Fino

Tabla 38. *Análisis granulométrico del agregado fino*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO							
(NTP 400.012)							
Tipo de agregado: Agregado Fino					NTP	Mf mín:	2.3
Procedencia: Cantera "El Milagro"					400.037	Mf máx:	3.1
Peso seco inicial: 2000 g					Módulo de Fineza:		2.78
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	NTP 400.037	
						Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.75	104.2	5.2	5.2	94.8	95.0	100.0
N° 8	2.36	280.4	14.0	19.2	80.8	80.0	100.0
N° 16	1.18	287.0	14.4	33.6	66.4	50.0	85.0
N° 30	0.60	231.4	11.6	45.2	54.8	25.0	60.0
N° 50	0.30	639.6	32.0	77.1	22.9	5.0	30.0
N° 100	0.15	412.6	20.6	97.8	2.2	0.0	10.0
Fondo		44.3	2.2	100.0	0.0		
Total		1999.5	100.0				

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 39. *Análisis granulométrico del agregado grueso*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO							
(NTP 400.012)							
Tipo de agregado:		Agregado Grueso		Tamaño Máx. Nominal (TMN):		3/4"	
Procedencia:		Cantera "El Milagro"		Tamaño Máximo (TM):		1"	
Peso seco inicial:		5000 g					
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	NTP 400.037	
						HUSO 67	
						Mínimo	Máximo
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	69.7	1.4	1.4	98.6	90.0	100.0
3/8"	9.50	2511.3	50.2	51.6	48.4	20.0	55.0
Nº 4	4.75	2340.6	46.8	98.4	1.6	0.0	10.0
Nº 8	2.36	72.4	1.4	99.9	0.1	0.0	5.0
Nº 16	1.18	0.3	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Nº 30	0.60	0.6	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Nº 50	0.30	0.6	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Nº 100	0.15	1.2	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		2.5	0.1	100.0	0.0		
Total		4999.2	100.0				

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Curva granulométrica

a) Agregado Fino

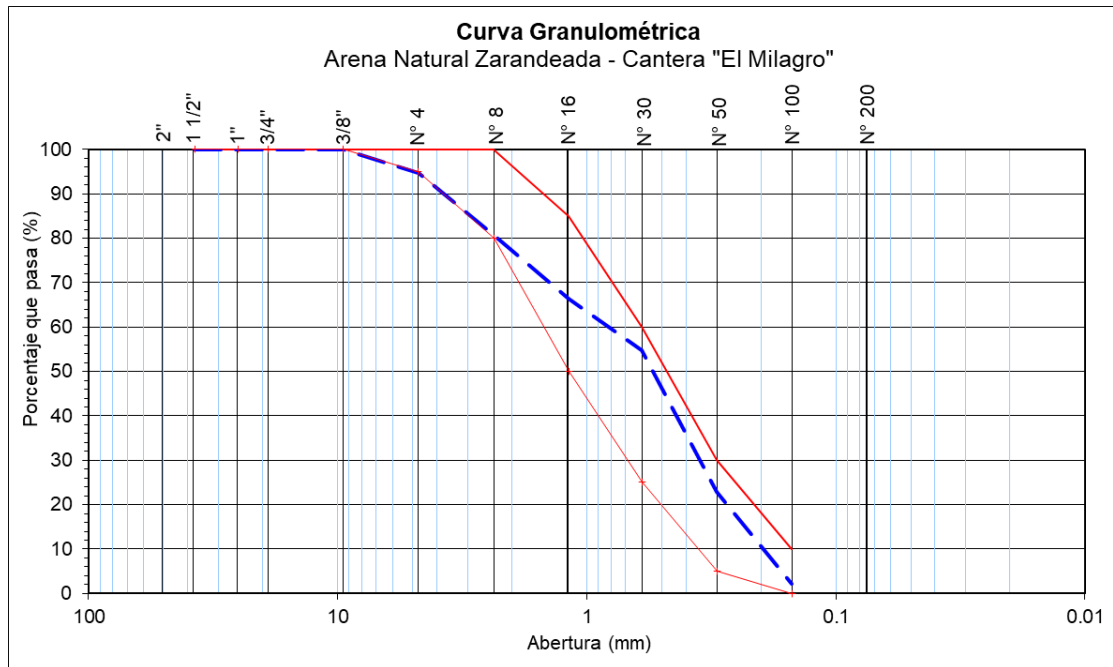


Figura 14. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: Elaboración propia, 2019

