

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Propuesta de un sistema de curado inteligente en la
resistencia de un concreto 210 kg/cm² en la ciudad de Huaraz
2017**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero Civil

AUTOR

Antúnez Avendaño, Jesús Marcelino

ASESOR

Solar Jara Miguel Ángel

**HUARAZ –PERÚ
2017**

PALABRA CLAVE

Tema	Sistema
Especialidad	Tecnología

KEYWORDS

Theme	System
Specialty	Technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Área	Sub área	Disciplina	Línea de investigación
Ingeniería, Tecnología	Ingeniería Civil	Ingeniería de la construcción	Construcción y Gestión de la construcción

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CURADO INTELIGENTE EN LA
RESISTENCIA DE UN CONCRETO 210 KG/CM2 EN LA CIUDAD DE
HUARAZ 2017”**

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de curado inteligente que permitió llegar a una resistencia de diseño del concreto 210 kg/cm².

El estudio presento como problema el mal curado que se le da al concreto después de la colocación y la poca resistencia a la compresión que alcanza el concreto. A que respecta como Diseño y uso de un sistema de curado inteligente que permitió que un concreto alcance su resistencia de diseño, luego de la discusión que correspondió se obtuvo como conclusión principal que al sincronizar el sensor de humedad, bajo las condiciones del requerimiento con el diseño del sistema de curado inteligente, se logró un curado del concreto adecuado ya que la respuesta de los actuadores para el abastecimiento de agua se da de una forma más racional y efectiva, correspondiendo como recomendación el uso de los componentes electrónicos ya que la respuesta a una señal se da de una forma correcta y precisa para cualquier requerimiento.

La metodología de la presente investigación fue experimental continua porque se tomaron información en distintos tiempos sobre la resistencia a la compresión de las unidades de investigación elaborados de concreto haciendo uso para el curado de un sistema de curado inteligente y monitoreo de la humedad y control de temperatura.

La resistencia deseada fue de 210 kg/cm² a las cuatro semanas o 28 días, para ello se elaboraron 18 especímenes que fueron curados en dos maneras diferentes, nueve fueron curados en cilindros de agua, y nueve fueron curados con el sistema de curado inteligente, tanto a los 7 días ,14 días y 28 días.

Los valores logrados sobre la resistencia a la compresión del concreto experimental, tanto con el curado patrón y curado con sistema de curado inteligente, fueron en un porcentaje máximo de diferencia de 0.5%.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to design an intelligent curing system that allowed reaching a concrete design resistance of 210 kg / cm².

The study presented as a problem the bad curing that is given to the concrete after the placement and the low resistance to compression reached by the concrete. As regards Design and use of an intelligent curing system that allowed a concrete to reach its design resistance, after the corresponding discussion it was obtained as the main conclusion that when synchronizing the humidity sensor, under the conditions of the requirement with the design of the intelligent curing system, an adequate curing of the concrete was achieved since the response of the actuators for the water supply is given in a more rational and effective way, corresponding as a recommendation the use of electronic components since the response to A signal is given in a correct and precise way for.

The methodology of this research was experimental continuous because information was taken at different times on the compressing resistance of the research units developed from concrete making use for the curing of an intelligent curing system and monitoring of humidity and temperature control.

The desired resistance was 210 kg/cm² at four weeks or 28 days, for this 18 specimens were produced that were cured in two different ways, nine were cured in water cylinders, and nine were cured with the intelligent curing system, both at 7 days, 14 days and 28 days.

The values achieved on the compressing resistance of experimental concrete, both with standard curing and curing with intelligent curing system, were at a maximum percentage of difference of 0.5%.

Indice	Pagina N°
Palabra clave.....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Lista de Tablas.....	vi
Figuras.....	viii
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.METODOLOGÍA.....	42
III.RESULTADOS.....	56
IV.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	87
V.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
VI.AGRADECIMIENTO.....	90
VII.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	91
APÉNDICE Y ANEXOS.....	93

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Granulometría del Agregado Fino	10
Tabla 2 Límites Granulométricos	11
Tabla 3 Tamaño Máximo = 16mm	11
Tabla 4 Límites de Composición Aproximados Para Cemento Portland	14
Tabla 5 Tipos de Cemento Portland	15
Tabla 6 Resistencia relativa aproximada del concreto según el tipo de cemento Portland	16
Tabla 7 Tabla de asentamiento	20
Tabla 8 Volumen unitario del agua	21
Tabla 9 Contenido de aire	22
Tabla 10 Relación agua-cemento	23
Tabla 11 Contenido de agregado grueso	23
Tabla 12 Tabla de consumo de corriente	35
Tabla 13 Variable independiente	40
Tabla 14 Variable dependiente	40
Tabla 15 Material a extraer	47
Tabla 16 técnica e instrumento	47
Tabla 17 Especificaciones	52
Tabla 18 Requisitos del agregado fino	55
Tabla 19 Especificaciones	55
Tabla 20 Contenido de humedad del Agregado Fino	57
Tabla 21 Contenido de humedad del agregado grueso	57
Tabla 22 Granulometría del Agregado Fino	58
Tabla 23 Granulometría del Agregado Grueso	59
Tabla 24 Gravedad específica y absorción del agregado fino	60
Tabla 25 Gravedad específica y absorción del agregado grueso	61
Tabla 26 Peso unitario del agregado fino	61

Tabla 27	Peso unitario del agregado grueso	62
Tabla 28	Resumen de los resultados de los agregados en laboratorio	62
Tabla 29	Información de las propiedades de los materiales para el diseño de mezcla	64
Tabla 30	Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con curado patrón a los 7,14 y 28 días (cantera Recuay)	70
Tabla 31	Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm ² con curado del sistema Inteligente los 7,14 y 28 días (cantera Recuay).	71
Tabla 32	Resistencia a la compresión a los 7 días	73
Tabla 33	Resistencia a la compresión en porcentaje	74
Tabla 34	Resultados de las muestras a los 14 días	76
Tabla 35	Resistencia Del Concreto En Promedio a Los 14 Días	77
Tabla 36	Resistencia Del Concreto En Promedio Los 14 Días En %	78
Tabla 37	Resistencia Del Concreto A Los 28 Días	80
Tabla 38	Resistencia Del Concreto En Promedio Los 28 Días En %	81
Tabla 39	Resistencia Del Concreto A Los 28 Días Porcentaje	83
Tabla 40	Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'c=210$ kg/cm ²	84

FIGURAS:

Figura 1 PLC: Micrologix 1500	27
Figura 2 Válvula solenoide de la mar	28
Figura 3 Sensor de humedad YL-69	29
Figura 4 Interruptor Manual	30
Figura 5 Conversor analógico	31
Figura 6 Simbología básica de electricidad	33
Figura 7 Circuito Del Sistema De Curado Inteligente	49
Figura 8 Materiales	50
Figura 8 Resultados de las muestras a los 7 días	76
Figura 9 Resultado promedio del curado patrón y curado inteligente	73
Figura 10 Resultado En Porcentaje Del Curado Patrón Y Curado Inteligente	74
Figura 11 Resultado en porcentaje del curado patrón y curado inteligente	75
Figura 12 Resultados a los 14 días	76
Figura 13 Resultado promedio en 14 días	77
Figura 14 Resultado en porcentaje del curado patrón y curado inteligente	78
Figura 15 Resistencia A La Compresión A Los 14 Días En %	79
Figura 16 Resistencia Del Concreto A Los 28 Días	80
Figura 17 Resistencia Del Concreto En Promedio Los 28 Días En %	81
Figura 18 Resistencia Del Concreto A Los 28 Días En Promedio	82
Figura 19 Resistencia Del Concreto A Los 28 Días Porcentaje	83

I. INTRODUCCIÓN

No se encontró investigaciones realizadas respecto a este tema de investigación, lo que podemos decir que el presente trabajo de investigación es única y original que servirá de fuente de información para futuras investigaciones. Pero como antecedente se tomaron los siguientes trabajos de investigación ya que está muy relacionado con la lógica del sistema inteligente de riego, porque el curado es prácticamente un riego al concreto.

En Guayaquil, (Chamba, 2013), en la investigación para obtener el Título de Ingeniero Electrónico denominado “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicado en el sector popular de Balerio Estadio”, realizado en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, abordó el objetivo principal de desarrollar un proyecto de tipo técnico sobre el diseño de un sistema de riego automático tecnificado, en donde se va a reflejar la representación descriptiva de las operaciones o procesos de irrigación del terreno agrícola. Concluyó que, los sensores de humedad trabajaron de acuerdo a lo esperado, esto es de acuerdo a los objetivos, estos sensores arrojaron datos muy cercanos a los que comúnmente suelen reportar los sensores de alta precisión que se venden en el mercado.

En los trabajos realizados con los comandos AT se obtuvo una comunicación aceptable entre el microprocesador y el smartphone.

De acuerdo con los reportes logrados durante los procesos de pruebas del presente sistema de riego, se pudo evidenciar fácticamente que dicho sistema funcionó en tiempo real, debido a que a que el espacio de tiempo durante el envío y recepción de los mensajes estuvieron en función del tiempo estimado, la cual fue de aproximadamente 45 segundos.

En México (Camargo.MR, 2013), en la investigación titulada “Sistema de control de riego automático mediante el monitoreo de humedad del suelo vía internet”, realizada en la Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería, tuvo como objetivo general el desarrollo de un sistema de control de riego automático, con la cual se pueda

atender la satisfacción de las necesidades de riego con conducta inteligente, a su vez se logre una influencia positiva en el ahorro de agua mediante el control y monitoreo de la variable de presencia de agua en el suelo.

Se concluyó, Que en condiciones controladas el sistema de riego puede llegar a tener un ahorro de hasta el 50% de agua. Esto es en condiciones ideales, ya que generalmente se suelen regar las áreas verdes en horarios donde la temperatura del día alcanza sus niveles máximos, lo cual influye considerablemente en el gasto del agua, debido a una mayor evaporación.

Oziel et al (2011), en su tesis de maestría denominada “Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo” realizado en el colegio de graduados, México, se planteó como objetivo general realizar un modelo de automatización de un sistema de riego multicultivo. Concluyó que se logró encender y apagar el sistema de riego mediante el dispositivo de telefonía celular, la cual, posibilitó la automatización del sistema de riego, en el mismo momento de la ejecución, esto a partir del suelo, del clima y del cultivo, con la finalidad de alcanzar mayores valores de eficiencia y eficacia, en la aplicación del escaso recurso agua.

La justificación de la presente investigación es la siguiente:

En este proyecto se estudió y analizó la forma en que se ha curado del concreto, ya que este curado, es la parte más importante para la resistencia del concreto es por esta razón que se busca una nueva forma de curar, de una forma automatizada para así lograr su resistencia de diseño deseado utilizando componentes electrónicos que nos permitan monitorear de una forma más precisa y segura el curado de concreto utilizando de una manera más adecuada y racional el agua.

Esta forma de curado va a servir como instrumento y guía para la construcción y el tratamiento debido que se debe de dar al concreto en la forma de curado y alcanzar su resistencia de diseño.

También este diseño nos servirá para optimizar costos tanto en el uso del agua y a la vez cumplirá la función de los peones y alcanzando una resistencia de diseño con un curado correcto.

En la dimensión económica, el sistema de curado inteligente en el concreto no necesitará de personal adicional, ya que el sistema es automático.

En cuanto al aporte científico de los resultados se justifica ya que servirá como antecedente para futuras investigaciones.

La problemática encontrada para esta investigación fue la siguiente:

En la actualidad el curado se realiza en forma manual, para el curado de pavimentos se realiza empozando el agua con tierra o arena que generalmente contienen residuos orgánicos que perjudican a la resistencia del concreto, en columnas solo se opta por regarlo algunas veces al día.

La forma de curado del concreto se tomó como referencia de los países internacionales, así también se tomó del medio nacional y local.

Los resultados que se obtienen de las pruebas de compresión en la ciudad de Huaraz, reflejan la baja resistencia del concreto, realidad que se perciben en las construcciones nacionales y locales debido al mal curado y al no tomar la importancia que tiene un correcto curado.

En la ciudad de Huaraz, presentan muchas deficiencias en la resistencia del concreto, debido al mal tratamiento en el colocado y curado del concreto, procedimiento que es muy importante para obtener la resistencia óptima del concreto.

El análisis que se realizó en la ciudad de Huaraz en el curado del concreto, señala que la gran mayoría de las construcciones tiene un ineficiente curado del concreto, ya que las

personas que manipulan el concreto no cuentan con mucha experiencia o desconocen la importancia que tiene el curado en los primeros días después de haber sido colocado el concreto. Debido a esto se planteó la forma de curado del concreto inteligente.

Con la presente investigación se busca implementar un sistema de curado inteligente que nos lleve a la resistencia de diseño, como también para la optimización de agua, costo y personal. Es por ello que se planteó el siguiente problema de investigación:

¿En qué medida el diseño de un curado inteligente contribuirá en la resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huaraz-2018?

Después de haber identificado la problemática, se procedió a la operacionalización y conceptualización de variables.

Materiales

Agregados

(Vilca, 2008), sostiene que, para el logro de la titulación como ingeniero civil, realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería, en la investigación denominada Obtención del concreto de alta resistencia, conceptúa al agregado como que es cúmulo de partículas inorgánicas, cuyo origen puede ser natural o artificial, sus medidas estuvieron contempladas en la NTP 400.011. Los agregados gruesos o finos constituyen la parte inerte del concreto, no obstante, al componer entre 65% y 75% cercanamente de la totalidad del concreto, se debe tener muy en claro la importancia de los agregados, ya que en la antigüedad fue muy poco tomada en cuenta.

(Abanto, 2000), sostiene que los materiales denominados áridos, son materiales inertes que tienen la capacidad de ser combinados con los aglomerantes utilizados en la industria de la construcción (cemento, cal, etc.) y con el líquido elemento, para formar los concretos y morteros. Los agregados ocupan en promedio el 75% del volumen, de una mezcla patrón de concreto.

(Vilca, 2008), manifiesta que los agregados pueden ser gruesos y finos, se conceptúa como fragmentos o porciones de rocas, los cuales tienen como objetivo reducir los costos de la mezcla y, asignarle a dicha mezcla características o comportamientos favorables y aceptables para la construcción, una de sus características son la disminución de la retracción plástica. El agregado, tanto en peso como en volumen, representa todo el concreto, generalmente, en promedio representa el 70 hasta 85% del peso, es por esta razón, las características de los agregados, se consideran como de vital importancia en la estructura cualitativa de la mezcla obtenida.

Las variables o atributos de los agregados usados en las construcciones civiles deben ser aquellas que contribuyen positivamente al desarrollo de ciertas propiedades importantes del concreto, entre la propiedad más considerada, son la resistencia a la compresión, a la extrusión, a la tensión, etc., la facilidad hacia la manipulación, el diseño de relación concreto cemento, la adherencia con la pasta, así como de resistencias a la humedad.

Agregado Grueso

(Ruiz, 2006), manifiesta que el agregado grueso es el agregado de partícula con tamaño mayor a 4.75mm (malla N° 4), en la naturaleza existen variedades de agregado grueso, es necesario señalar que, en la producción de concretos de resistencia alta, se considera como útil usar solamente un rango de esos valores, ya que con esto se está obteniendo resistencias esperadas. Diversos estudios de ingeniería civil y tecnología del concreto demuestran que el uso de agregado grueso con un tamaño nominal máximo de 9.5 mm a 12.5 mm (3/8 a 1/2pulg.) con la cual se logra resistencias mecánicas más grandes.

En la industria de la construcción se debe tener en cuenta el perfil morfológico del agregado grueso, la cual se recomienda la ciencia de la geología. Cuando la materia prima que va a constituir el agregado grueso es triturada, se debe generar estructuras geométricas de forma cubica, a cambio de planas y largas, debido a la debilidad que

presentan y, por la formación tienden a producir mezclas duras que van a usar más agua o aditivo para lograr la trabajabilidad requerida en el proceso constructivo.

Agregado Fino

(Ruiz, 2006), señala que los agregados finos están constituidos por arena de la naturaleza o piedra chancada, en este caso, estas de las piedras tienen dimensiones menores a 4.75 mm, comúnmente, la forma del tamaño de las pequeñas partes de agregado fino se mantiene, de acuerdo a norma, en los límites sugeridos para concreto normal por ASTM C-33, no obstante, el agregado fino seleccionado tiene que disponer o presentar un módulo de finura en el intervalo 2.7 a 3.2.

El agregado fino que presenta una forma redondeada y estructura suave, en la mezcla, se usa menos agua en el concreto, en función de esta propiedad, es más utilizado esta clase de agregado en el caso de uso de requerimiento de concreto con baja relación agua/cementantes.

Propiedades de los Agregados

(Abanto, 2000), en su libro de Tecnología del Concreto sostiene que existen diversos atributos que necesariamente deben estar en los agregados, estos atributos o variables son los atributos físicos y mecánicos, las características de calor, de forma, etc. Seguidamente se detallan las siguientes:

Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia.

Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

Propiedades Químicas: Sales solubles totales, Equivalente de arena y impurezas orgánicas.

Peso unitario

(Neville, 1999), respecto al peso unitario, sostiene que es el peso por cada unidad de volumen (aparente). Existen fórmulas para calcular el de peso unitario.

Peso Unitario Suelto (P.U.S)

Se considera como la relación entre el peso del material suelto dividido el volumen del recipiente que lo almacena.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material suelto}}{\text{Volúmen del recipiente}}$$

Peso Unitario Compactado (P.U.C)

Es entendida como la razón entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material compactado}}{\text{Volúmen del recipiente}}$$

Para determinar los diferentes tipos de pesos unitarios en el agregado fino y grueso es necesario que el material esté totalmente seco, ya que en el agregado grueso se aumenta con la humedad, también se incrementa la propiedad del peso unitario, en el caso del agregado fino, también aumenta con la condición de saturado superficialmente seco, pueden menguar el peso unitario por la película superficial de agua que se forma ocasionando la unión de las partículas, esta unión minimiza la cohesión con el aumento de volumen y reducción del peso unitario, proceso que se denomina esponjamiento, siendo de poca importancia si la dosificación es por peso, pero si se dosifica en volumen, el esponjamiento debe ser considerado cuando existen cambios en la humedad del agregado.

Peso Específico (P.E)

(Neville, 1999), éste autor, conceptual al Peso Específico como la relación, a temperatura constante, entre la masa de un volumen unitario de material con la masa con idéntico volumen de agua no gasificada. Se entiende al peso específico como un indicador de calidad industrial aplicado también en la construcción civil; datos altos provienen de materiales que se comportan bien. Para un determinado valor bajo se indica que se trata de agregados débiles y absorbentes.

De acuerdo con la norma peruana NTP400.021 y la norma ASTM C127, tipifica tres clases de peso específico.

Peso Específico de Masa

Es el valor obtenido como razón, a temperatura constante, entre la masa en el ambiente de un volumen unitario del agregado (en este caso se incluye a los poros cuya permeabilidad son naturales) con la masa de aire de idéntica densidad, de un volumen similar del líquido elemento destilada no gasificada.

Peso Específico Aparente

(Ruiz, 2006), sostiene que es la relación, a una temperatura de la masa el aire de un volumen unitario de material, a la masa de aire de idéntica densidad de un volumen idéntico de agua destilada no gasificada. En caso de que el material es un sólido, el volumen le corresponde al de la porción no permeable.

En la presente investigación, los ensayos que se realizaron para calcular el peso específico de los agregados fueron.

En el caso del agregado fino, se usó la fiola, para el agregado grueso se usó balanza hidrostática, como medios para el cálculo del peso específico.

Absorción

(Abanto, 2000), manifiesta que la absorción es la cantidad de la humedad del agregado cuando dicho agregado presenta la totalidad de sus poros con agua, por el contrario, la superficie está seca. Esta variable o propiedad del concreto se usa generalmente en los

cálculos de dosificación de elaboración del concreto. No obstante, el agregado en la cantera, durante el proceso de regajo, puede disponer de cualquier contenido de humedad.

$$\% \text{ de Absorción del A. Fino} = \frac{100 * (500 - A)}{A}$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Fino} = \frac{100 * (B - A)}{A}$$

Dónde:

A: Peso seco del agregado fino o grueso

B: Peso del agregado grueso en estado natural

Contenido de Humedad (C.H)

(Rivva, 2007), sostiene que el contenido de humedad es el volumen del líquido elemento que tiene el material en su forma natural, esta variable es de mucha importancia, debido a que puede lograr una variación en la relación a/c en el proceso de diseño de mezcla, esto va influir en la resistencia, así como en otras características mecánicas del concreto.

Por lo tanto, se hace necesario llevar a cabo un control adecuado de la dosificación del agua.

$$C.H = \frac{(Peso \text{ humedo} - Peso \text{ seco}) * 100}{Peso \text{ seco}}$$

Granulometría

Se conceptúa como la distribución de las dimensiones de las partículas que conforman un agregado (Neville, 1999). Al agregado se le expresa como una porcentualidad en el peso de cada tamaño con relación al peso total.

La norma ASTM C33 o NTP 400.037 indica que los límites de granulometría, en donde debe estar los límites granulométricos de la arena y el agregado grueso, con la finalidad de ser aceptados para el diseño y producción de concretos.

Estos límites son definidos por los denominados usos granulométricos, estos límites indican un rango de valores, dentro de los cuales deben estar definida, para lograr la distribución de partículas pertinentes para la elaboración del concreto.

Tabla 1
Granulometría del Agregado Fino

PORCENTAJE EN PESO QUE PASA			
TAMIZ	GRUPO C	GRUPOM	GRUPO F
9.5 mm (3/8")	100	100	100
4.75 mm (N°4)	95-100	89-100	90-100
2.36 mm (N°8)	80-100	65-100	80-100
1.18 mm (N°16)	50-85	45-100	70-100
0.6 mm (N°30)	25-60	25-80	55-100
0.3 mm (N°50)	10-30	5-48	5-70
0.15 mm (N°100)	2-10	0-12	0-12

Fuente: Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 de ACI

Tabla 2**Límites Granulométricos**

TAMIZ		% EN PESO QUE PASA
mm	Pulgada	TN 1" (25mm)
50	2"	-
37.7	1 1/2"	-
25	1"	100
19	3/4"	80-88
12.5	1/2"	63-75
9.5	3/8"	55-71
4.8	Nº4	40-59
2.4	Nº8	28-46
1.2	Nº16	18-35
0.6	Nº30	12-25
0.3	Nº50	7-15
0.2	Nº100	3-8

Fuente: Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 de ACI

Tabla 3**Tamaño Máximo = 16mm**

MALLA (mm)	FRACCION QUE PASA		
	A	B	C
16.00	100	100	100
8.00	60	76	88
4.00	38	58	74
2.00	21	42	62
1.00	12	32	49
0.50			
0.25	3	8	18

Fuente: esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 de ACI

Módulo de Finura (M.F.)

Es un número sin dimensiones, indica el tamaño promedio ponderado de los cuerpos del agregado, se usa con la finalidad de supervisar la uniformidad de los agregados, sirve también como medida del valor lubricante y la cantidad demandada de agua por área de superficie.

La norma establece en el caso del agregado fino debe de disponer de un módulo de finura entre 2.35-3.15 o 3.20, se calcula que la arena comprendidas en el intervalo 2.2-2.8, sirven para elaborar concretos de buena trabajabilidad, además de reducir la segregación, y los que están en el intervalo 2.8-3.2, sirven para la producción de concretos de alta resistencia.

El valor del módulo de finura se calcula mediante la sumatoria de los porcentajes retenidos en los tamices 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 Y N|100, divididos entre 100.

Superficie específica

Constituye la superficie de una partícula, se refiere al área superficial de la misma (Ruiz, 2006), es expresada como área por unidad de masa (cm²/gr). A mayor superficie le corresponde mayor área superficial para cubrir con pasta y menor el diámetro de las partículas.

Para obtener la superficie específica se divide, para cada tamiz, el valor del porcentaje entre el diámetro medio. Este indicador se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Superficie Especifica} = \frac{6 * D}{10 * PE}$$

Dónde:

D = Suma de valores calculados mediante la división del porcentaje retenido en cada tamiz entre el valor de diámetro medio (mm).

PE = Peso Específico de la masa del agregado agregado que pasa la malla n° 200

Constituye el volumen en masa del material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N°200, se presenta en el agregado como revestimiento superficial o en forma de cuerpos sueltos.

La arcilla y el limo son considerados como material fino, los cuales se presentan cubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, cuando cubre al agregado grueso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, pero si se encuentran mezclados con la arena, incrementa los requerimientos de agua.

Las normas señalan los límites de presencia del material que pasa la malla N°200:

Agregado Fino

Concretos sujetos a abrasión < 3%

Otros concretos < 5%

Agregado Grueso

En general < 1%

En el ensayo se lava una cierta cantidad o muestra de agregado fino, luego se pasa el agua que sirve para lavar en el tamiz N°200. La reducción de masa resultante del lavado se computa como porcentaje de masa del agregado inicial, se expresa como el volumen de material que no es tamizado.

Cemento

De acuerdo con (Rivera, 2005), es un material en polvo de color gris, que contiene en su mayoría óxido de calcio, también tiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante con capacidad para endurecer, en el agua y aire.

Cemento portland

Para (Rivera, 2005), es un producto obtenido como resultado de la pulverización del Clinker Portland, a ello se le ha adicionado sulfato de calcio. También contiene otros productos, o se le adicionan otros productos, siempre en cuando, esta adición no afecta las propiedades del cemento resultante.

Química del Cemento Portland

Las materias primas utilizadas en la fabricación del cemento Portland son la cal, sílice, alúmina y hierro.

Tabla 4

Límites de Composición Aproximados Para Cemento Portland (Tipo 1)

OXIDO	CONTENIDO (%)
C_3O	60 - 67
SiO_3	60 - 67
Al_3OC_3	3 - 8
Fe_2O_3	0,5 - 6,0
MgO	0.1 – 4.0
Alcalis	0,2 - 1,3
SO_3	1 - 3

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

Tipos de Cemento Portland

Existen diferentes tipos para lograr propiedades físicas y químicas del cemento con la finalidad de satisfacer propiedades requeridas en la industria de la construcción.

Tipo I: No dispone de propiedades especiales, se usa para obras de hormigón en general.

Tipo I-M: Presenta resistencias superiores a las del tipo 1, se usan en obras de hormigón en donde no se requieren propiedades especiales.

Tipo II: Se utiliza generalmente en obras de hormigón que implican la acción ligera de sulfatos, se usa también en obras de moderado calor de hidratación.

Tipo III: Presenta altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Desarrolla bajo calor de hidratación.

Tipo V: Presenta alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Cemento Portland con incorporadores de Aire:

Son tipos de cementos adicionados con material incorporado de aire durante la pulverización; en su identificación llevan una "A". Cemento Portland tipo 1-A o tipo 3-A, etc.

Cemento Portland Blanco:

Este tipo de cemento se elabora con materiales seleccionados que le dotan de un color blanco, fáticamente cumple las propiedades del cemento Portland tipo 1 (NTC 1362).

Tabla 5

Tipos de Cemento Portland

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	COMPOSICIÓN (%)			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_3AF
Normal	24	50	11	8
Moderado	33	42	5	13
Alta resistencia inicial	18	60	12	6
Bajo calor de hidratación	50	26	5	12
Resistencia a los sulfatos	40	40	4	9

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

Composición Típica de los Diferentes Tipos de Cemento Portland

La resistencia mecánica relativa de concretos elaborados con diversos tipos de cemento Portland, poniendo comparativamente al cemento Portland tipo 1, se muestra en la siguiente tabla. Estos datos presentan las características para concretos con curado húmedo que son probados o testeados.

Tabla N°6***Resistencia relativa aproximada del concreto según el tipo de cemento Portland***

TIPOS DE CEMENTO PORTLAND	% RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
	1 Día	7 Días	28 Días	3 Meses
Normal	24	50	11	8
Moderado	33	42	5	13
Alta resistencia inicial	18	60	12	6
Bajo calor de hidratación	50	26	5	12
Resistencia a los sulfatos	40	40	4	9

Fuente: Información Proporcionada por el Fabricante

Agua

(Abanto, 2000), manifiesta que el agua es una sustancia abiótica, sin vida, es el líquido elemento más importante para la vida, el hombre. En su forma líquida cubre un alto porcentaje de la superficie terrestre, el agua que proviene de cuencas saladas y dulces, lluvias, mares, humedad atmosférica, en forma sólida se encuentra en forma de nieve o hielo.

(Abasalon & Salas, 2008), define al líquido elemento como materia transparente, incoloro, químicamente estructurado con una molécula de hidrogeno y otra de oxígeno, (H₂O), no tiene sabor. El agua en la industria de la construcción desarrolla una actividad muy significativa en la producción del concreto, se aplica durante el estado plástico, en el fraguado del concreto, así como en la fase de dureza del concreto; el líquido elemento se usa en la elaboración del concreto de dos maneras, agua potable y agua de mezclado en concreto, sin control de conformidad.

El líquido elemento, en la industria de la construcción se aplica o utiliza en dos usos muy significativos.

Agua de mezclado

El agua mezclada en concreto o de mortero para producir la reacción del aglomerante (cemento), generando en el concreto las propiedades resistentes especificadas y la fluidez utilizada en la manipulación adecuada para facilitar su trabajabilidad.

Agua de curado

En procesos constructivos con concreto recién realizados. Las características del agua presentan cambios o impactos variables sobre el concreto, no obstante, se recomienda usar al líquido elemento de una sola calidad, tanto en curado, fraguado o elaboración del concreto.

Concreto

(Díaz, 2010), es una mezcla con proporciones o porcentualidades de cemento, agua y opcionalmente aditivos, en su fase inicial de elaboración muestra una apariencia plástica y moldeable, luego, poco a poco, en cuestión de días y semanas va adquiriendo una consistencia rígida, la resistencia mecánica se incrementa en el pasar del tiempo, así como sus propiedades aislantes y resistentes, todas estas propiedades lo constituye como un material muy útil y aplicado en la industria de la construcción

El concreto es el resultado de mezclar cemento Portland con agregados fino y grueso, aire y el líquido elemento; en proporciones previamente diseñadas para lograr propiedades pre establecidas, específicamente sobre la resistencia. Cuando reaccionan cemento y agua se cohesionan con los agregados, formando un material duramente cohesionado y de masa heterogénea. En ciertos casos, y en función de diseño, se agregan ciertas sustancias, denominados aditivos, los cuales tienen como función, mejorar o modificar algunas propiedades del concreto (Abanto, 2000)

Se le considera como materia que más se aplica en los procesos de construcción civil, debido a que presenta fácil manipulación en el proceso constructivo, y sobre todo a su gran capacidad de resistencia mecánica, lo que garantiza una construcción muy adecuada

para enfrentar las fuerzas de la naturaleza, se usan en construcciones de edificios hasta vías de ferrocarriles. Asimismo, se usa en la construcción de carreteras, tanques de almacenamiento, puentes, construcción de instalaciones mineras, de la industria en general. Es raro encontrar una estructura en la que no se haya usado concreto en edificaciones civiles o militares. Es un material constructivo con costo económico y versátil (Somayaji, 1995)

Resistencia del Concreto

En las investigaciones científicas realizadas a nivel mundial, se han realizado diversos intentos con la finalidad de establecer expresiones matemáticas para calcular cuantitativamente la resistencia mecánica del concreto de acuerdo a su composición. Con estos estudios fundamentados en métodos estadísticos y matemáticos, como análisis de regresión múltiple, que resultan en expresiones, se ha llegado a la siguiente formula:

$$\sigma_t = a_{0,t} + \sum_i a_{i,t} X_{i,t}$$

Dónde:

t = Resistencia medida después de t días de endurecimiento.

$X_{i,t}$ = Variables independientes, que normalmente incluyen uno o más de los minerales de clinker.

$a_{0,t}$, y $a_{i,t}$ = Constantes de regresión, determinados por el análisis estadístico.

Propiedades del Concreto Endurecido

(Neville, 1999), manifiesta que las propiedades del concreto endurecido, se da cuando la mezcla llega cuantitativamente a la resistencia de diseño, es en esta fase, en dónde, las propiedades mecánicas son similares a los determinados en la fase de diseño, estas resistencias son, resistencia a la compresión, la flexión, módulo de elasticidad estático y dinámico, entre otras propiedades, no obstante, la más calculada es la resistencia a la compresión.

(Serrano, 2010), indica que hay varias técnicas invasivas y no invasivas, para medir calcular la resistencia del concreto. Las no invasivas son las que presentan mayor ventaja, en este caso, la estructura endurecida no es afectada en el proceso de medición de la propiedad. En la invasiva, se deteriora el concreto.

Resistencia a la compresión

(Neville, 1999), señala que ciertos atributos del concreto que presenta dureza se relacionan con la resistencia, estas son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, tensión, a los sulfatos o salitres. Es necesario tener en cuenta que un concreto de más valor de resistencia a la compresión dispondrá atributos más aceptadas.

Los aspectos factoriales de estructuración de la resistencia del concreto se entienden que son: relación agua/material cementante, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezcla, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

El aire presente en el cuerpo o masa del concreto reduce la resistencia del concreto en un determinado porcentaje, se estima que generalmente en promedio es 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de aire.

Diseño de Mezcla del Concreto 210 kg/cm² Propuesto por ACI

(Abanto, 2000), sostiene que el diseño de mezcla de concreto reside en la selección proporcional de cada uno de los elementos integrantes en una unidad cúbica de concreto, asimismo, es definido como la actividad de elección de los materiales más apropiados, y de la mezcla más adecuada, y que tenga el menor costo, todo ello, con el objetivo de lograr un concreto, que en estado no endurecido, disponga las propiedades de diseño, entre ellos, trabajabilidad y consistencia; y que en concreto duro, tenga las propiedades calculadas por el diseñador o indicados en el expediente técnico.