b) Agregado Grueso

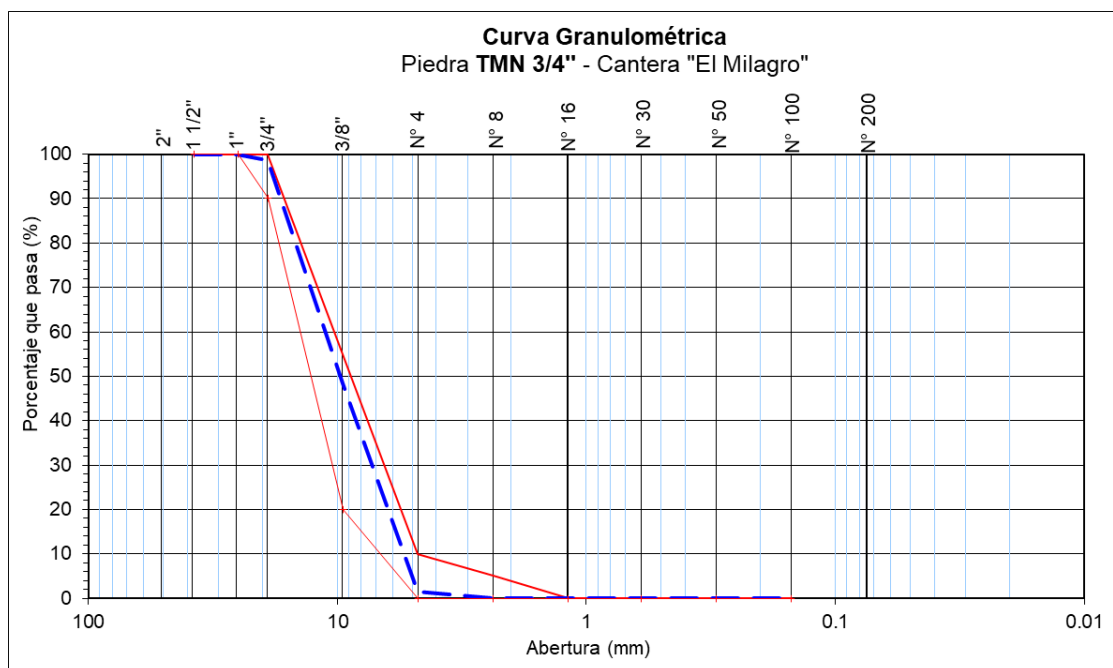


Figura 15. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia, 2019

Contenido de humedad de los agregados

a) Agregado Fino

Tabla 40. *Contenido de humedad del agregado fino*

CONTENIDO DE HÚMEDAD DEL AGREGADO				
(NTP 339.185)				
Tipo de agregado: Agregado Fino				
Procedencia: Cantera "El Milagro"				
Nº Muestra	Masa de muestra húmeda (g)	Masa de muestra seca (g)	Contenido de humedad (%)	Humedad promedio (%)
1	500	492.7	1.48	1.45
2	500	493.4	1.34	
3	500	492.5	1.52	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 41. *Contenido de humedad del agregado grueso*

CONTENIDO DE HÚMEDAD DEL AGREGADO				
(NTP 339.185)				
Tipo de agregado: Agregado Grueso				
Procedencia: Cantera "El Milagro"				
Nº Muestra	Masa de muestra húmeda (g)	Masa de muestra seca (g)	Contenido de humedad (%)	Humedad promedio (%)
1	3000	2981.1	0.63	0.63
2	3000	2981.5	0.62	
3	3000	2980.8	0.64	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Densidad de masa compactada de los agregados

a) Agregado Fino

Tabla 42. *Densidad de masa compactada del agregado fino*

DENSIDAD DE MASA COMPACTADA DEL AGREGADO			
(NTP 400.017)			
Tipo de agregado: Agregado Fino			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa del recipiente + agregado (kg)	30.255	30.140	30.145
Masa del recipiente (kg)	5.320	5.320	5.320
Volumen del recipiente (m3)	0.014	0.014	0.014
Densidad de masa (kg/m3)	1746.27	1738.22	1738.57
Promedio (kg/m3)	1740		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 43. *Densidad de masa compactada del agregado grueso*

DENSIDAD DE MASA COMPACTADA DEL AGREGADO			
(NTP 400.017)			
Tipo de agregado: Agregado Grueso			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa del recipiente + agregado (kg)	27.940	28.175	27.605
Masa del recipiente (kg)	5.320	5.320	5.320
Volumen del recipiente (m3)	0.014	0.014	0.014
Densidad de masa (kg/m3)	1584.15	1600.60	1560.69
Promedio (kg/m3)	1580		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Densidad de masa suelta de los agregados

a) Agregado Fino

Tabla 44. *Densidad de masa suelta del agregado fino*

DENSIDAD DE MASA SUELTA DEL AGREGADO			
(NTP 400.017)			
Tipo de agregado: Agregado Fino			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa del recipiente + agregado (kg)	27.670	27.405	27.565
Masa del recipiente (kg)	5.320	5.320	5.320
Volumen del recipiente (m3)	0.014	0.014	0.014
Densidad de masa (kg/m3)	1565.24	1546.68	1557.88
Promedio (kg/m3)	1560		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 45. *Densidad de masa suelta del agregado grueso*

DENSIDAD DE MASA SUELTA DEL AGREGADO			
(NTP 400.017)			
Tipo de agregado: Agregado Grueso			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa del recipiente + agregado (kg)	26.240	26.535	26.285
Masa del recipiente (kg)	5.320	5.320	5.320
Volumen del recipiente (m3)	0.014	0.014	0.014
Densidad de masa (kg/m3)	1465.09	1485.75	1468.24
Promedio (kg/m3)	1470		