Pasos Para el Diseño de Mezcla dado por el Comité ACI.4r-93

En la proporción de diseño de concreto se fundamenta en el comité ACI.211.4R-93, normativa que alcanza una serie de pasos para llevar a cabo una adecuada proporción de mezcla de concreto, estos pasos son:

Paso I: Especificaciones

Seleccionar las proporciones aplicando la metodología A.C.I y la resistencia en compresión de diseño debe ser la del concreto base, o concreto de 210 Kg/cm² a los 28 días.

Paso II: Materiales

Previo a la preparación de la mezcla de concreto, se debe de estar seguro con el conocimiento de las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de la mezcla que van a formar parte del concreto de alta resistencia, se debe de realizar una adecuada dosificación.

Paso III: Determinación de la resistencia promedio

La resistencia de estudio es de 210 kg/cm²

Paso IV: Selección del tamaño máximo nominal

Paso V: Selección del asentamiento

En función a las especificaciones técnicas, se requiere de una mezcla, que tenga una consistencia plástica; con un asentamiento de 3" a 4". (Slump). Seguidamente se observa los datos cuantitativos del asentamiento.

Tabla 7

Tabla de asentamiento

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	≥ 5"

Fuente: Comité 211 de ACI

Paso VI: Volumen Unitario del Agua

Las necesidades precisas de agua de mezcla, así como de la cantidad de aire para varios valores de asentamientos y tamaños máximos de agregados (volumen unitario de líquido elemento) aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 8

Volumen unitario del agua

ASENTAMIENTO O SLUMP	AGUA EN LL/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS Y CONSISTENCIA INDICADOS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS 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	
CANTIDAD APROX, DE AIRE ATRAPADO, EN %	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
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	
PROMEDIO RECOMENDADO PARA EL CONTENIDO DE AIRE, EN %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Comité 211 de ACI

Paso VII: Contenido de aire: Se denomina el contenido de aire, al aire contenido en el agregado grueso de tamaño máximo nominal de 1" es de 1.50%.

Tabla 9
Contenido de aire

CONTENIDO DE AIRE	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Comité 211 de ACI

Paso VIII: Relación agua-cemento

Tabla 10
Relación agua-cemento

RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS(F_c) (KG/CM ²)	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: Comité 211 de AC

Paso IX: Relación agua-cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua del mezclado dividido entre la relación agua-cemento

Paso X: Contenido de agregado grueso

Tabla 11

Contenido de agregado grueso

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO, POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO, PARA DIVERSOS MODULOS DE FINEZA DEL FINO.			
3/8"	0.5	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 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 de ACI

Paso XI: Cálculo de volúmenes absolutos

El volumen absoluto es igual al peso seco entre peso específico.

Paso XIII: Valor de diseño

Paso XII: Contenido de agregado fino

Paso XIV: Corrección por humedad de los agregados

Paso XV: Proporción en peso

Paso XVI: Proporción en volumen

Tiempo de fraguado

Es el proceso en donde el concreto sigue un proceso de endurecimiento, así como de pérdida de plasticidad, ocasionada por la pérdida de agua mediante exudación, desecación y cristalización de los hidróxidos metálicos, como resultado de reacciones químicas internas, con los óxidos metálicos presentes en el Clinker que estructura al cemento.

Curado

Es el tratamiento de la cantidad de agua y calor en el concreto a inicio de obra, se realiza con la finalidad de se pueda generar las propiedades de resistencia mecánica de diseño. Este proceso de curado se inicia luego del vaciado o colado, y el acabado, para que el concreto logre un desarrollo de resistencia y durabilidad técnicamente aceptable. En el caso de que se suministre inadecuadamente agua o humedad, los materiales cementantes, no pueden reaccionar químicamente en el logro de un concreto de calidad.

Con el proceso de secado se elimina agua requerida para el proceso de reacción química llamada hidratación, mediante la cual el concreto puede no alcanzar las propiedades mecánicas de diseño. En este caso, la temperatura constituye una variable muy importante para un curado apropiado, para ello se usa la velocidad de hidratación y el desarrollo de resistencias la cual se incrementa en altas temperaturas. La temperatura del concreto, de acuerdo a normas, tiene que estar por encima de los 50°F (10°C) para que se desarrolle un ritmo normal de desarrollo de resistencias. Asimismo, debe de fijarse una temperatura continua en todo el concreto, mientras se incrementa la resistencia, con la finalidad de evitar grietas o fisuras como resultado del choque térmico. También, la humedad relativa y el flujo de los vientos deben ser tomados en cuenta porque contribuyen en la pérdida de humedad en el concreto, y pueden dar origen a la aparición de grietas o fisuras, teniendo como resultados una pobre calidad y durabilidad superficial.

Sobre el control de seguridad en la evaluación de la evaporación de agua de las superficies del concreto antes de que fragüe, son necesarios para que no aparezcan fisuraciones.

¿Para qué curar?

Para obtener un incremento de resistencia mecánica esperada. Los estudios realizados en los laboratorios indican que el concreto, en un contexto seco pierde en promedio un 50 por ciento de su resistencia mecánica, esto en comparación con un concreto curado en situaciones húmedas. El concreto curado en temperatura alta incrementa resistencia con rapidez, luego estas resistencias se reducen. Por el contrario, el concreto curado en clima frío demora en resistencia.

Durabilidad mejorada

Cuando se cura bien el concreto, éste adquiere mayor dureza superficial, resiste adecuadamente el desgaste superficial y la abrasión. Asimismo, incrementa la permeabilidad al agua, esto hace que evite el agua y los cuerpos salitrosos o químicas disueltas en agua ingresen al interior del concreto, también aumenta la durabilidad y el periodo de vida del concreto.

¿Cómo se cura?

El concreto debe estar protegido de la pérdida de agua hasta terminar el acabado mediante técnicas adecuadas, se usan barreras de viento, atomizadores de humedad, y otras técnicas con la finalidad de evitar la figuración por retracción plástica.

Sistema para mantener húmedo el concreto:

Para mantener en estado húmedo al concreto, se debe de usar mantas o esteras de algodón o yute húmedo. Debe considerarse especial cuidado en el secado, y que le eliminen humedad del concreto. Se requiere que los bordes de las mantas deben ponerse encima del concreto con contrapesos para evitar ser llevados por el aire fuerte.

Paja que sea rociada con agua: En ocasiones se usa paja, cuidar que no sea levantada por el viento, ni tampoco sea quemada lo cual puede genera incendios. Las capas de paja pueden ser de 6 pulgadas de espesor (15,2 cm) y deben ser tapadas con lona.

Entre otros materiales usados en el curado son tierra, arena e incluso aserrín empapado, los cuales pueden ser utilizados para curar elementos planos (pisos). Evitar en todo momento a contaminantes orgánicos, así como a los residuos de hierro.

El proceso de rociar agua de forma continua es adecuado, siempre en cuando, la temperatura del aire se encuentra muy por encima del punto de congelamiento del agua.

No permitir que el concreto pueda ser secado entre humedecimientos, de acuerdo con la teoría del concreto, los ciclos alternos de empapar y secar no son un método que se acepte el proceso de curado.

Estancar el líquido elemento sobre una losa a manera de charco o laguna, se considera buen método de curado. El agua no debe tener 20° F (11° C) más fría que el concreto y el murete de contención alrededor del estanque deben estar asegurados contra escapes.

Materiales para mantener la humedad

Los compuestos de membrana usados en el proceso de curado deben estar acorde a las normas de la ASTM C 309. Esta membrana es colocada en la superficie del concreto por el tiempo de una hora luego del acabado. No se debe aplicar al concreto en proceso de exudación, o que se encuentre con brillo visible de agua sobre la superficie.

Las láminas plásticas deben ser claras, blancas (reflectivas) o coloreadas. Los plásticos deben cumplir las normas de la ASTM C 171, deben tener mínimamente 4 milésimas de pulgada (0.1 mm) de espesor y deben tener reforzamiento de fibra de vidrio.

Programación PLC

Viene de controlador lógico programable, y estos son los que controlan las maquinarias de ensamblaje o cualquier máquina para automatizar un proceso, prácticamente es como una computadora que controla toda una maquinaria, pero esta lo hace en tiempo real.

(Dahl, 2012), un PLC es un tipo de control electrónico de tiempo real, este sistema reacciona automáticamente ante las condiciones de variabilidad que está monitoreando. El software de aplicación que crean los usuarios ejecutan, a través del controlador, tareas de automatización y control. En este caso, el usuario codifica el programa en el lenguaje de programación generalmente en lenguaje de máquina, esta codificación realiza todos los procesos que se quiere realizar con el PLC.

Ciertos fabricantes de PLC no ofertan todas las formas de representación de lenguajes de programación, en este caso el usuario tiene que adaptarse a la representación estipulada por el fabricante. El conjunto de programas que operan funciones operativas internas del controlador, que traducen el lenguaje, se denominan programas del sistema.



Figura 1: *PLC Micrologix 1500*

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_l%C3%B3gico_programable

Sensor

(Siscode, 2015), es un sistema electrónico con la capacidad de detección de magnitudes fisicoquímicas, y los transforma en variables de electricidad. Estas son la intensidad de luz, calor, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión,

humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica, una tensión eléctrica, una corriente eléctrica, etc.

Un sensor difiere de un transductor, en el sentido de que, el sensor mantiene contacto con la variable de instrumentación, por lo tanto, es un mecanismo que usa una de sus propiedades con la finalidad de adecuar la señal con la cual mide, y para que pueda ser interpretado por otro dispositivo electrónico. Un sensor es conceptualizado como un dispositivo que convierte de un tipo de energía hacia otro tipo de energía. Un sensor tiene como función convertir una señal de entrada analógica, tales como: calor, presión, humedad, etc.), en una señal eléctrica o valor de voltaje o corriente. (Cruz, 2009).

Actuador

(Cruz, 2009), conceptúa a los actuadores como dispositivos que cambian una señal de entrada (eléctrica) en otro tipo de señal (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) con la capacidad de cambiar o alterar las condiciones del proceso, también se le conoce como la orden del controlador, genera y da una salida que activa a un elemento terminal de control.

Para propósitos de la presente investigación, se utilizó una válvula solenoide, la cual va a permitir dejar el paso de agua cuando el sensor de temperatura mande la señal.



Figura 2: Válvula solenoide de la marca DANFOSS.

Fuente: [<http://www.valveco.com.co/p/>]

Sensor de Humedad

(Salcedo, 2014), este sensor mide el nivel de humedad de suelos, entre los tipos de sensor de humedad, se encuentran las sondas o electrodos que hacen variar el nivel de conductividad del material constituyente, en función a la variación del nivel de humedad del piso, no obstante, para lograr sacar una señal eléctrica del sensor, se requiere de un transductor para que cambie las señales de humedad en variables eléctricas.

Un sensor de humedad sirve para monitorear el concreto en función de la variación de temperatura y humedad que presenta el concreto en los días que dura el curado, y asimismo, es capaz de mandar una señal al electro válvula para que abra el agua y de esta manera hidratar al concreto de una forma automatizada.

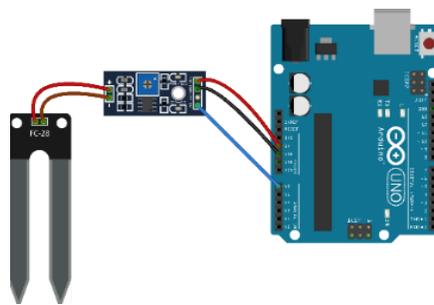


Figura 3: *Sensor de humedad YL-69*

Fuente:<http://www.electronicoscaldas.com/>

Interruptores Manuales

(Codeco, 2005), son dispositivos electrónicos que tiene como función poner en marcha cuando un trabajador se desplaza hasta donde esté situado el interruptor y lo acciona a mano. En el caso de que el interruptor manual sea del tipo magnetotérmico, se le puede implementar por los lados, dispositivos de desconectan remotamente, disponen de contactos secundarios para prender o apagar luces de posicionamiento, indican remotamente el estado del interruptor.



Figura 4: *Interrupción Manual*

Fuente:<http://librosdeelectronica.blogspot.pe/2011/12/mando-electrico-cedeco.html>

Contactores

(Cruz, 2009), son dispositivos electrónicos que abren o cierra el flujo de corriente cuando existen posibilidades de corto circuito. No es aconsejable el uso de interruptores manuales ya que pesan y no son fáciles de usar, en este caso, la operación de abrir y cerrar el circuito se convierte en un proceso lento; y se incrementa el peligro para el personal que opera el mecanismo.

Convertor Análogo Digital

(Digital C. A., 2017), dispositivo electrónico, disponen de entrada en voltaje, en ese sentido, requiere de un elemento con capacidad de acoplar el proceso de transmisión y la de conversión, convertir la señal de corriente (4 a 20 mA) provenientes del transmisor de presión a una señal de voltaje (1 a 5V)

Convertor Digital-Análogo

(Digital C. A., 2017), cuando el controlador ha realizado el proceso de la información, envía una señal a través de un puerto de 8 salidas, 8 bits en paralelo, la cual acciona la válvula proporcional.

Para propósitos de la presente investigación se necesita de un conversor D/A de 8 bits de entrada, con salida de 0 a 10Vdc.

Posteriormente, este voltaje se convierte a corriente mediante una etapa de conversión V/I en el rango de 4 a 20 mA, con lo cual, se puede controlar la apertura y cierre de la válvula de control.



Figura 5: *Conversor analógico*

Fuente:<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/conversor-analogico-digital/>

Relés

(Digital C. A., 2017), es un mecanismo electrónico cuya función es la de contactar intensidades de corriente, sirven para tramos cortos de flujo de corriente.

Sistema Automatizado

(Ramires, 2014), Se le considera como un procedimiento mediante el cual se transfieren las tareas de producción, llevadas a cabo cotidianamente por los operadores humanos, a un conjunto de sistemas tecnológicos, con el cuidado de que ocurran posibles eventualidades de riesgos o cualquier otro incidente o accidente.

Este sistema de curado inteligente será automatizado y controlado por los circuitos electrónicos que trabajan de forma automática y sincronizado.

Detectores y captadores

(Inesem, 2015), los dispositivos automatizados denominados detectores o captadores requieren de los transductores para adquirir información de:

La variabilidad de ciertas magnitudes físicas en el sistema.

El estado operativo de sus elementos

Los mecanismos que se encargan de la conversión de las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas se le denominan transductores. Para captar las informaciones y convertirlos en señal hacia un actuador.

Fuente de Alimentación

(Salcedo, 2014), la fuente de alimentación alimenta de la cantidad de corriente o tensiones eléctricas necesarias para la operatividad de los distintos circuitos que forman parte del sistema.

La CPU se alimenta con corriente continua a 24 V.CC (presente caso), también puede alimentarse de tensión eléctrica alterna a 110/220 V.CA.

En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

Para poder controlar los voltajes de alimentación del sensor de temperatura.

Símbolos Gráficos

La norma IEC 1082-1 conceptúa y fomenta el uso de la simbología y figuras sobre las reglas numéricas o alfanuméricas que tiene que usarse con fines de identificación de los aparatos, diseñar los esquemas y operar los equipos eléctricos.

La aplicación de las normas internacionales minimiza todo riesgo de confusión y contribuye con la facilidad del estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones.

Simbología básica de electricidad

Naturaleza de las corrientes

Corriente alterna	
Corriente continua	
Corriente rectificada	
Corriente alterna trifásica de 50 Hz	$3 \sim 50 \text{ Hz}$
Tierra	
Masa	
Tierra de protección	
Tierra sin ruido	

Tipos de conductores

Conductor, circuito auxiliar	
Conductor, circuito principal	
Haz de 3 conductores	L1 ——— L2 ——— L3 ———
Representación de un hilo	
Conductor neutro (N)	
Conductor de protección (PE)	
Conductor de protección y neutro unidos	
Conductores apantallados	
Conductores par trenzado	

Figura 6: *Simbología básica de electricidad*

Fuente: <https://pt.slideshare.net/jeysondiazcochea/simbologa-de-la-instalación-Eléctrica>

Manual de Funcionamiento del Sistema de Curado Inteligente

El circuito consta de un sensor de humedad y temperatura el cual detectara la no presencia de agua en la superficie de concreto, este sensor dará señal para que se active la electroválvula el cual dará el pase de agua para la humidificación del concreto, en paralelo se instalara un interruptor que sirva de prueba para el control de la electroválvula. El sistema estará alimentado por una fuente de 12 V DC.

Diseño del Circuito de Curado Inteligente

Componentes:

Sensor de Humedad

Es un dispositivo electrónico, consumen bajo voltaje en intensidad y cantidad, contribuye en la detección del crecimiento en el nivel de agua, o de cualquier otro líquido conductivo no-inflamable. El relé se activa en el momento en que las clavijas de la sonda se contactan con el agua. En caso de que el nivel del agua descienda por debajo de la sonda, el sensor de humedad inicia su operación de restablecerlo automáticamente. El Sensor dispone de dos niveles de sensibilidad, el cual puede ser seleccionado por presentar mayor flexibilidad.

Este sensor será ubicado en la zona a curar o posa que queremos mantener con una altura de agua deseada para el curado.

Características Técnicas

- ✓ Alimentación externa: 27 – 12 Vc.c.
- ✓ Consumo máximo:
- ✓ En reposo: 15 mA
- ✓ En trabajo: 71 mA.
- ✓ Longitud máxima cable de conexión: 25 metros.
- ✓ Cable de conexión de sonda: 2 hilos x 0.75 mm²

Dimensiones:

- ✓ Detector: 130 x 70 x 52 mm
- ✓ Sonda: 60 x 40 x 21 mm
- ✓ Material: ABS
- ✓ Se incluye una resistencia de 1K para la conexión del equipo a un bucle de detección convencional.

Electroválvula

La función principal de la electroválvula es controlar el flujo de fluido. Esta válvula dispone de roscas de 1/2". Comúnmente, la válvula se encuentra cerrada. En la aplicación de 2VDC a los dos polos, se abre la válvula, el agua sale. La válvula dispone de una junta interior, por lo que no se hace necesario una presión mínima de 0,02 MPa (3 PSI). El agua puede fluir en una sola dirección. Para que se accione el solenoide se hace necesario un voltaje DC de 12 V, este voltaje es igual al potencial requerido para el sensor de humedad, con la finalidad de calcular la fuente de alimentación, se adjunta la tabla de consumo de corriente para diferentes voltajes.

Tabla 12 *Tabla de consumo de corriente*

voltaje	corrientes
6v	160mA
7v	190mA
8v	220mA
9v	240mA
10v	270mA
11v	300m
12v	320mA

Fuente: El fabricante

Esta electroválvula estará ubicada en la salida del tanque en donde se almacena el agua para el curado.

Características técnicas

- ✓ 1/2" Nominal NPS
- ✓ Presión de trabajo: 0.02 Mpa – 0.8 Mpa
- ✓ Temperatura de trabajo: 1 °C – 75 °C
- ✓ Tiempo de respuesta (open): ≤ 0.15 sec
- ✓ Tiempo de respuesta (close): ≤ 0.3 sec
- ✓ Voltaje de actuación: 12VDC (ver tabla)
- ✓ Intensidad nominal de corriente: 320 mA
- ✓ Vida util: ≥ 50 millones de ciclos
- ✓ Peso: 4.3 oz
- ✓ Dimensiones: 3" x 2.25" x 2" Normalmente Cerrada

Fuente de Alimentación

Es el equipo encargado de suministrar el voltaje y el tipo de corriente necesario para la activación de la electroválvula y la alimentación del sensor de humedad, para cumplir su cometido tiene que tener un transformador que cambie la tensión de 220 V a 12 V, además debe cambiar el tipo de corriente que es suministrada por la red que es corriente alterna en corriente necesaria para la activación de la electroválvula y el sensor de humedad, que según sus especificaciones técnicas necesitan corriente continua.

Para la elección de la fuente de alimentación necesitamos realizar los siguientes cálculos:

- ✓ Intensidad mínima = Intensidad del sensor + Intensidad de la electroválvula
- ✓ $I_{\min} = 71 \text{ mA} + 320 \text{ mA}$
- ✓ $I_{\min} = 391 \text{ mA}$
- ✓ Potencia requerida = $V \cdot I$
- ✓ $P_r = 12 \text{ V} \cdot 391 \text{ mA} = 4692 \text{ mW} \approx 5 \text{ W}$

En el mercado se encuentran fuentes con las siguientes características técnicas.

- ✓ Potencia 50W

✓ Entrada	AC230V 2330Ma
✓ Salida	AC12V 4200Ma
✓ Interior-exterior	Interior
✓ Protección IP	IP20
✓ Aislamiento eléctrico	Luminaria de clase II
✓ Factor de potencia	0.980
✓ Amperios (mA)	4200mA
✓ Alimentación	1
✓ Otros	SELV

Cumplen con todas las necesidades requeridas.

Sistema de abastecimiento de agua al tanque superior

El abastecimiento de agua se realiza mediante un tanque que acumula el agua de suministro más el agua que recircula en el proceso de humidificación, que será recogida de la parte más baja, para ello se tiene una bomba que va a tener la opción de ser comandada con un interruptor selector el cual determinara un control automático, es decir cuando el nivel de agua en la parte baja llega a un nivel establecido se activa la bomba y cuando baja el nivel se desactiva, esto será controlado con interruptores de nivel tipo boya, además el tanque elevado tiene un control de nivel que activa una alarma cuando el nivel de agua es demasiado bajo.

En el depósito donde se recoge el agua que drena en el proceso de humificación del concreto se instala un sensor tipo boya Rad1 que se activa cuando el nivel del agua tiene una altura adecuada para ser impulsada por la bomba el cual realizara el proceso de recircular el agua para economizar el consumo de la misma, además él tiene un interruptor selector que permite operarlo manualmente el cual será posible siempre y cuando el nivel del depósito inferior sea suficiente para la succión de la bomba. En el tanque superior se instalará un sensor tipo boya Rad2 que indicará el nivel bajo del tanque el cual activará una alarma para tomar las medidas necesarias.

Cálculos matemáticos para la elección de la bomba

Dimensiones del pozo de almacenamiento de agua

- ✓ Calculamos el volumen $V = 1 \times 1 \times 0.5 = 0.5 \text{ m}^3 = 500 \text{ litros}$

El tiempo de evacuación se estima en 20 min.

- ✓ Por lo que el caudal será $Q = V/t = 500 \text{ l} / 20 \text{ min} = 25 \text{ l/min}$

Haciendo uso de las tablas técnicas tenemos

- ✓ Para un caudal de 25 l/min una altura manométrica de 15 m. y una potencia de 0.5 Hp.

Motobomba

Bomba periférica que sirve para impulsar el líquido elemento, así como otros líquidos semejantes en lo físico y en lo químico, el agua tiene que ser filtrado para que no contenga partículas abrasivas, esto es necesario en caudales medios, y puede ser equipado con un sistema antibloqueo y un sistema de protección térmica.

Características técnicas de la bomba

- ✓ Cuerpo de la bomba de hierro con mantenimiento anti oxidante
- ✓ Prevención de que el impulsor se bloquee al prender la bomba cuando la bomba no ha sido utilizada por mucho tiempo
- ✓ Impulsor de latón con paletas radiales dispuestas uniformemente
Eje AISI 304
- ✓ Max. Temperatura de líquidos de $+60^\circ\text{C}$

Motor

- ✓ Soporte C&U
- ✓ Motor con embobinado de aluminio
- ✓ Protección de calor adjunto para motores de una fase
- ✓ Aislamiento clase: F

- ✓ Protección tipo IPx4
- ✓ Max. Temperatura ambiente de +40°C

Sensor tipo boya:

Este sensor entra en acción mediante la activación por variación en el peso de dos flotadores que están en contacto con el agua en un estanque, la distancia entre los 2 flotadores establece que la bomba se desactive al llegar el nivel del agua al flotador superior, o también, la conexión de esta al llegar el nivel a la posición del flotador inferior. Sirve para proteger y detener las motobombas cuando ha bajado el nivel del agua en pozos evitando que la bomba trabaje en seco.

Disyuntor:

Interruptor termo magnético compacto que se activa como protección contra corto circuitos, señalada para corriente supuesta de cortocircuito cuando alcance los 3K con corrientes nominales de 1 a 63 A. interruptor bipolar se obtiene por la unión de interruptores unipolares vinculado mecánicamente por la unión de la palanca de maniobra y supervisado mediante un sistema de desconexión automática, en caso de cortocircuito en una línea, abre todo el interruptor al mismo tiempo.

Características técnicas:

- ✓ Disparo termo magnético: C y D
- ✓ Poder de interrupción: 3-10 kA
- ✓ Corriente nominal de apertura; 5 – 20 veces I nominal.
- ✓ Protección contra contactos directos.

CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 13

Variable independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
V.I. Sistema de curado inteligente	Se conoce como sistema inteligente a un conjunto de elementos electrónicos que	se sustituye en curado convencional con un curado automatizado	- Sensor de temperatura -Electroválvula -Fuente de alimentación -Circuitos electrónicos, etc.

Fuente: elaboración propia

Tabla 14

Variable dependiente

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
V.D. Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.	La resistencia a compresión se mide cuando el concreto se endurece, la cual inicia después del fraguado final del concreto, y continua con el tiempo, esto depende íntegramente del proceso de curación	Mezcla de cemento, agregados y agua cuyas características son la resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)

Fuente: elaboración propia

La hipótesis de esta investigación fue planteada de la siguiente manera:

Diseño y uso de un sistema de curado inteligente que permitirá que un concreto alcance su resistencia de diseño.

Permitirá que un concreto F_c 210 kg/cm² alcance su resistencia de diseño utilizando un sistema de curado inteligente.

Los objetivos se plantearon de la siguiente manera:

Objetivo General

Diseñar un sistema de curado inteligente que permita llegar a una resistencia de diseño del concreto, excepto de un curado convencional.

Objetivos Específicos

- ✓ Identificar los mecanismos adecuados para el sistema de curado inteligente: sensores, actuadores y equipos.
- ✓ Programar y sincronizar los sensores de humedad, actuadores y equipos para el abastecimiento de agua óptimo para el concreto.
- ✓ Determinar la relación agua cemento (a/c) del concreto $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Analizar y comparar la resistencia a la compresión de un concreto $F_c=210 \text{ kg/cm}^2$, curados con un sistema de curado inteligente y un curado convencional a los 7, 14 y 28 días.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La presente investigación fue de diseño experimental y continua; fue continua porque se tomaron datos en tiempos diferentes de la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto, se hizo uso, para el curado, de un sistema de curado inteligente y monitoreo de la humedad y control de temperatura.

Debido a la resistencia que se quiere obtener a la compresión a los 28 días, que es de 210 kg/cm², se elaboraran 18 especímenes que serán curados en dos maneras diferentes, , nueve serán curados en cilindros de agua, y nueve serán curados con el sistema de curado inteligente, tanto a los 7 días ,14 días y 28 días de los cuales 9 testigos serán curados directamente en el agua como se curan los testigos tradicionales que nos servirá como testigo patrón, y los otros 9 testigos serán curados con el sistema de curado inteligente que será controlado y monitoreado por el sensor de temperatura y humedad.

Parámetros Fijos

En la presente investigación se precisaron diferentes parámetros fijos, tales como condiciones de laboratorio, sistema de curado inteligente, etc.; se asumió que no se tuvo cambios importantes que hayan afectado la ejecución de las fases de la investigación. Estos parámetros se indican seguidamente:

Condiciones de Laboratorio:

La elaboración de los 27 especímenes y las pruebas de resistencia del concreto se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad San Pedro, Escuela de Ingeniería Civil, las pruebas de compresión de los 27 especímenes fue realizado por el investigador y con el ingeniero a cargo del laboratorio, también se contó con el apoyo del técnico encargado de laboratorio, así como del asesor de la presente investigación.

La Elaboración del Sistema de Curado Inteligente:

Será diseñado en el programa electrónico de diseño de sistemas electrónicos CADE-SIMU.

Materiales del Sistema de Curado Inteligente:

Se obtendrán de las tiendas autorizadas en la distribución de circuitos electrónicos y los materiales serán:

- ✓ Manguera de agua de ½”
- ✓ Electro válvula para agua
- ✓ Sensor de temperatura
- ✓ Fuente de alimentación
- ✓ Disyuntores
- ✓ Relay
- ✓ Cables de luz
- ✓ Radares
- ✓ Pulsadores
- ✓ Rociador

Agregados Para el Concreto:

Los agregados que se utilizaron en la elaboración de las probetas fueron: arena natural de río, la cual se extrajo de la cantera de Recuay, el agregado grueso fue piedra chancada de la misma cantera, con un tamaño máximo nominal de 3/4”.

Cemento:

El cemento que se utilizó fue nacional, el tipo de cemento fue Portland Tipo I–Sol, la cual ha sido elaborado cumpliendo la norma ASTM C-150, según los fabricantes, este cemento fue elaborado únicamente con Clinker y yeso. Este tipo de cemento obtiene resistencias superiores a 5000 psi en 28 días.

Agua:

En la presente investigación, el líquido elemento agua que se usó para llevar a cabo los testigos y el curado inteligente fue el agua potable del sistema de conexión de la empresa prestadora de servicio EPS CHAVIN S.A, empresa que distribuye al laboratorio de la universidad, espacio en donde se realizaron los testigos y el curado inteligente del concreto.

Método de Proporcionamiento de las Mezclas:

El diseño en donde se indicaron las proporciones de los elementos de mezclas se obtuvo usando la metodología del comité ACI 211.4R-93

Resistencia a la compresión calculada:

La resistencia a la compresión calculada en la investigación fueron de las mezclas que se fijaron en función al intervalo de la resistencia de diseño y del tipo de curado que se realizó, fue de 210 kg/cm², resistencia que sirvió para el proporcionamiento y diseño de mezclas.

Diseño del Sistema de Curado Inteligente:

Esta dado por un conjunto de circuitos electrónicos que controlan la temperatura y monitorean la humedad para mantener hidratado el concreto que fue elaborado por el programa de diseño electrónico CADE-SIMU.

Parámetros Variables

Los parámetros variables son aquellos en los cuales el investigador no tuvo que variar el diseño de manera considerable, tales como, las propiedades mecánicas de los elementos de mezcla, los factores temporales o climatológicos, entre otros factores, dichas variables de intervalo se alcanzan en la siguiente lista.

- ✓ Diversas propiedades mecánicas de los elementos de mezcla
- ✓ Temperatura del concreto en el proceso de mezclado.
- ✓ Cantidad de humedad de fraguado

- ✓ Contenido de aire
- ✓ Revenimiento del concreto.

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue aplicativa y explicativa, porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados con la forma de curado, usando un sistema de curado inteligente que nos permita llegar a la resistencia de diseño.

Es una investigación cuantitativa, porque se ha estudiado las variables y sus indicadores de manera objetiva tomando datos y llevando un registro de los valores obtenidos mediante los instrumentos de recolección de datos (guías de observación).

Diseño de Investigación

El un diseño fue experimental porque es un proceso en el cual se estudió, el funcionamiento del sistema de curado inteligente, la resistencia a la compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$, utilizando varias formas de curado.

Población y Muestra

Población

En esta investigación la población estuvo constituido por el conjunto de sistemas electrónicos que controlaran el sistema de curado inteligente, los agregados de la cantera Recuay que se encuentra en la parte sur de la ciudad de Huaraz, que proveen agregado fino y agregado grueso, están localizadas en las riveras del Rio Santa. Región Ancash.

Muestra

En la presente investigación, la muestra estuvo conformada por un total de 27 especímenes (probetas de concreto). Que se ensayaron en el laboratorio a los 7 días ,14 días y 28 días, obteniendo un total de 27 probetas

Aspectos Generales de la Cantera Recuay

Ubicación de la Zona de Extracción

La zona de extracción de materiales de acarreo está ubicada en el sector de Recuay, a unos 100 mts. Aproximado de la carretera asfaltada Huaraz-Pativilca.



Ubicación Política

Región : Ancash
Provincia : Recuay
Distrito : Recuay

Ubicación Hidrográfica

Vertiente : Océano Pacifico
Cuenca : Rio Santa
Rio : Rio Santa

Características de la Zona de Extracción

Acceso y Salida de la Zona de Extracción:

El acceso y salida a la zona de extracción es por la carretera asfaltada Huaraz Recuay, para ingresar al cauce del Rio se dispone de un acceso carrozable existente de unos 100 metros, por la margen derecha del rio Santa.

Material a Extraer:

Entre los materiales a extraer son los que se indican en el cuadro siguiente y el peso de cada tipo de agregado.

Tabla 15

Material a extraer

Tipo de material	Peso kg
Agregado fino	250
Agregado grueso	250
Total	500

Fuente: elaboración propia

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para el presente trabajo de investigación, se aplicó:

Tabla 16

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación
	Resumen
	Fichas técnicas de laboratorio de las pruebas a realizar

Fuente: Elaboración propia

Se aplicó la técnica de la observación, ya que se observaron los agregados, el cemento para que cumpla con el diseño de mezcla, la misma que fue registrada en forma cuidadosa

y de manera profesional. Estos elementos observados se pusieron por escrito inmediatamente, cuando no se pudieron anotar los datos en el mismo momento.

Para ello se utilizó como instrumento una guía de observación resumen, porque contribuyó en la elaboración de los sistemas de organización y clasificación de la información.

Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos obtenidos fueron procesados mediante el software Excel y fueron analizados los resultados utilizando tablas, gráficos, promedios y porcentualidades.

Estructura de la Investigación

La presente investigación, en su objetivo principal consistió en diseñar y simular un sistema de curado inteligente que permita obtener una resistencia de diseño del concreto de 210 kg/cm².