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Densidad relativa de los agregados

a) Agregado Fino

Tabla 46. *Densidad y densidad relativa del agregado fino*

DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO			
(NTP 400.022)			
Tipo de agregado: Agregado Fino			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa de muestra seca (g)	492.10	491.60	491.80
Masa del matraz + agua (g)	658.60	660.10	660.40
Masa de muestra saturada de superficie seca (g)	500.00	500.00	500.00
Masa del matraz + agregado + agua (g)	970.10	974.40	974.90
Densidad relativa	2.61	2.65	2.65
Densidad relativa promedio		2.64	
Densidad del agua a 23 °C (kg/m ³)		997.54	
Densidad del agregado fino (kg/m ³)		2630	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 47. *Densidad y densidad relativa del agregado grueso*

DENSIDAD RELATIVA DEL AGREGADO			
(NTP 400.021)			
Tipo de agregado: Agregado Grueso			
Procedencia: Cantera "El Milagro"			
Nº Muestra	1	2	3
Masa de muestra seca (g)	2960.00	2955.00	2960.00
Masa de muestra saturada de superficie seca (g)	3000.00	3000.00	3000.00
Masa aparente (g)	1870.00	1868.00	1873.00
Densidad relativa	2.62	2.61	2.63
Densidad relativa promedio		2.62	
Densidad del agua a 23 °C (kg/m ³)		997.54	
Densidad del agregado grueso (kg/m ³)		2610	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Porcentaje de absorción

a) Agregado Fino

Tabla 48. Porcentaje de absorción del agregado fino

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO				
(NTP 400.022)				
Tipo de agregado:		Agregado Fino		
Procedencia:		Cantera "El Milagro"		
N ° Muestra	Masa SSS (g)	Masa seca (g)	% Absorción	% de Absorción promedio
1	500	492.10	1.61	1.66
2	500	491.60	1.71	
3	500	491.80	1.67	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Agregado Grueso

Tabla 49. Porcentaje de absorción del agregado grueso

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO				
(NTP 400.021)				
Tipo de agregado:		Agregado Grueso		
Procedencia:		Cantera "El Milagro"		
N ° Muestra	Masa SSS (g)	Masa seca (g)	% Absorción	% de Absorción promedio
1	3000	2960	1.35	1.41
2	3000	2955	1.52	
3	3000	2960	1.35	

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Anexo N° 5: Diseño de mezcla del concreto tradicional por el método ACI 211

Se realizó el diseño de mezcla para un $f'c$ de 210 kg/cm² con cemento Portland Tipo MS.

La densidad del cemento es de 2.94 g/ml (ver Anexo N° 2).

Las características de los agregados están dadas en la Tabla 50.

Tabla 50. Características de los agregados

Descripción	Agregado Fino	Agregado Grueso
Módulo de Fineza	2.78	---
Tamaño Máximo Nominal, pulg	---	3/4"
Densidad de masa compactada, kg/m ³	1740	1580
Densidad, kg/m ³	2630	2610
Contenido de humedad, %	1.45	0.63
Porcentaje de absorción, %	1.66	1.41

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

El diseño de mezcla es como sigue:

a) Resistencia a la compresión

promedio requerida (f'_{cr})

$$f'_{cr} = f'c + 84 \text{ (ver Tabla 15)}$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

b) Selección del asentamiento

Se considera un asentamiento

plástico. Es decir, de 3" a 4" (ver

Tabla 16)

c) Volumen unitario de agua

$$a = 205 \text{ kg/m}^3 \text{ (ver Tabla 17)}$$

d) Contenido de aire atrapado

$$\text{Aire atrapado} = 2\% \text{ (ver Tabla 18)}$$

e) Relación agua - cemento (a/c)

f'_{cr}	a/c
300	0.55
294	x
250	0.62

$$x = 0.558 \text{ (ver Tabla 19)}$$

f) Contenido de cemento

$$C = 205 / 0.558$$

$$C = 367.120 \text{ kg/m}^3$$

g) Volumen de agregado grueso

MF	F _{Ag}
2.8	0.62
2.78	x
2.6	0.64

x = 0.622 (ver Tabla 20)

$$\text{Cemento} = 0.125 \text{ m}^3$$

$$\text{A. Grueso} = 0.376 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

$$\Sigma = 0.726 \text{ m}^3$$

h) Peso seco y compactado de agregado grueso

$$M = 1580 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{Ag} = 0.622$$

$$P_{sAg} = 1580 \times 0.622$$

$$P_{sAg} = 982.555 \text{ kg/m}^3$$

i) Volumen absoluto de los materiales por m³

Cemento

$$\text{Cemento} = 367.120 / (2.94 \times 1000)$$

$$\text{Cemento} = 0.125 \text{ m}^3$$

Agregado grueso

$$\text{A. Grueso} = 982.555 / 2610$$

$$\text{A. Grueso} = 0.376 \text{ m}^3$$

Agua

$$\text{Agua} = 205 / 1000$$

$$\text{Agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

Aire

$$\text{Aire} = 2 \% = 2/100$$

$$\text{Aire} = 0.020 \text{ m}^3$$

j) Peso seco de agregado fino

$$V_{abs.Af} = 1 - 0.726$$

$$V_{abs.Af} = 0.274 \text{ m}^3$$

$$P_{sAf} = 2630 \times 0.274$$

$$P_{sAf} = 719.755 \text{ kg}$$

k) Corrección por humedad

$$AF = 719.755 [(1.45/100) + 1]$$

$$AF = 730.173 \text{ kg}$$

$$AG = 982.555 [(0.63/100) + 1]$$

$$AG = 988.774 \text{ kg}$$

l) Corrección por absorción y cálculo del agua efectiva

$$AF = 719.755 [(1.45 - 1.66) / 100]$$

$$AF = -1.534 \text{ kg}$$

$$AG = 982.555 [(0.63 - 1.41) / 100]$$

$$AG = -7.621 \text{ kg}$$

$$\text{Agua libre} = -1.534 + (-7.621)$$

$$\text{Agua libre} = -9.155 \text{ kg}$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - (-9.155)$$