Ejecución de la Investigación

En esta parte de la investigación se definieron las diferentes fases mediante las cuales se siguió la investigación, de esta manera se pudo obtener resultados satisfactorios, las metodologías utilizadas fueron:

- ✓ Diseño de sistema de curado inteligente
- ✓ Selección de los materiales para el sistema de curado inteligente
- ✓ Definición de los ensayos realizados.
- ✓ Estudio analítico de las propiedades de los materiales
- ✓ Diseño de mezcla
- ✓ Elaboración de los especímenes
- ✓ Curado del concreto con el sistema de curado inteligente
- ✓ Ensayo de compresión después del curado
- ✓ Análisis de resultado.

Diseño de Sistema de Curado Inteligente

Este diseño del circuito se elaboró utilizando los programas electrónicos CADE-SIMU

Circuito del sistema de curado inteligente

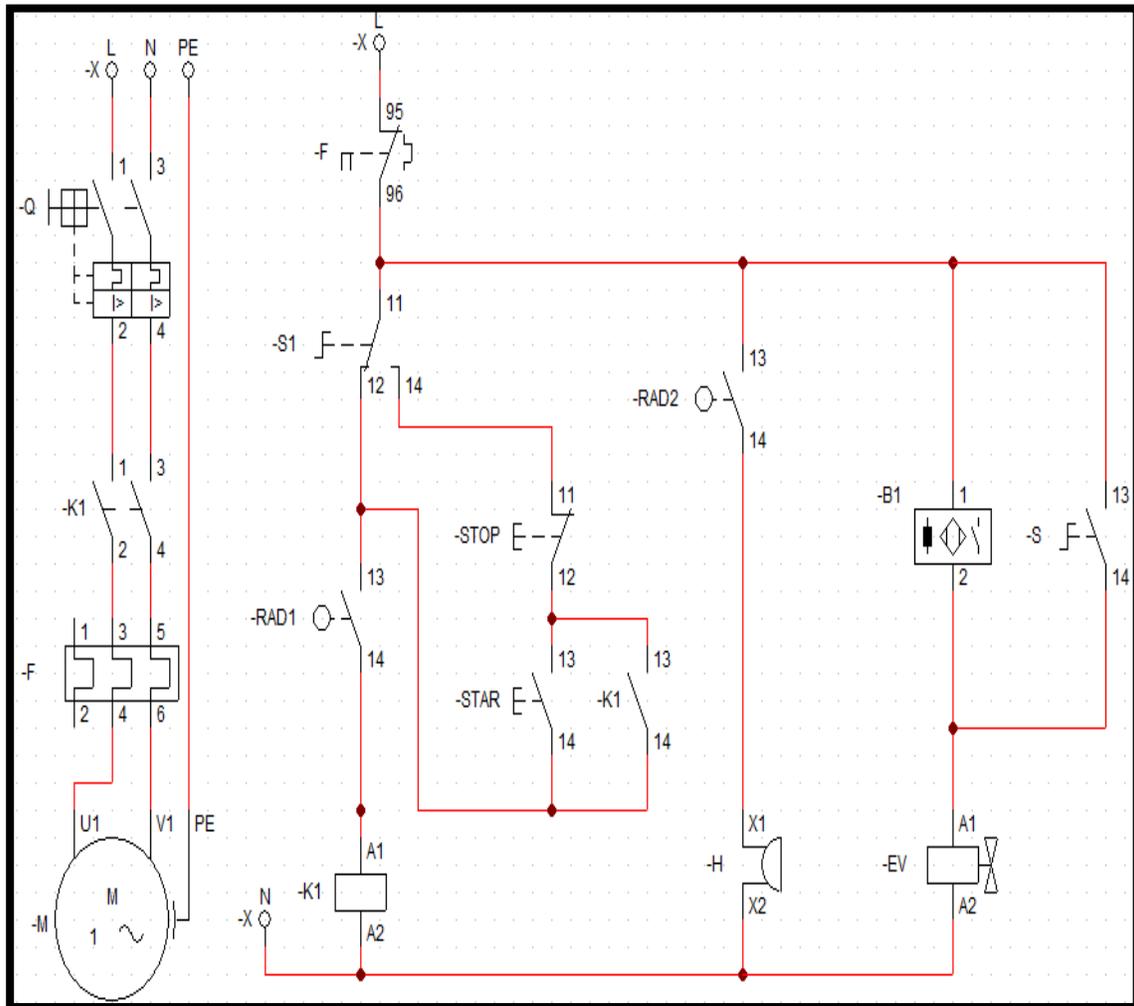


Figura 6: Circuito del Sistema de Curado Inteligente

Fuente: Elaboración propia

Selección de los Materiales para el Sistema

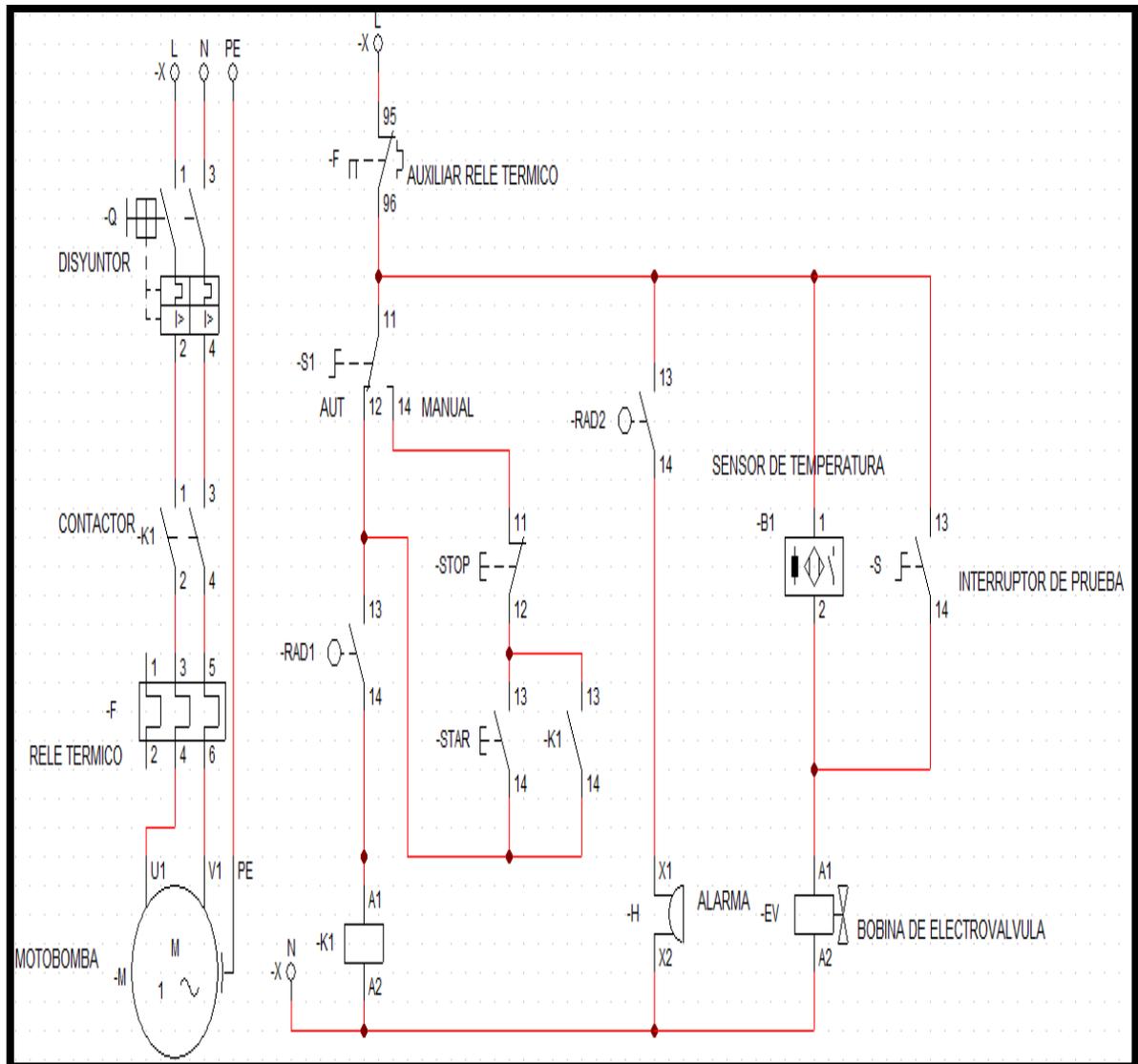


Figura 7: Materiales:

Fuente: Elaboración propia

Descripción de los materiales

Sensor:

Para controlar y medir la temperatura y humedad del concreto y poder mantener hidratado al concreto.

Bomba de agua:

Para hacer recircular el agua hacia el depósito.

Mangueras:

Para conducir el agua hacia el concreto.

Radars: Encargado de activar el pase de corriente para la activación de la bomba de agua.

Fuente de alimentación: Para mandar un voltaje correcto hacia el sensor.

Relay: Para la distribución de corriente.

Cables de corriente: Para conducir la energía y la señal eléctrica del sensor hacia la electroválvula.

Electroválvula: Para dejar pasar el agua del tanque hacia los rociadores.

Alarma: Para alertar que no hay agua en el sistema.

Motobomba: Para hacer recircular el agua empozada que se encuentra en la parte baja o se encuentra acumulada en una parte de la zona a curar.

Disyuntor: Para controlar la parte eléctrica de la bomba de agua y alimentar con energía eléctrica hacia los sistemas que lo necesitan.

Definición de los Ensayos a Realizar

Se elabora un diseño de un circuito con dispositivos electrónicos que controlen las magnitudes eléctricas y lo transformen en señales para controlar los actuadores en función a una señal.

Se comprobará el funcionamiento del circuito en un simulador de circuitos electrónicos llamado CADE-SIMU, que sirve para simular circuitos electrónicos.

Se instalará el circuito de curado inteligente y se curará los especímenes.

A las mezclas de concreto se le realizaron ensayos de laboratorio que fueron desarrollados mediante la aplicación de las normas americanas ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales, por sus siglas en inglés); los ensayos que se le realizarán se dividirán en tres grupos, los que han sido curados con un curado en agua constante o en cilindros, los que han sido curados con el sistema de curado inteligente y los que han sido curados al aire.

Investigación de las Propiedades de los Materiales

La investigación de las propiedades de los materiales fue un proceso muy importante, ya que algunos de ellos influyeron en el cálculo de las proporciones de la mezcla, para los agregados (piedra chancada y arena) se realizaron pruebas de laboratorio para el análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas mediante:

Gravedad específica, absorción, contenido de humedad, pesos volumétricos (suelos y varillados), análisis granulométrico, sales solubles totales, equivalente de arena e impurezas orgánicas para verificar la calidad de los agregados.

Los ensayos que se realizarán a los agregados se presentan en la tabla N°16 esto para verificar su calidad.

Los ensayos a realizar a los agregados en esta investigación.

Tabla 17

PRUEBA	NORMA
Análisis granulométrico	ASTM C-136
	ASTM C-127 (Agregado fino)
Gravedad específica y absorción	ASTM C-128 (Agregado grueso)
Contenido de humedad	ASTM C-566
Peso volumétrico (unitario)	ASTM C-29

Fuente: Comité 211 de ACI

Diseño de Mezcla

El diseño de la mezcla se realizó teniendo en cuenta las normas establecidas por el Comité del ACI, con el cual se pudo observar desarrollar adecuadamente todo el proceso de diseño de mezcla.

Elaboración de Mezcla de Concreto, Elaboración de Especímenes

Elaboración de la mezcla de concreto en laboratorio y elaboración de especímenes (cilindros) de ensayo:

En el proceso de la elaboración del concreto en laboratorio se llevó a cabo mediante lo estipulado por la norma ASTM C-192 “Práctica estándar para la elaboración y curado en laboratorio de especímenes de concreto para ensayo”; con esta norma se pudo garantizar una adecuada mezcla de concreto.

Prueba de Revenimiento (Slump):

La prueba de revenimiento se rigió por medio de lo estipulado en la norma ASTM C-143 “Método estándar de ensayo para revenimiento del concreto de cemento hidráulico”.

Elaboración, curado y almacenamiento de los elementos de mezcla de concreto llevados a cabo en laboratorio:

El proceso de elaboración del concreto, el curado de especímenes de concreto en el laboratorio se desarrolló en función de lo indicado en la norma ASTM C 192 “Práctica estándar para elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayo”; dentro de esta norma se encontró los pasos de los procesos para la preparación de materiales, mezclado de concreto.

Ensayo de Tiempo de Fraguado del Concreto

El ensayo de tiempo de fraguado fue muy importante, estos se debió a que en cualquier elemento estructural del concreto en la construcción presentan fases bien estructuradas, y que toman un periodo de tiempo considerable ejecutarlas y que éstas se deben de llevar a

cabo antes de que el concreto comience a fraguar, para ejecutar el ensayo del tiempo de fraguado se aplicó la norma ASTM C-403 “Método estándar de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencias a la penetración”.

Ensayo al Concreto Endurecido

Resistencia del concreto a la compresión:

El ensayo para calcular la resistencia a compresión en especímenes cilíndricos se encuentra estipulada en la norma ASTM C-39 “Método estándar de ensayo para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto”, en esta norma se especifica todos los procesos que se deben de tener en cuenta para calcular adecuadamente la resistencia a compresión.

Análisis de Resultados

Con los ensayos terminados, y obtenidos los respectivos resultados, se continuó con la realización del análisis de los resultados obtenidos, y así lograr las correlaciones buscadas.

Requisitos del Concreto y sus Componentes

Requisitos Del Cemento

Los requisitos indispensables que tuvieron en cuenta para el cemento que se utilizó en esta investigación estuvieron estipulados en la norma ASTM C-150, para el cemento Portland Tipo I

Requisitos del Agregado Fino

Los requisitos del agregado fino (arena) están especificados en la sección 1.5.1.2.1.2 del presente estudio, en esta investigación las especificaciones utilizadas para elaborar concreto se enfocaron en la Tabla.

Tabla 18***Requisitos del agregado fino***

PRUEBA DE LABORATORIO	REQUISITOS
Análisis Granulométrico	ASTM C-33
Gravedad específica y absorción	2.4<Gs<2.9 % Abs <6%

Fuente: Comité 211 de ACI

Requisitos del Agregado Grueso

Los requisitos del agregado grueso (piedra chancada) se encontraron localizados en la sección del presente informe. Las especificaciones utilizadas en ese estudio se encuentran en la Tabla N°17 la cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 19***Especificaciones***

ENSAYOS DE LABORATORIO	REQUISITOS
Análisis Granulométrico	ASTM C-33
Peso Unitario	PVS 1260-1750 Kg/m ³
Gravedad Especifica y absorción	2.4<Gs<2.9 %Abs<4%

Fuente: Comité 211 de ACI

Requisitos del Agua

El requisito de las características del líquido elemento utilizado fue alcanzada por EPS CHAVIN, estos requisitos fueron: no presentar olor, sabor, ni color y además cuenta con antecedentes en la fabricación del concreto con buenos resultados, por lo tanto, no se presenta la necesidad de realizar pruebas para verificar la calidad del agua.

III.RESULTADOS

Cuadro de Resultados y figuras

Con la finalidad de conocer las propiedades de cada componente, ya que fueron de vital importancia para llevar a cabo cualquier diseño, y que además se utilizaron para conocer si los agregados cumplen con los requerimientos exigidos para el tipo de concreto a elaborar; los resultados que a continuación se presentan son:

Análisis granulométrico, realizado para agregado grueso y agregado fino, gravedad específica, llevado a cabo para agregado grueso y agregado fino; peso volumétrico varillado y suelto realizado para el agregado grueso y agregado fino, contenido de humedad llevado a cabo para el agregado grueso y agregado fino.

Además, se realizó el cálculo experimental y los diferentes pasos que se tienen que seguir para realizar el diseño de la mezcla.

También en este capítulo se especifica el desarrollo de la etapa experimental; todos estos pasos fueron establecidos de acuerdo con el procedimiento indicado por el comité ACI 211.4R-93, y las NTP (Normas Técnicas Peruanas).

Resultados de Pruebas de Laboratorio de los Agregados de la Cantera de Recuay

Resultados de pruebas de laboratorio de los agregados:

Tabla 20***Contenido de humedad del Agregado Fino***

ÍTEM	RESULTADOS	
Número del Recipiente	42	43
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1023	961
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1005	945
Peso del Recipiente	163.8	166.6
Peso del Agua	18	16
Peso del Suelo Seco	841.2	778.4
Humedad	2.14	2.06
HUMEDAD PROMEDIO	2.1	

Fuente: Laboratorio USP**Tabla 21*****Contenido de humedad del agregado grueso***

ÍTEM	RESULTADOS	
Número del Recipiente	32	6
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1377.5	1253.5
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1370.5	1246
Peso del Recipiente	171.0	164.1
Peso del Agua	7.0	7.5
Peso del Suelo Seco	1199.5	1081.9
Humedad	0.58	0.69
HUMEDAD PROMEDIO	0.64	

Fuente: Laboratorio USP

Tabla 22**Granulometría del Agregado Fino**

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	% QUE
No	ABERT(mm.)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULAD	PASA
)	(gr)	PARCIAL	O	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	223.00	5.37	5.37	94.63
N° 8	2.360	684.00	16.47	21.84	78.16
N° 16	1.180	849.00	20.44	42.28	57.72
N° 30	0.600	939.00	22.61	64.89	35.11
N° 50	0.300	642.00	15.46	80.35	19.65
N° 100	0.150	382.00	9.20	89.55	10.45
N° 200	0.075	113.5	2.73	92.28	7.72
PLATO			7.72	100	0.00
TOTAL	4153.0		100		
MODULO DE FINEZA		3.00			

Fuente: Laboratorio USP

Tabla 23**Granulometría del Agregado Grueso**

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUEPASA
No	ABERT (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	4663.00	28.14	28.14	71.86
1/2"	12.500	9689.00	58.46	86.6	13.4
3/8"	9.500	1852.50	11.18	97.78	2.22
Nº 4	4.750	349.00	2.11	99.89	0.11
Nº 8	2.360	19.50	0.12	100	0.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100	0.00
Nº 30	0.600	0.00	0.00	100	0.00
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100	0.00
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100	0.00
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100	0.00
PLATO		0.00	0.00	100	0.00
TOTAL		16573	100.00		
MODULO DE FINEZA		8.10			

Fuente: Laboratorio USP

Tabla 24***Gravedad específica y absorción del agregado fino***

AGREGADO FINO		
Identificación		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	300
B	Peso del Agua + Frasco	670.7
C	Peso Frasco + Agua	970.7
D	Peso del Mat. + Agua en el frasco	857.5
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacío	113.2
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	295.9
G	Vol. De Masa	109.2
	Pe Bulk (Base Seca)	2.614
	Pe Bulk (Base Saturada)	2.650
	Pe Aparente (Base Seca)	2.712
	% de Absorción	1.39%

Fuente: Laboratorio USP

Tabla 25***Gravedad específica y absorción del agregado grueso.***

AGREGADO GRUESO					
Identificación		32	42	6	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	964.5	928.0	959.0	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	605.0	572.2	592.7	
C	Vol. De Masas / Volumen de Vacios	359.5	355.8	366.3	
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	957.0	920.0	951.5	
E	Vol. De Masas	352.0	347.8	358.8	Promedio
	Pe Bulk (Base Seca)	2.662	2.58	2.60	2.61
	Pe Bulk (Base Saturada)	2.683	2.61	2.61	2.63
	Pe Aparente (Base Seca)	2.719	2.64	2.65	2.67
	% de Absorción	0.78%	0.87%	0.79%	0.81%
	% de Absorción Promedio	0.81%			

Fuente: Laboratorio USP**Tabla 26*****Peso unitario del agregado fino***

PESO UNITARIO AGREGADO FINO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde	7950	7945	7970	8315	8320	8310
Peso del Molde	3420	3420	3420	3420	3420	3420
Peso del Material	4530	4525	4525	5015	4900	4890
Volumen del molde	2776	2776	2776	2776	2776	2776
Peso Unitario	1.632	1.630	1.639	1.763	1.765	1.761
Promedio	1.630			1.763		

Fuente: Laboratorio USP

Tabla 27***Peso unitario del agregado grueso***

PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Muestra N°						
Peso Material + Molde	27380	27360	27365	28500	28510	28520
Peso del Molde	7380	7380	7380	7380	7380	7380
Peso del Material	20000	19980	19985	21120	21130	21140
Volumen del molde	13724	13724	13724	13724	13724	13724
Peso Unitario	1.457	1.456	1.456	1.538	1.539	1.540
Promedio	1.456			1.539		

Fuente: Laboratorio USP**Tabla 28*****Resumen de los resultados de los agregados en laboratorio***

DATOS	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto Kg/m ³	1630	1456
Peso Unitario Compactado Kg/m ³	1763	1539
Peso Específico Kg/m ³	2.614	2.630
Módulo de Fineza	3.00	----
Tamaño máximo	3/4"	
% de Absorción	1.39	0.81
% de Humedad	2.1	0.64
Peso Específico - Cemento gr/cm ³	3.15	
Peso Específico - Agua Kg/m ³	1000	
F'c	210	

Fuente: Laboratorio USP

Los resultados expresados en la tabla N° nos reflejan que las características de los materiales son adecuadas para la elaboración de concretos según lo especificado en las normas.

Aplicación del Diseño de Mezcla de Concreto Fc 210 Kg/Cm2 Propuesto por el Comité ACI 211.4R-93

Para el proporcionamiento de la mezcla de concreto se apoyará en el comité ACI.211.4R-93, la cual da una serie de pasos a seguir para realizar el proporcionamiento, los pasos se presentan a continuación:

- Paso I : Especificaciones
- Paso II : Materiales.
- Paso III : Determinación de la resistencia promedio.
- Paso IV : Selección del tamaño nominal máximo.
- Paso V : Selección del asentamiento.
- Paso VI : Volumen unitario del agua.
- Paso VII : Contenido de aire.
- Paso VIII : Relación agua-cemento.
- Paso IX : Factor de cemento.
- Paso X : Contenido de agregado grueso.
- Paso XI : Calculo de volúmenes absolutos.
- Paso XII : Contenido de agregado fino.
- Paso XIII : Valor de diseño.
- Paso XIV : Corrección por humedad de los agregados.
- Paso XV : Proporción en peso.
- Paso XVI : Proporción en volumen.
- Paso XVII : Calculo en kilogramos para la elaboración de probetas.

Estos pasos se aplicarán al diseño de mezcla de la cantera Recuay. Tomando en cuenta que la resistencia de estudio de la mezcla será de 210 kg/cm².

Paso I: Especificaciones

La selección de las proporciones se hizo aplicando el método del A.C.I y la resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 Kg/cm² a los 28 días.

Paso II: Información de las Propiedades de los Materiales

Antes de la realización de la mezcla de concreto, fue de vital importancia tener muy en claro las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales que conformaron el concreto de alta resistencia, ya que estos resultados sirvieron para realizar una adecuada dosificación. En la Tabla N°27 se visualizan las propiedades de los materiales.

Tabla 29

Información de las propiedades de los materiales para el diseño de mezcla

DATOS	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Peso Unitario Suelto Kg/m ³	1630	1456
Peso Unitario Compactado Kg/m ³	1763	1539
Peso Específico Kg/m ³	2.614	2.630
Módulo de Fineza	3.00	----
Tamaño máximo	3/4"	
% de Absorción	1.39	0.81
% de Humedad	2.1	0.64
Peso Específico - Cemento gr/cm ³	3.15	
Peso Específico - Agua Kg/m ³	1000	
F'c	210	

Fuente: Laboratorio USP

Paso III: Determinación de la Resistencia Promedio

La resistencia en estudio es:

$$f'_{cr} = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

Paso IV: Tamaño Máximo Nominal

Tomando en cuenta que la resistencia de diseño de la mezcla fue de 210 kg/cm², las características del agregado que se tuvo para elaborar la mezcla, lo cual indicó que el tamaño máximo del agregado grueso fue de 1" y el tamaño máximo nominal fue:

$$\text{TMN} = 3/4''$$

Paso V: Selección del Asentamiento (Según Tabla 9)

En concordancia con las especificaciones, las condiciones requieren que la mezcla, tenga una consistencia plástica; a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4". (Slump), se eligió:

$$\text{Slump} = 3''$$

Paso Vi: Volumen Unitario del Agua (Según Tabla 10)

Para una mezcla de concreto con un asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario del agua fue:

$$\text{Contenido de agua} = 205 \text{ litros}$$

Paso VII: Contenido de Aire (Según Tabla 11)

$$\text{Contenido de aire} = 2.0\%$$

Paso VIII: Relación Agua-Cemento (Según Tabla 12)

Para una resistencia de diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sin aire incorporado, la relación agua-cemento se obtuvo con la interpolación y el resultado fue:

$$A/C = 0.6$$

Paso IX: Factor de Cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua del mezclado (paso VI) dividido entre la relación agua-cemento (paso VIII).

$$\text{Cemento} = \frac{205}{0.68} = 301.47 \text{ kg/m}^3$$

Paso X: Contenido de Agregado Grueso (Según Tabla 13)

Para un módulo de fineza de 3 y TMN de 3/4" corresponde un agregado grueso de:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Grueso} &= 0.60 * 1539 \\ &= 923.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Paso XI: Cálculo de Volúmenes Absolutos

El volumen absoluto es igual al peso seco entre peso específico.

Los volúmenes absolutos son:

Cemento	$(301.47 \text{ kg/m}^3)/(3.15 \times 1000) = 0.095 \text{ m}^3$
Agua	$205 \text{ lt/m}^3/(1000) = 0.205 \text{ m}^3$
Aire atrapado	$2/100 = 0.02 \text{ m}^3$
Agregado grueso	$923.4 \text{ kg/m}^3/(2.662 \times 1000) = 0.347 \text{ m}^3$

Entonces:

Sumatoria de volúmenes específicos será:

$$\text{SUMATORIA} = 0.095 + 0.205 + 0.02 + 0.347 = 0.667$$

Paso XII: Contenido de Agregado Fino

Volumen absoluto de agregado fino:

$$\text{V.A.F} = 1 - 0.667$$

$$\text{V.A.F} = 0.333 \text{ m}^3$$

Entonces:

Peso específico de la masa:

$$\text{P.E.M} = 2.614$$

El peso del agregado fino = $0.333 \times 2.614 \times 1000$

Peso del Agregado Fino = 870.462kg

Paso XIII: Valores de Diseño

Valores de diseño

Cemento	301.47 Kg/m ³
Agregado fino	870.462 kg/m ³
Agregado grueso	923.4 kg/m ³
Agua de diseño	205 lt/m ³

Paso XIV: Corrección por Humedad de los Agregados

Por humedad se harán en los agregados fino y grueso y en el volumen unitario de agua de mezcla.

Corrección Por Humedad de los Agregados		Resultado
Agregado grueso	$(0.64 + 100)/100$	1.0064
Agregado fino	$(2.1 + 100)/100$	1.021
Agregado grueso	1.0064×923.4	929.30kg
Agregado fino	1.021×870.462	889.15 kg

Humedad Superficial:

Agregado grueso	0.64-0.81	- 0.07%	- 0.0017
Agregado fino	2.1-1.39	0.71%	0.0071

Aporte de Humedad de los Agregados

Agregado grueso	-0.00017x929	1.58 lt
Agregado fino	0.0071x832.69	5.91 lt
Sumatoria		4.33 lt
Agua efectiva		200.67 It

Los Pesos del Material ya Corregidos Serán:

Cemento	301.47 kg/m ³
Agua de diseño efectiva	200.67 lt/m ³
Agregado fino seco	870.462 kg/m ³
Agregado grueso seco	929.30kg/m ³

Cemento	Agregado fino seco	Agregado grueso seco	Agua efectiva
<u>366.07</u>	<u>870.462</u>	<u>929.30</u>	200.67
301.47	<u>301.47</u>	<u>301.47</u>	
1	2.89	3.08	28.30
42.5 kg	96.475 kg	107.95 kg	28.30 tls

Paso XV: Proporción en Peso

Peso del Material en Kilogramos

Cemento	301.47 kg/m ³
Agua	200.67 lt/m ³
Agregado fino seco	870.462 kg/m ³
Agregado grueso seco	929.30 kg/m ³

Paso XVI: Proporción en Peso

Peso en kilogramos para una probeta

Cemento	1.68 kg
Agua	1.2 lts
Agregado fino seco	4.84 kg
Agregado grueso seco	5.17 kg

Peso en gramos para una probeta más el 10% de perdida.

Cemento	1.78 kg
Agua	1.3 lts
Agregado fino seco	4.94 kg
Agregado grueso seco	5.80 kg

Calculo para 18 probetas

Cemento	33.82 kg
Agua	23.40 lts
Agregado fino seco	88.92kg
Agregado grueso seco	104.40 kg

Ensayo del Concreto Endurecido

Resistencia a la Compresión:

Cuadro de Resultados con Curado Patrón:

Tabla 30

Resistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² con curado patrón a los 7,14 y 28 días (cantera Recuay)

TESTIGO N°	EDAD DÍAS	SLUMP	ÁREA CM2	MOLDEO	ROTURA	F'C RUPTURA	F'C KG/CM2	% FC/F'C
1	7	3"	176.7	27/02/18	06/03/18	176.5	210	84.04%
2	7	3"	176.7	27/02/18	06/03/18	171.8	210	81.80%
3	7	3"	176.7	27/02/18	06/03/18	173.2	210	82.47%
4	14	3"	176.7	27/02/18	13/03/18	196.14	210	93.40%
5	14	3"	176.7	27/02/18	13/03/18	193.87	210	92.32%
6	14	3"	176.7	27/02/18	13/03/18	198.25	210	94.40%
7	28	3"	176.7	27/02/18	27/03/18	246.86	210	117.55%
8	28	3"	176.7	27/02/18	27/03/18	248.88	210	118.51%
9	28	3"	176.7	27/02/18	27/03/18	248.37	210	118.27%

Fuente: Laboratorio USP

Cuadro de Resultados con Sistema de Curado Inteligente

Tabla 31

Resistencia del concreto $F'c=210$ kg/cm² con curado del sistema Inteligente los 7,14 y 28 días (cantera Recuay)

TESTIGO N°	EDAD DÍAS	SLUMP	ÁREA CM ²	MOLDEO	ROTURA	FC ROPTURA	FC KG/CM 2	% FC/F'c
1	7	3"	176.70	27/02/18	06/03/18	175.24	210	83.45%
2	7	3"	176.70	27/02/18	06/03/18	170.11	210	81.00%
3	7	3"	176.70	27/02/18	06/03/18	172.68	210	82.23%
4	14	3"	176.70	27/02/18	13/03/18	195.85	210	93.27%
5	14	3"	176.70	27/02/18	13/03/18	192.60	210	91.71%
6	14	3"	176.70	27/02/18	13/03/18	196.40	210	93.52%
7	28	3"	176.70	27/02/18	27/03/18	245.24	210	116.78%
8	28	3"	176.70	27/02/18	27/03/18	243.57	210	115.98%
9	28	3"	176.70	27/02/18	27/03/18	249.38	210	118.75%

Fuente: Laboratorio USP

Resumen de la Resistencia del Concreto a los 7 días con los dos tipos de Curado.

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado con sistema inteligente a los 7 días.

Tabla 32

Resistencia a la compresión a los 7 días

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A	175.5	171.8	173.2
B	175.24	170.11	172.68

Fuente: Laboratorio

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 8: Resultados de las muestras a los 7 días

Fuente: Laboratorio

Resumen de Resistencia al Concreto en Promedio a los 7 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón, curado del sistema inteligente y curado al ambiente en promedio a los 7 días.

Tabla 32

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS
	PROMEDIO
A	173.50
B	172.67

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 9: *Resultado promedio del curado patrón y curado inteligente*

Fuente: Laboratorio

Resumen de Resistencia en Porcentaje a los 7 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 7 días en % promedio.

Tabla 33

Resistencia a la compresión en porcentaje

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A	83.57 %	81.81 %	82.47 %
B	83.45 %	81.01 %	82.23 %

Fuente: Elaboración Propia con datos de laboratorio

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

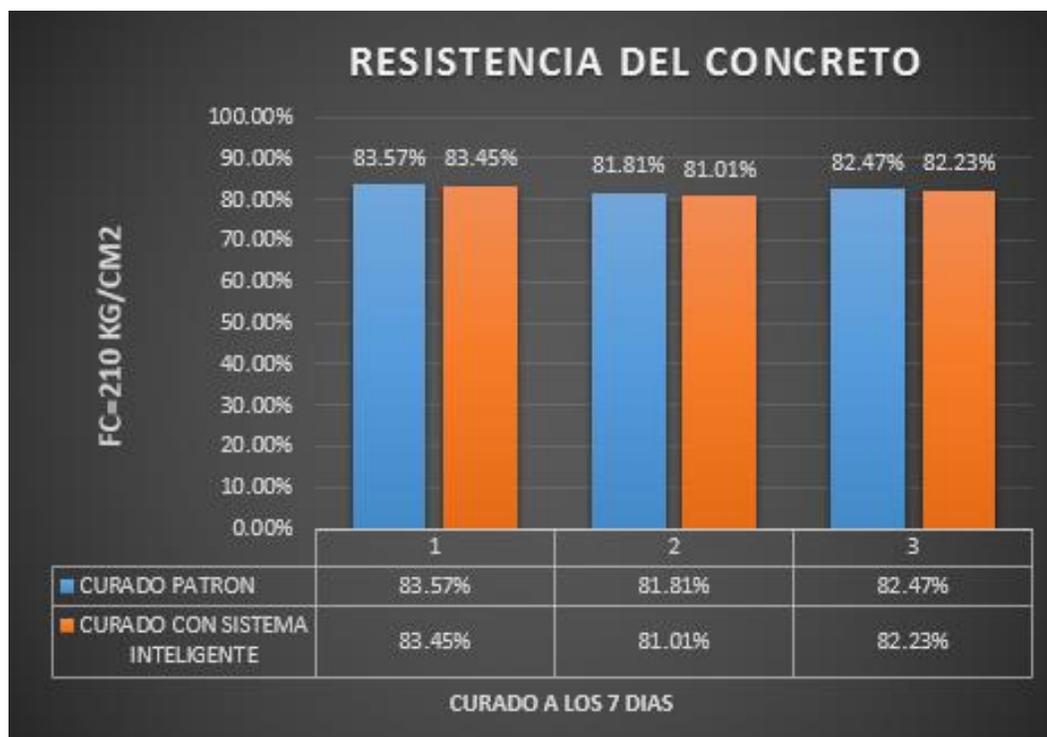


Figura 10: Resultado en porcentaje del curado patrón y curado inteligente

Fuente: Laboratorio

Resumen de Resistencia en Porcentaje Promedio a los 7 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 7 días en % promedio.