$$\text{Agua efectiva} = 214.155 \text{ kg}$$

m) Reajuste del peso de cemento

$$Cr = 214.155 / 0.558$$

$$Cr = 383.515 \text{ kg}$$

Comprobación de resultados

Agregado fino

$$AF = 719.755 [(1.66/100) + 1]$$

$$AF = 731.706 \text{ kg/m}^3$$

Agregado grueso

$$AG = 982.555 [(1.41/100) + 1]$$

$$AG = 996.395 \text{ kg/m}^3$$

Material	Peso húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)
Cemento	383.515	383.515
A. Fino	730.173	731.706
A. Grueso	988.774	996.395
Agua	214.155	205.000
PUC	2316.616	2316.616

Dimensiones de una probeta

	pulg	m
Diámetro	4	0.102
Profundidad	8	0.203

$$\text{Volumen de probeta} = 0.00165 \text{ m}^3$$

Cantidad de material para 20 probetas

Cantidad de cemento para una probeta

$$\text{Cemento} = 383.515 \times 0.00165$$

$$\text{Cemento} = 0.632 \text{ kg}$$

Cantidad de agregado fino para una probeta

$$AF = 730.173 \times 0.00165$$

$$AF = 1.203 \text{ kg}$$

Cantidad agregado grueso para una probeta

$$AG = 988.774 \times 0.00165$$

$$AG = 1.629 \text{ kg}$$

Cantidad de agua para una probeta

$$\text{Agua} = 214.155 \times 0.00165$$

$$\text{Agua} = 0.353 \text{ L}$$

Materiales	1 probeta	20 probetas
Cemento, kg	0.632	12.636
A. Fino, kg	1.203	24.058
A. Grueso, kg	1.629	32.578
Agua, L	0.353	7.056

Anexo N° 6: Densidad (peso unitario) del concreto

a) Concreto rápido

Tabla 51. *Densidad (peso unitario) del concreto predosificado seco*

DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO	
NTP 339.046	
Tipo de concreto: Concreto predosificado	
Masa del recipiente más el concreto, kg	19.94
Masa del recipiente de medida, kg	3.36
Volumen del recipiente de medida, m3	0.00702
Densidad, kg/m3	2364

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) Concreto tradicional

Tabla 52. *Densidad (peso unitario) del concreto tradicional*

DENSIDAD (PESO UNITARIO) DEL CONCRETO	
NTP 339.046	
Tipo de concreto: Concreto tradicional	
Masa del recipiente más el concreto, kg	20.02
Masa del recipiente de medida, kg	3.36
Volumen del recipiente de medida, m3	0.00702
Densidad, kg/m3	2375

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Anexo N° 7: Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto

a) A los 7 días

Tabla 53. *Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 7 días de curado*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO								
(NTP 339.034)								
	Tipo de concreto:	Concreto predosificado	Edad de rotura:	7 días	Tamaño referencial de espécimen	Diámetro		4"
						Profundidad		8"
Nº	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)
	Superior	Centro	Inferior					
1	9.90	9.99	10.10	10.00	78.49	116.75	11905.00	152
2	9.90	10.00	10.15	10.02	78.80	132.25	13485.53	171
3	9.89	10.00	10.09	9.99	78.44	139.15	14189.13	181
4	9.89	9.95	10.01	9.95	77.76	155.65	15871.63	204
5	9.90	10.01	10.20	10.04	79.12	141.95	14474.64	183
Resistencia a la compresión promedio:								178

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Tabla 54. *Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 7 días de curado*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO								
(NTP 339.034)								
	Tipo de concreto:	Concreto tradicional			Tamaño referencial de espécimen		Diámetro	4"
	Edad de rotura:	7 días					Profundidad	8"
Nº	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)
	Superior	Centro	Inferior					
1	9.90	10.01	10.15	10.02	78.85	145.70	14857.03	188
2	9.90	10.00	10.01	9.97	78.07	142.65	14546.02	186
3	9.89	10.00	10.10	10.00	78.49	147.60	15050.77	192
4	9.89	10.00	10.20	10.03	79.01	148.55	15147.64	192
5	9.90	10.00	10.10	10.00	78.54	149.75	15270.01	194
Resistencia a la compresión promedio:								191

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

b) A los 14 días

Tabla 55. *Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 14 días de curado*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO								
(NTP 339.034)								
	Tipo de concreto:	Concreto predosificado	Edad de rotura:	14 días	Tamaño referencial de espécimen	Diámetro		4"
						Profundidad		8"
Nº	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)
	Superior	Centro	Inferior					
1	9.90	10.00	10.20	10.03	79.06	141.60	14438.95	183
2	9.90	10.00	10.15	10.02	78.80	184.40	18803.27	239
3	9.89	9.99	10.10	9.99	78.44	160.05	16320.30	208
4	9.89	9.90	10.01	9.93	77.50	135.95	13862.82	179
5	9.90	10.00	10.15	10.02	78.80	157.90	16101.06	204
Resistencia a la compresión promedio:								203