Tabla N°33

Resistencia en porcentaje promedio a los 7 días

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN % A LOS 7 DIAS
	PROMEDIO
A	82.60 %
B	82.27 %

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

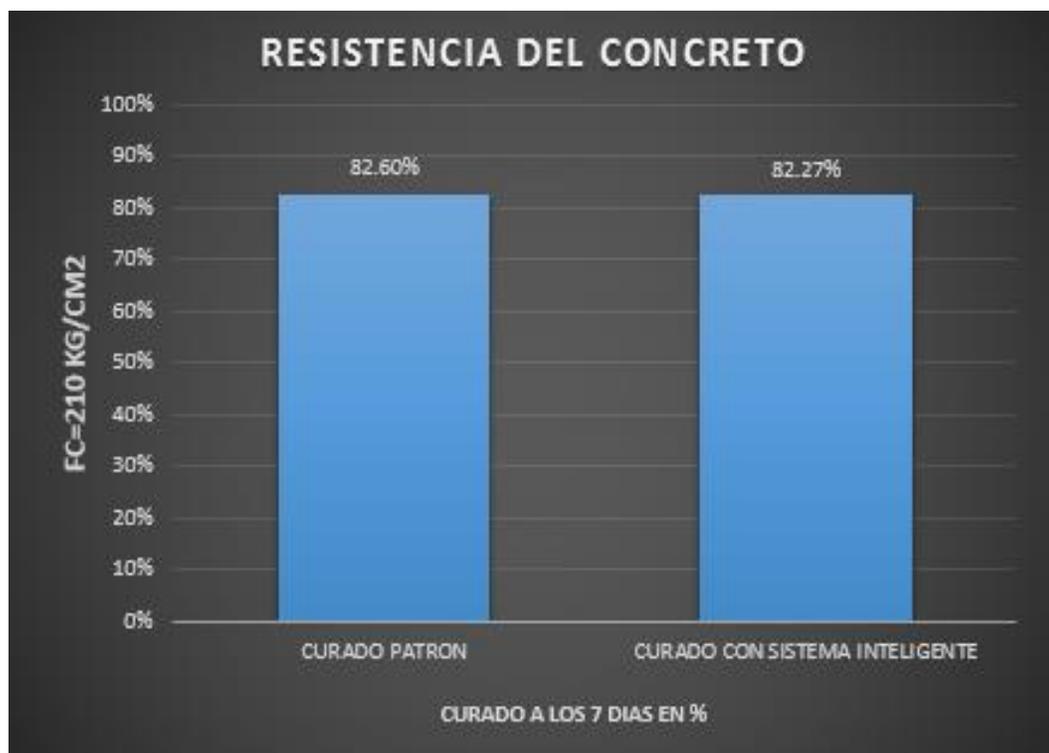


Figura 11: Resultado en porcentaje del curado patrón y curado inteligente

Fuente: Laboratorio

Resumen de la Resistencia del Concreto a los 14 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 14 días.

Tabla 34

Resultados de las muestras a los 14 días

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A	196.14	193.87	198.25
B	195.85	192.60	196.40

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

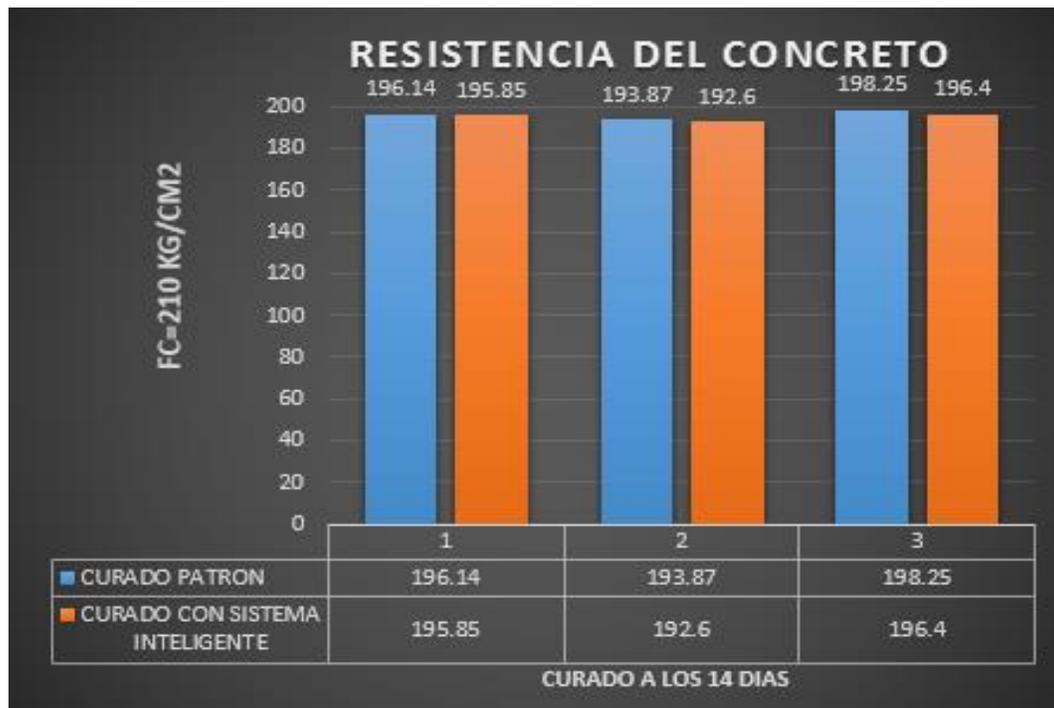


Figura 12: Resultados a los 14 días

Fuente: Laboratorio

Resumen de la Resistencia del Concreto en Promedio a los 14 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado con sistema inteligente a los 14 días.

Tabla 35

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DIAS
	PROMEDIO
A	196.08
B	194.95

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 13: Resultado promedio en 14 días

Fuente: Laboratorio

Resumen de Resistencia en Porcentaje a los 14 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 7 días en % promedio.

Tabla 36

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DIAS		
	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	1	2	3
A	93.40%	92.32%	94.40%
B	93.27%	91.71%	93.52%

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

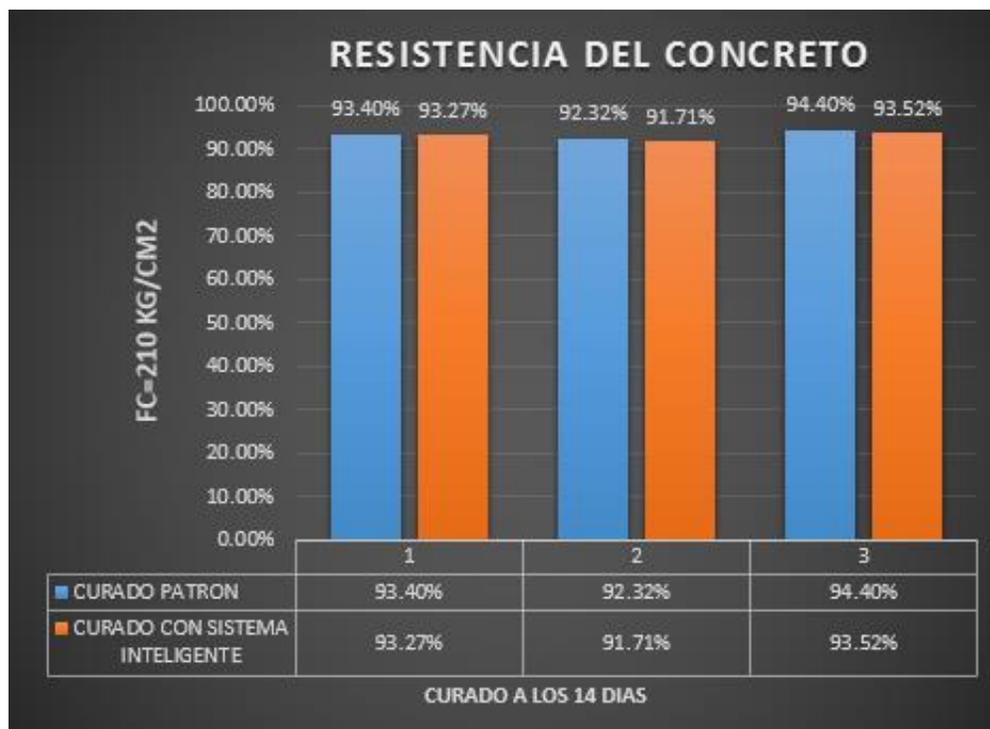


Figura 14: Resultado en porcentaje del curado patrón y curado inteligente

Fuente: Laboratorio

Resumen de la Resistencia del Concreto en Promedio a los 14 días en %

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 14 días en % promedio.

Tabla 36

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 14 DIAS EN %
	PROMEDIO
A	93.25%
B	92.83%

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 15: Resistencia A La Compresión A Los 14 Días En %

Fuente: Laboratorio

Resumen de la Resistencia del Concreto a los 28 días

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 28 días.

Tabla 37

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A	246.86	248.88	248.37
B	245.24	243.57	249.38

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

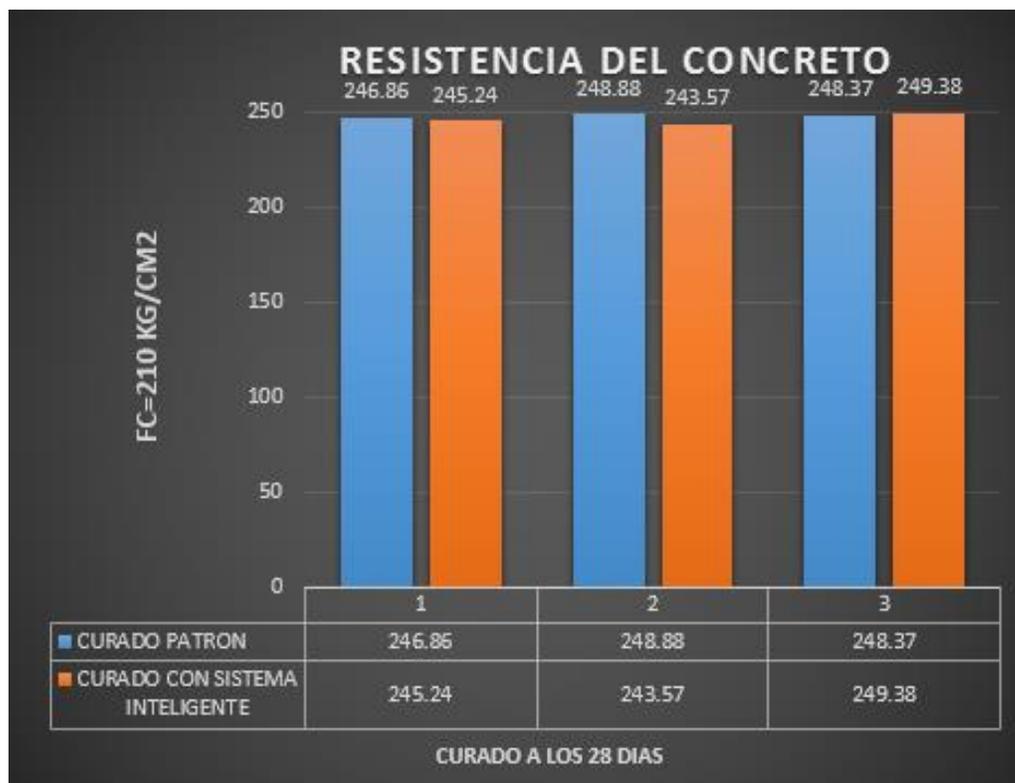


Figura 16: Resistencia Del Concreto A Los 28 Días

Fuente: Laboratorio

Resumen de la resistencia del concreto en promedio los 28 días en %

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 28 días.

Tabla 38

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS		
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
A	117.55%	118.51%	118.27%
B	116.78%	115.99%	118.75%

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente

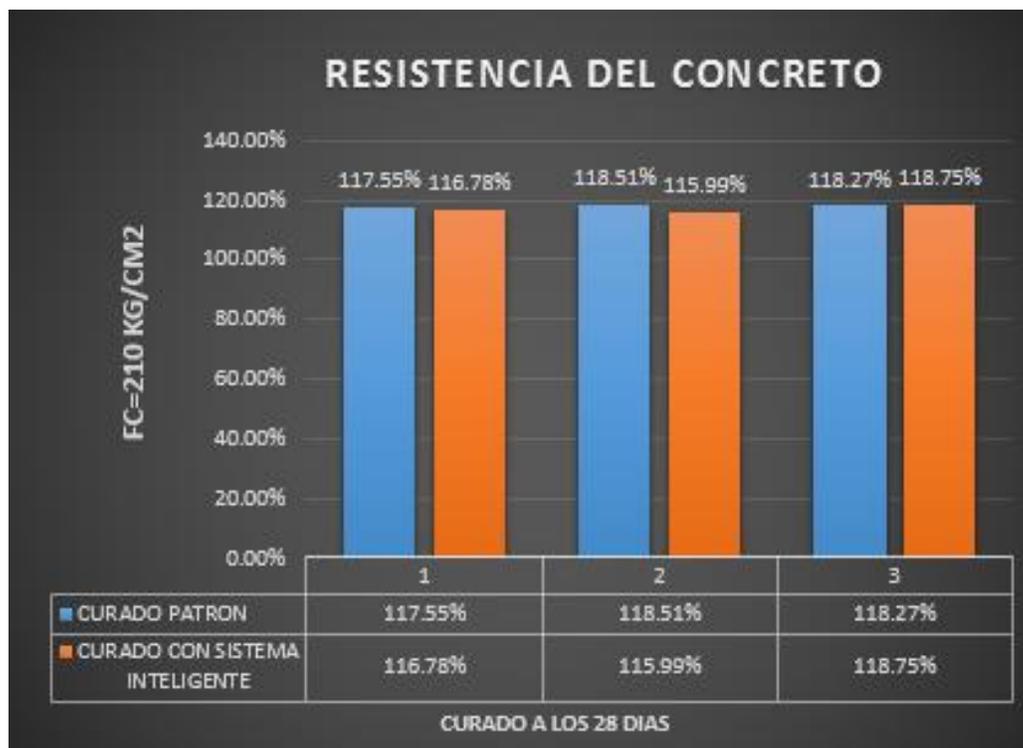


Figura 17: Resistencia Del Concreto En Promedio Los 28 Días En %

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de la resistencia del concreto a los 28 días en promedio

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'_c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 28 días.

Tabla 38

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS
	PROMEDIO
A	248.04
B	246.06

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 18: Resistencia del Concreto A Los 28 Días En Promedio

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de la resistencia del concreto a los 28 días porcentaje

Resumen del ensayo de resistencia a la compresión $F'c=210$ kg/cm² del concreto con curado patrón y curado del sistema inteligente a los 28 días en % promedio.

Tabla 39

TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS EN % PROMEDIO
A	118.11%
B	117.17%

Fuente: Elaboración Propia

Tipos de curado:

A: curado patrón (húmedo)

B: curado con sistema inteligente



Figura 19: Resistencia Del Concreto A Los 28 Días Porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del concreto patrón y experimentales $f'c=210$ kg/cm²

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Días de curado	5731.25	2	2865.62	25148.90	0.000	19.00
Tipo de curado	3.03	1	3.03	26.63	0.035	18.51
Error	0.23	2	0.11			
Total	5734.51	5				

Fuente: Elaboración propia

Al observar los valores de la Probabilidad ($p = 0.000$ y $p = 0.035$) teniendo en cuenta como origen de las variaciones a los días de curado y el tipo de curado podemos concluir con un nivel de significancia de 5%, que las resistencias medias en kg/cm² logradas por los concretos patrones y el concreto experimental tienen diferencias significativas estadísticamente.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para la presente investigación los materiales utilizados fueron: Cemento Portland Tipo I-Sol, los agregados grueso y fino provienen de la cantera de Recuay, el agua que se utilizó fue de la red pública que reparte la empresa EPS CHAVIN y los circuitos electrónicos de acuerdo a las normas ISO 9001.