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Tabla 56. *Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 14 días de curado*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO								
(NTP 339.034)								
	Tipo de concreto:	Concreto tradicional	Edad de rotura:	14 días	Tamaño referencial de espécimen	Diámetro		4"
						Profundidad		8"
Nº	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)
	Superior	Centro	Inferior					
1	9.90	10.00	10.17	10.02	78.91	164.05	16728.18	212
2	9.90	10.01	10.20	10.04	79.12	143.45	14627.60	185
3	9.89	9.99	10.10	9.99	78.44	166.15	16942.32	216
4	9.89	10.00	10.15	10.01	78.75	170.40	17375.69	221
5	9.90	10.00	10.20	10.03	79.06	149.25	15219.02	192
Resistencia a la compresión promedio:								205

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

c) A los 28 días

Tabla 57. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco a los 28 días de curado

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO									
(NTP 339.034)									
Nº	Tipo de concreto:	Concreto predosificado	Edad de rotura:	28 días	Tamaño referencial de espécimen			Diámetro	4"
								Profundidad	8"
Nº	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)	
	Superior	Centro	Inferior						
1	9.90	10.00	10.10	10.00	78.54	203.50	20750.90	264	
2	9.80	10.00	10.09	9.96	77.96	218.95	22326.33	286	
3	9.90	10.00	10.14	10.01	78.75	211.15	21530.97	273	
4	9.89	10.00	10.20	10.03	79.01	207.75	21184.27	268	
5	9.89	10.00	10.15	10.01	78.75	203.90	20791.68	264	
6	9.89	9.99	10.09	9.99	78.38	221.40	22576.16	288	
7	9.89	10.00	10.20	10.03	79.01	218.60	22290.64	282	
8	9.89	9.90	10.10	9.96	77.96	209.00	21311.73	273	
9	9.89	10.00	10.20	10.03	79.01	225.55	22999.33	291	
10	9.89	10.00	10.15	10.01	78.75	229.95	23448.00	298	
Resistencia a la compresión promedio:								279	

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 58. *Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto tradicional a los 28 días de curado*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO								
(NTP 339.034)								
N°	Tipo de concreto:			Tamaño referencial de espécimen	Área (cm2)	Carga (KN)	Diámetro	4"
	Edad de rotura:						Profundidad	8"
N°	Diámetro (cm)			Diámetro promedio (cm)	Área (cm2)	Carga (KN)	Carga (kg)	f'c (kg/cm2)
	Superior	Centro	Inferior					
1	9.89	9.99	10.10	9.99	78.44	198.95	20286.93	259
2	9.85	10.00	10.15	10.00	78.54	185.60	18925.63	241
3	9.89	10.00	10.10	10.00	78.49	192.35	19613.93	250
4	9.89	9.95	10.01	9.95	77.76	199.75	20368.51	262
5	9.89	10.00	10.10	10.00	78.49	186.65	19032.70	242
6	9.87	10.01	10.20	10.03	78.96	185.45	18910.34	239
7	9.89	10.00	10.15	10.01	78.75	191.60	19537.45	248
8	9.90	10.00	10.20	10.03	79.06	188.40	19211.15	243
9	9.89	10.00	10.19	10.03	78.96	181.45	18502.46	234
10	9.90	10.00	10.18	10.03	78.96	179.45	18298.52	232
Resistencia a la compresión promedio:								245

Fuente: *Elaboración propia, 2019*

Anexo N° 8: Cálculo de los días laborados

CÁLCULO DE LOS DÍAS LABORADOS EN EL PERIODO DE VIGENCIA DEL 01/06/2019 AL 31/05/2020							
Horas laborables equivalentes a un día [hd]:				8	horas		
Semana	Feriado	Fecha	Día	H: Horas Laboradas (h)	DF: Días Feriados [h/hd]	Dom (días)	DNL: Días no laborables [DF+Dom]
1	San Pedro y San Pablo	29/06/2019	sábado	5.5	0.6875	1	1.6875
2	Fiestas Patrias (28 y 29)	28/07/2019	Dom y Lun	8.5	1.0625	1	2.0625
3	Santa Rosa	30/08/2019	viernes	8.5	1.0625	1	2.0625
4	Combate de Angamos	08/10/2019	martes	8.5	1.0625	1	2.0625
5	Día de Construcción Civil	25/10/2019	viernes	8.5	1.0625	1	2.0625
6	Día de Todos los Santos	01/11/2019	viernes	8.5	1.0625	1	2.0625
7	Inmaculada Concepción	08/12/2019	domingo	0.0	0.0000	1	1.0000
8	Navidad	25/12/2019	miércoles	8.5	1.0625	1	2.0625
9	Año Nuevo	01/01/2020	miércoles	8.5	1.0625	1	2.0625
10	Semana Santa (Jue y Vie)	09/04/2020	Jue y Vie	17	2.125	1	3.125
11	Día del Trabajo	01/05/2020	viernes	8.5	1.0625	1	2.0625
12-53	Semanas Normales			0.0	0.0000	42	42.0000
Total					12.0000	53	65.0000
Los días laborados en el periodo son $366 - 65 =$ 301							
HORARIO A TRABAJAR							
JORNADA SEMANAL							
Horas trabajadas por semana - Diurno	1° Expediente		Almuerzo		2° Expediente		Total
Lunes a Viernes	7:00	12:00	12:00	13:00	13:00	16:30	42.5
Sábado	7:00	12:30					5.5
Domingo							
Total de horas por semana							48

Figura 16. Días laborados en el periodo de vigencia del 01/06/2019 al 31/05/2020

Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo N° 9: Cálculo de incidencias

La revista especializada llamada Asesor Empresarial citado por Dávila y Ramírez (2019), indica que el cálculo de incidencias es como sigue:

Salario Dominical

- Incidencia Dominical = (Domingos al año / Días laborados en el periodo) * 100

Entonces: Incidencia Dominical = $(53/301) * 100 = 17.61 \%$

Vacaciones récord (30 días)

- Incidencia de vacaciones = (Vacaciones remuneradas / Días laborados en el periodo) * 100

- Vacaciones remuneradas = Jornales básicos por 260 + Jornales básicos por exceso

- El régimen laboral indica que por cada 260 días de labor la compensación vacacional equivale a 30 jornales básicos

Entonces: Jornales básicos por 260 días = 30

- Jornales básicos por exceso = 10 % (Días laborados en el periodo - 260)

Entonces: Jornales básicos por exceso = 10 % $(301 - 260) = 4.1$

Por lo tanto: Vacaciones remuneradas = $30 + 4.1 = 34.1$ días

Finalmente se obtiene: Incidencia de vacaciones = $(34.1/301) * 100 = 11.33 \%$

Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad

- Incidencia de gratificación = (Días de gratificación / Días laborados en el periodo) * 100

La gratificación se da dos veces al año (Julio y Diciembre), y cada uno equivale a 40 jornales básicos, es decir, 80 días de labor al año.

Entonces: Incidencia de gratificación = $(80/301) * 100 = 26.58 \%$

Jornales por días feriados no laborables

- Incidencia de feriados = (Días feriados / Días laborados en el periodo) * 100

Entonces: Incidencia de feriados = $(12/301) * 100 = 3.99 \%$

Asignación Escolar (Promedio 3 hijos)

- Incidencia de Escolaridad = (Días de escolaridad por hijo / Días laborados en el periodo) * 100

El régimen laboral establece que los trabajadores reciben 30 jornales básicos al año por hijo en edad escolar o inclusive esté realizando estudios superiores si fuese el caso. Se considera un promedio de tres hijos por colaborador.

Entonces: Incidencia de Escolaridad = $[(3 * 30) / 301] * 100 = 29.90 \%$

Resumen del cálculo de incidencias

- Salario Dominical	17.61 %
- Vacaciones récord (30 días)	11.33 %
- Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad	26.58 %
- Jornales por días feriados no laborables	3.99 %
- Asignación Escolar (Promedio 3 hijos)	29.90 %

Anexo N° 10: Porcentaje de beneficios y leyes sociales aplicable sobre la remuneración básica

a) Porcentaje de beneficios y leyes sociales de edificación

Tabla 59. *Porcentajes de beneficios y leyes sociales de edificación a cargo del empleador aplicable sobre la remuneración básica vigente de 01/06/2019 al 31/05/2020*

CONCEPTO	Sobre Remuneración Básica	Sobre Bonif. Unificada de Construcción
1,00 PORCENTAJES ESTABLECIDOS		
1,01 Indemnización:		
- Por tiempo de servicios	12.00	
- Por participación de Utilidades	3.00	
1,02 Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo		
- Prestaciones Asistenciales (Ley 26790 del 18.05.97)	1.30	1.30
- Prestaciones Económicas	1.70	1.70
1,03 Régimen de prestaciones de Salud (ESSALUD)	9.00	9.00
2,00 PORCENTAJES DEDUCIDOS		
2,01 Salario Dominical	17.61	
2,02 Vacaciones record (30 días)	11.33	
2,03 Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad	26.58	
2,04 Jornales por días feriados no laborables	3.99	
2,05 Asignación Escolar (Promedio 3 hijos)	29.90	
3,00 REGIMEN DE PRESTACIONES DE SALUD (ESSALUD)		
3,01 Sobre Salario Dominical 9% de 17.61%	1.58	
3,02 Sobre vacaciones record 9% de 11.33%	1.02	
3,03 Sobre gratific. De Fiestas Patrias y Navidad 9% de 26.58%	2.39	
3,04 Sobre jornales por días Feriados no laborables 9% de 3.99%	0.36	
4,00 SEGURO COMPLEMENTARIO DE TRABAJO DE RIESGO		
4,01 Sobre Salario Dominical 3% de 17.61%	0.53	
4,02 Sobre vacaciones record 3% de 11.33%	0.34	
4,03 Sobre gratific. De Fiestas Patrias y Navidad 3% de 26.58%	0.80	
4,04 Sobre jornales por días Feriados no laborables 3% de 3.99%	0.12	
SUB-TOTAL	123.54	12.00
Incidencia de Leyes sociales sobre la Remuneración Básica, y la Bonificación Unificada de Construcción	Operario	3.80
	Oficial	3.60
	Peón	3.60
T O T A L	Operario 127.34	
	Oficial 127.14	
	Peón 127.14	