Para los agregados grueso y fino se evaluó el contenido de humedad, granulometría, gravedad específica, peso unitario, absorción que aparecen en la tabla 28. De acuerdo a estos valores se puede apreciar que se encuentran dentro de los parámetros especificados por la norma ASTM, y que son aptos para su uso.

(Abanto, 2000), sostiene que existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc.

Para el diseño de mezcla se trabajó con una relación $a/c = 0.68$ y una resistencia $F_c=210\text{kg/cm}^2$, tomando como datos anteriores para el diseño el análisis a los agregados.

El diseño de concreto es conceptuado como la selección de las proporciones adecuadas de los materiales que integran una unidad cúbica de concreto, se le conoce también como diseño de mezcla, también es definido como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, todo ello, con la finalidad de lograr un producto, que en estado no endurecido tenga las propiedades, especialmente trabajabilidad y consistencia, deseadas, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos sobre las resistencias mecánicas adecuadas establecidos por el diseñador o indicados en los planos y especificaciones de obra (Abanto, 2000).

Y para el diseño del circuito inteligente se utilizó componentes eléctricos bajo normas de calidad ISO 9001.

En el presente capítulo se hace el análisis de los resultados de cada uno de los ensayos que se han efectuado.

Para el funcionamiento y prueba del sistema de curado inteligente del concreto se realizó con el sistema electrónico de diseño de circuitos CADE-SIMU, y que en la práctica demostró un correcto funcionamiento a la hora de curar el concreto.

En México (Camargo.MR, 2013), en la investigación titulada “Sistema de control de riego automático mediante el monitoreo de humedad del suelo vía internet”, realizada en la Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ingeniería, tuvo como objetivo general desarrollar un sistema de control de riego automático para satisfacer las necesidades de riego de manera inteligente, con un impacto en el ahorro de agua a través del control y monitoreo de la variable de humedad del suelo.

En los agregados grueso y fino: Se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría, gravedad específica, absorción y peso unitario. Para conocer y comparar si se encuentran dentro de las especificaciones en base a las normas ASTM de estudio de materiales, dando como resultado un material adecuado para su uso en cualquier estructura.

En el concreto en estado endurecido se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión, los cuales fueron sometidos a dos formas de curado:

- Curado patrón o curado húmedo
- Curado con el sistema inteligente

En cada uno de los ensayos se realizó el análisis comparativo con respecto al curado patrón y con curado con sistema inteligente, resultando una resistencia del concreto de igual porcentaje.

(Ruiz, 2006), define el curado como el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean remplazados por los productos de la hidratación del cemento.

Resistencia a la compresión: En el cuadro y figura 1, se muestran los resultados obtenidos del concreto con curado patrón y un curado con sistema inteligente a una edad de 7 días, en donde se puede observar una cantidad de 3 testigos para cada tipo de curado y una resistencia inicial promedio de $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, Con ambos tipos de curado y en el figura N°3, podemos observar un porcentaje promedio de ambos en un 83%.

En la etapa de endurecimiento del concreto, es cuando la mezcla adquiere la resistencia para la cual fue diseñada (**Torrado & Porras, 2009**).

En el cuadro y figura N°4, se puede observar la misma tendencia entre el curado patrón y curado inteligente con una resistencia promedio de $F_c = 195 \text{ kg/cm}^2$.

En el cuadro y figura N°8, podemos observar la resistencia promedio a la compresión de $F_c = 247 \text{ kg/cm}^2$, para ambos tipos de curado, entonces podemos decir que el curado con sistema inteligente trabaja de una forma precisa para tratar al concreto y también podemos decir que llega a la resistencia de diseño como se propuso en la hipótesis de esta investigación.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- ✓ Al sincronizar el sensor de humedad, bajo las condiciones del requerimiento con el diseño del sistema de curado, se logra una adecuada respuesta a los actuadores de una forma de curado más racional y/o efectiva.

- ✓ Utilizar materiales que cumplen con las especificaciones de acuerdo a las normas ASTM, se logra un correcto diseño de mezcla y una buena resistencia a la compresión del concreto.

- ✓ Al mejorar la forma de curado utilizando un sistema de curado inteligente con nuevas tecnologías, y dando al concreto adecuado y responsable tratamiento se llega a la resistencia de diseño.

- ✓ El uso del agua, se da manera automatizada y racional en el sistema de curado del concreto, con beneficios ya que no necesita cuidado continuo del personal.

- ✓ A realizar la prueba de compresión del concreto que ha sido curado con un sistema inteligente, y el curado patrón (remojado en agua), se obtuvo un resultado similar que no marca diferencia entre ambos curados en la resistencia a la compresión del concreto, entonces podemos decir que el sistema de curado inteligente trabaja correctamente.

Recomendaciones

- ✓ Es recomendable el uso de los componentes electrónico ya que la respuesta a una señal se da de una forma correcta y precisa para cualquier requerimiento.
- ✓ Es recomendable el uso de un sistema de curado inteligente porque el concreto tiene una adecuada hidratación y llega a la resistencia de diseño.
- ✓ Es recomendable el uso del sistema ya que con este se tiene un uso adecuado del agua.
- ✓ Se recomienda el uso del sistema porque la resistencia que alcanza el concreto con un curado inteligente es igual a la resistencia con un curado patrón (sumergido en agua).
- ✓ Se recomienda dar un buen tratamiento en el curado, sino la perdida de la resistencia se hace bastante diferente con respecto a un curado inteligente

VI. AGRADECIMIENTO

A mi madre por ser la persona que me motivan día a día para seguir adelante y lograr mis metas, siempre dándome el apoyo necesario.

A toda mi familia por el gran apoyo que me brindaron, gracias por siempre estar conmigo.

A mi asesor Ing. Miguel Solar Jara, por sus importantes contribuciones y amplios conocimientos compartidos en la realización de la investigación.

A todos mis docentes de la carrera de Ing. Civil que me dieron los conocimientos necesarios para poder aplicarlo en mi profesión y siempre dándome los consejos correspondientes para seguir adelante.

Y a todos los que de alguna manera me apoyaron en la realización de mi trabajo muchas gracias.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2000). *Tecnología del Concreto*. Lima-Peru: San Marcos.
- Camargo.MR. (2013). *Sistema de control de riego automático mediante el monitoreo de humedad del suelo vía internet*. Queretaro-Mexico: Universidad Autonoma de Queretaro Facultad de Ingenieria.
- Chamba, V. &. (2013). *Diseño e Implementacion de un Sistema de riego Automatizado y controlado de forma inalambrica para una finca ubicado en el sector popular de Balerio Estadio*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.
- Codeco. (2005). *Interruptor manual*. Obtenido de <https://www.electromisiones.com.ar> > Electricidad > Interruptores Manuales
- Cruz, J. (2009). *Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva Italia*. Lima: PUCP.
- Dahl, S. (Enero de 2012). *controladores lógicos (P L C)*. Obtenido de controladores lógicos (P L C): https://upload.wikimedia.org/.../Programacion_de_controladores_logicos_%28PLC%29...
- Dias, M. J. (2010). *Correlación entre la porosidad y la resistencia del concreto. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*. Lima Perú.: Universidad Ricardo Palma.
- Digital, A. d. (30 de 03 de 15). *Entradas y Salidas Analógicas Arduino. PWM* . Obtenido de <http://arduino.cc/en/Reference/AnalogReadResolution>: ess.com/tag/conversor-analogico-digital/
- Digital, C. A. (2017). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/conversor-analogico-digital/>
- Inesem. (2015). *Trasductores y captadores*. Obtenido de <https://www.edu.xunta.gal/centros/iescamposanalberto/aulavirtual2/mod/.../view.php?...>
- Neville, A. M. (1999). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*. Florida, México, D. F: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.

- Ramires, M. (2014). *Desarrollo de un sistema de informacion automatizada para el control de palma aceitera. maracaibo*. Maracaibo-Venezuela: universidad rafaela urdaneta. Obtenido de RAMIRES, M. (2014). Desarrollo de un sistema de informacion automatizada para el control de palma aceitera. maracaibo: universidad rafaela urdaneta.
- Rivera, G. (2005). *Tecnologia del concreto y mortero*. Popayán-Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (2007). *Tecnología del Concreto*. Lima: ICG segunda edicion.
- Ruiz, P. A. (2006). *Influencia de los metodos comunes de curado en los especimenes de concreto de alto desempeño*. Lima-Peru: UNI.
- Salas, A. &. (2008). *Influencia en el diseño de mezcla de agregados de diferente procedencia en el estado de Merida*. Merida-Venezuela: Universidad de los Andes.
- Salcedo, A. D. (2014). *Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para palta Hass*. Lima: PUCP.
- Siscode. (20 de marzo de 2015). *Sistemas de codificación en Perú*. Obtenido de Sistemas de codificación en Perú: siscode.com/test-page/
- Somayaji, S. (1995). *Civil engineering materials*. Englewood cliffs, New Jersey. Prentice Hal: Primera edición.
- Vilca, P. (2008). *Obtención del concreto de alta resistencia*. Lima: UNI.

VII. APENDICE Y ANEXOS



Figura N°01: Ubicación de la Zona en donde se realizó la extracción de agregados para la presente tesis en el Distrito de Recuay.



Figura N°02: Peso del material para contenido de humedad del agregado fino



Figura N°3: peso del agregado grueso para el peso específico



Figura N°5: Instrumento para controlar la temperatura



Figura N°4: instrumentos para el control y funcionamiento del circuito de curado inteligente



Figura N°6: Fuente de alimentación



Figura N°7: Preparación para el curado del concreto con el sistema de curado inteligente



Figura N°8: funcionamiento del sistema de curado



Figura N°9: Prueba de rotura de la probeta



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA :
TESIS :

Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino
" Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto
210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"

FECHA: 24/04/2018

F'c : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO		EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F'c (%)
1	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	06/03/2018	7	176,5	84,04%
2	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	06/03/2018	7	171,8	81,80%
3	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	06/03/2018	7	173,2	82,47%
4	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	196,14	93,40%
5	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	193,87	92,32%
6	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	198,25	94,40%
7	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	246,86	117,55%
8	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	248,88	118,51%
9	CONCRETO CURADO CONVENCIONAL(PATRON)	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	248,37	118,27%

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA :

TESIS :

Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino

" Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto
210 Kg/cm² en la Ciudad de Huaraz - 2018"

FECHA: 24/04/2018

F' C : 210 kg/cm²

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO		EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F' C (%)
1	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	ROTURA 06/03/2018	7	175,24	83,45%
2	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	06/03/2018	7	170,11	81,00%
3	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	06/03/2018	7	172,68	82,23%
4	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	195,85	93,27%
5	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	192,6	91,71%
6	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	13/03/2018	14	196,4	93,52%
7	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	245,24	116,78%
8	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	243,57	115,98%
9	CONCRETO CURADO CON SISTEMA INTELIGENTE	-	3"	27/02/2018	27/03/2018	28	249,38	118,75%

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
TESIS	: " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
SOLICITA	: Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino
DISTRITO	: HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ
PROG (KM.)	:
HECHO EN : USP -HUARAZ	
FECHA 15/02/2018	
ASESOR	

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO CANTERA RECUAY
PROF. (m)	:

AGREGADO GRUESO					
Nº TARRO		32	6		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1377,5	1253,5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1370,5	1246,0		
PESO DE AGUA	(g)	7,00	7,50		
PESO DEL TARRO	(g)	171,00	164,1		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1199,50	1081,9		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,58	0,69		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,64			

AGREGADO FINO					
Nº TARRO		42	43		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1023,0	961,0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1005,0	945,0		
PESO DE AGUA	(g)	18,00	16,00		
PESO DEL TARRO	(g)	163,80	166,6		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	841,20	778,4		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2,14	2,1		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	2,10			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA

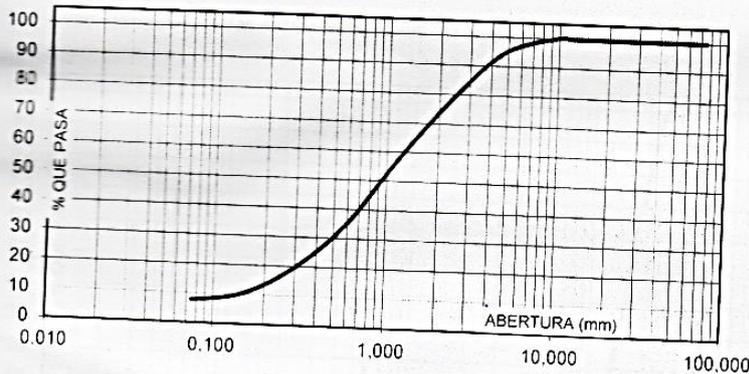
SOLICITA : **Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino**
 TESIS : " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto
 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 15/02/2018 CANTERA : RECUAY MATERIAL : AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	4153
PESO SECO LAVADO	3832,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	320,50

TAMIZ No	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	223,00	5,37	5,37	94,63
N° 8	2,360	684,00	16,47	21,84	78,16
N° 16	1,180	849,00	20,44	42,28	57,72
N° 30	0,600	939,00	22,61	64,89	35,11
N° 50	0,300	642,00	15,46	80,35	19,65
N° 100	0,150	382,00	9,20	89,55	10,45
N° 200	0,075	113,50	2,73	92,28	7,72
PLATO		320,50	7,72	100,00	0,00
TOTAL		4153,00	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 4
 MODULO DE FINEZA : 3,04
 HUMEDAD : 2,10%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYOS DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA

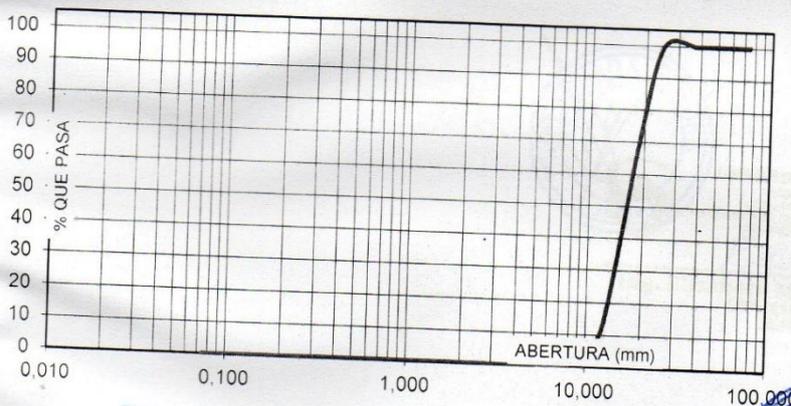
SOLICITA : **Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino**
 TESIS : " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto
 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
 LUGAR : HUARAZ
 FECHA : 15/02/2018 CANTERA : RECUAY MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	16573
PESO SECO LAVADO	16573,00
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ		PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No	ABERT. (mm.)				
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	4663,00	28,14	28,14	71,86
1/2"	12,500	9689,00	58,46	86,60	13,40
3/8"	9,500	1852,50	11,18	97,78	2,22
N° 4	4,750	349,00	2,11	99,88	0,12
N° 8	2,360	19,50	0,12	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		16573,00	100,00	100,00	0,00

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"
 MODULO DE FINEZA : 7,26
 HUMEDAD : 0,64%

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : **Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino**
 TESIS : " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : RECUAY
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO
 FECHA : 15/02/2018

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

964,5	928,0	959,0
605,0	572,2	592,7
359,5	355,8	366,3
957,0	920,0	951,5
352,0	347,8	358,8
0,78	0,87	0,79
0,81		

ABSORCION (%) : $((A-D/D) \times 100)$
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2,66	2,59	2,60
2,68	2,61	2,62
2,72	2,65	2,65

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,62
2,64
2,67



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Elizabeth Maza Ambrosio
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino
 TESIS : " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
 LUGAR : HUARAZ
 CANTERA : RECUAY
 MATERIAL : AGREGADO FINO
 FECHA : 15/02/2018

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de frasco+ agua
 C = A + B : Peso frasco + agua +material
 D : Peso de material+agua en el frasco
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio
 F : Peso Material seco en horno
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

ABSORCION (%) : $((A-F/F) \times 100)$

ABS. PROM. (%) :

300,0		
670,7		
970,7		
857,5		
113,2		
295,9		
109,10		
1,39		
1,39		

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

2,61		
2,65		
2,71		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
 P.e. Bulk (Base Saturada)
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,61
2,65
2,71



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PESOS UNITARIOS

SOLICITA : Bach. Antunez Avendaño, Jesus Marcelino
TESIS : " Propuesta de un Sistema de Curado Inteligente en la Resistencia de un Concreto 210 Kg/Cm2 en la Ciudad de Huaraz - 2018"
LUGAR : HUARAZ
CANtera : RECUAY
MATERIAL : AGREGADO FINO
FECHA : 15/02/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7950	7945	7970
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4530	4525	4550
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1632	1630	1639
Peso unitario prom.	1634 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8315	8320	8310
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4895	4900	4890
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1763	1765	1762
Peso unitario prom.	1763 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CIUDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERIA DE PUENTES Y
AYO MELBA DAMEA DE SUELOS Y
DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 136544
JEFE