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

b) Cálculo de incidencia de las leyes sociales

Tabla 60. *Cálculo de incidencia de las leyes sociales en la bonificación unificada de construcción sobre la remuneración básica al 01/06/2019*

EDIFICACIÓN				
CONCEPTO		CATEGORIAS		
		OPERARIO	OFICIAL	PEON
1	Sobre Remuneración Básica vigente	70.30	55.40	49.70
2	Bonificación Unificada de Construcción	22.50	16.62	14.91
3	Leyes Sociales sobre la Bonificación Unificada de Construcción (BUC)	2.70	1.99	1.79
	% de incidencia de Leyes Sociales (BUC sobre Remuneración Básica) (3)/(1) x 100%	3.8	3.6	3.6

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

Anexo N° 11: Cálculo del costo horas – hombre en edificaciones

Tabla 61. *Costo horas - hombre en edificación del 01/06/2019 al 31/05/2020*

DESCRIPCION	CATEGORIAS		
	OPERARIO	OFICIAL	PEON
Remuneración Básica del 01/06/2019 al 31/05/2020	70.30	55.40	49.70
Total de Beneficios Leyes Sociales sobre la Remuneración Básica.	89.52	70.44	63.19
Operario 127.34 %			
Oficial 127.14 %			
Peón 127.14 %			
Bonificación Unificada de Construcción (BUC)	22.50	16.62	14.91
Operario 32 %			
Oficial 30 %			
Peón 30 %			
Seguro de Vida ESSALUD - Vida (S/.5.00/mes)	0.17	0.17	0.17
Bonificación Movilidad Acumulada (Res. Directoral N° 777-87-DR-LIM del 08.07.87)	8.40	8.40	8.40
Overol (Res. Direc. N° 777-87-DR-LIM de 08.07.87) (2 x S/.90,00) /301	0.60	0.60	0.60
Total por día de 8 horas (S/.)	191.49	151.63	136.97
HH: Costo de Hora Hombre (S/.)	23.94	18.95	17.12
CAPATAZ			
Total por día de 8 horas (+10 % del Operario S/.) ⁽¹⁾		210.64	
HH: Costo de hora hombre del capataz (S/.)		26.33	

⁽¹⁾ Tomado del Gobierno Regional de Ica, 2019

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

Anexo N° 12: Cálculo del rendimiento de mano de obra

Tabla 62. *Rendimiento de la mano de obra por tipo de concreto*

	Tipo de concreto	
	Concreto Tradicional	Concreto Predosificado
Tiempo (min)	15.22	11.52
Tiempo (h)	0.2537	0.1920
Volumen (m3)	0.1875	0.1875
Rendimiento (m3/h)	0.7392	0.9766
Rendimiento (m3/día)	5.9133	7.8125

Fuente: *Elaboración propia, 2020*

Anexo N° 13: Cantidad de material para columnas elaboradas de concreto tradicional y concreto predosificado seco

Metrado				
Cat.	ancho (m)	largo (m)	altura (m)	vol (m3)
3	0.25	0.25	1	0.1875
Cantidad de material para las columnas de Concreto Tradicional				
Material	Peso húmedo (kg/m3)	1 bls de cemento (kg)	bls/m3	
Cemento	383.515	42.500	9.024	
Materiales	Peso húmedo (kg/m3)	Densidad de masa suelta (kg/m3)	Factor	
A. Fino	730.173	1560	0.47	
A. Grueso	988.774	1470	0.67	
Material	Peso húmedo (kg/m3)	Densidad del agua a 23 °C	Factor	
Agua	214.155	997.54	0.21	
Materiales	Factor	Cantidad	⁽¹⁾ 5% desperdicios	
Cemento	9.02	1.6920	1.7766	bls
A. Fino	0.47	0.0878	0.0921	m3
A. Grueso	0.67	0.1261	0.1324	m3
Agua	0.21	0.0403	0.0423	m3
Cantidad de material para las columnas de Concreto predosificado seco				
Material	Densidad del concreto (kg/m3)	Bls/m3	Bls	⁽¹⁾ 5% desperdicios (Bls)
Concreto rápido (40 kg)	2364	59.0877	11.0789	11.6329
Material	⁽²⁾ Cant. de agua por bls (L)	Litros	m3	
Agua	5	58.1644	0.0582	

⁽¹⁾ Tomado de CAPECO (2003) (ver Anexo N° 14)

⁽²⁾ Tomado de la ficha técnica del “Concreto Rápido” (ver Anexo N° 1)

Figura 17. Cantidad de material para columnas tanto de concreto tradicional como de concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 14: Tabla de porcentaje de desperdicios

Tabla 63. *Porcentaje de desperdicios promedio*

DESCRIPCION	% DESPERDICIO PROMEDIO
Mezcla para concreto	5
Mortero	10
Ladrillo para muros	5
Ladrillo para techos	5
Loseta para pisos	5
Mayólica	5
Clavos	15
Madera	10
Acero de refuerzo	
Ø 3/8"	3
Ø 1/2"	5
Ø 5/8"	7
Ø 3/4"	8
Ø 1"	10

Fuente: CAPECO, 2003

Anexo N° 15: Realización del análisis granulométrico de los agregados



Figura 18. Ejecución del ensayo de granulometría de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 16: Ensayo para determinar la densidad de masa compactada de los agregados



Figura 19. Ejecución del ensayo para determinar la densidad de masa compactada de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 17: Ensayo para determinar la densidad de masa suelta de los agregados



Figura 20. Ejecución del ensayo para determinar la densidad de masa suelta de los agregados

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 18: Ensayo para determinar la densidad relativa del agregado fino



Figura 21. Ejecución del ensayo de densidad relativa del agregado fino

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 19: Ensayo para determinar la densidad relativa del agregado grueso



Figura 22. Ejecución del ensayo de densidad relativa del agregado grueso

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 20: Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto predosificado seco



Figura 23. Elaboración de testigos cilíndricos de concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 21: Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto tradicional

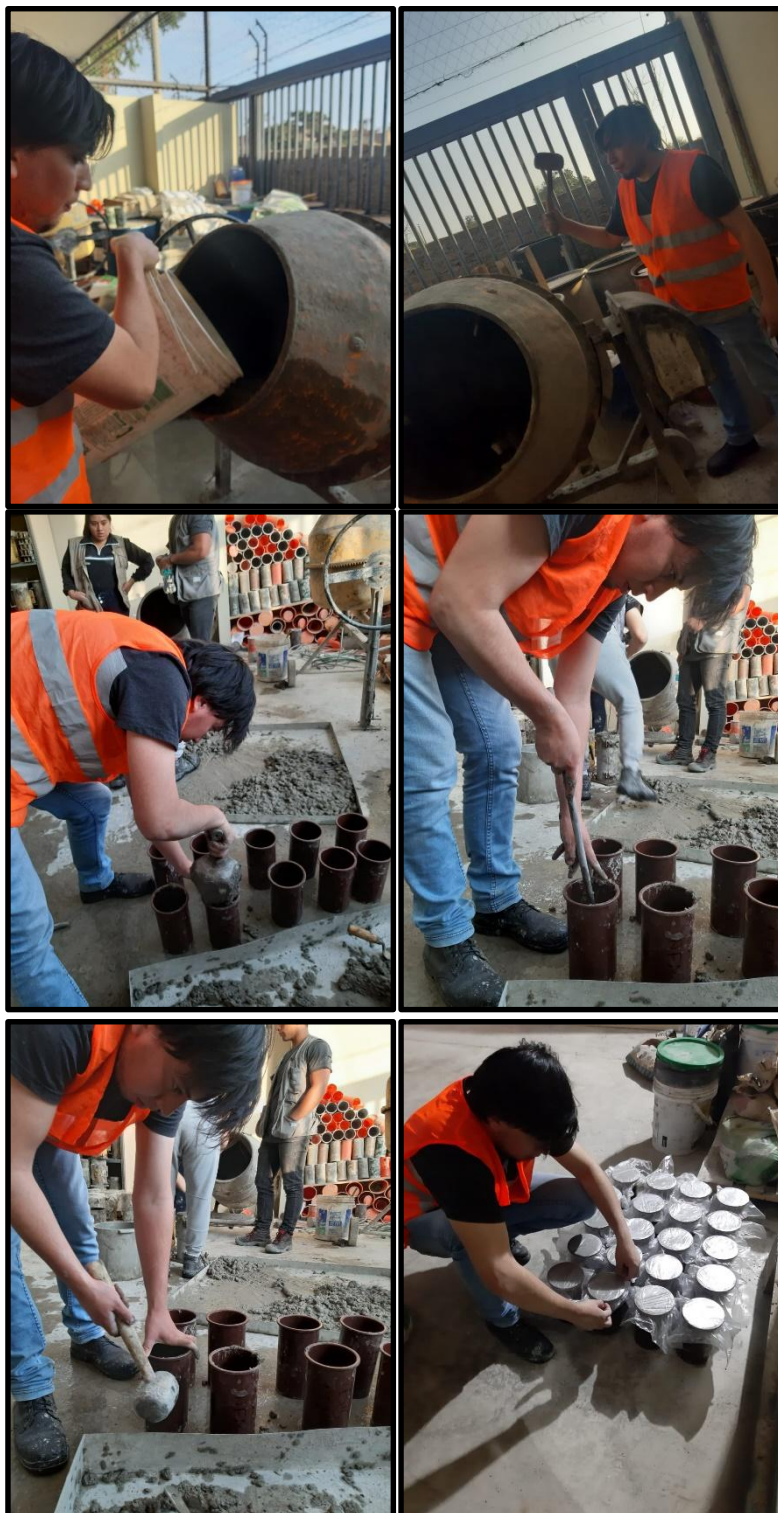


Figura 24. Elaboración de testigos cilíndricos de concreto tradicional

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 22: Ensayos en el concreto en estado fresco



Figura 25. Determinación del asentamiento, temperatura y densidad del concreto tradicional y concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 23: Desencofrado y curado de los especímenes de concreto



Figura 26. Desencofrado y curado de los especímenes de concreto tradicional y concreto predosificado seco

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 24: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto



Figura 27. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto

Fuente: Elaboración propia, 2019

Anexo N° 25: Ensayo para determinar el rendimiento de mano de obra



Figura 28. Determinación del rendimiento de mano de obra en la partida de concreto en columnas

Fuente: Elaboración propia, 2020