

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Carrera de Ingeniería Industrial



Edición Digital Nro. 3
Noviembre 2021



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Lic. Oscar Heredia Rector
Phd. Maria Garcia Moreno Vicerectora
Ing. Hebert Pinto Decano a.i. Facultad de Ingeniería
Ing. Franz Zenteno Benitez Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edición Digital N° 3 Noviembre 2021

Comite Editor:

Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez
Ing. Mónica Uria Humerez

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
<http://industrial.umsa.bo/revista-industrial-4.0>
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Direccion:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402



PRESENTACIÓN

Está concluyendo la gestión 2021, con todas las dificultades para desarrollar las actividades académicas por la situación epidemiológica que atraviesa la humanidad, cumpliendo con los objetivos planteados en formación, investigación e interacción social que tiene la Carrera de Ingeniería Industrial en su conjunto.

El presente número de la Revista Industrial 4.0, publicación semestral, recoge los trabajos realizados por los investigadores -docentes y universitarios- que llevaron adelante en estos meses con una labor dedicada para salvar cualquier dificultad que se presenta, con temas sobre seguridad industrial, manufactura esbelta, acreditación, competitividad empresarial, operaciones unitarias y control de calidad.



Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Por la heterogeneidad de los temas que son tratados, la revista tiene como público objetivo a lectores de diferente formación como los universitarios, docentes, investigadores, graduados, ingenieros de diferentes especialidades y comunidad científica en general.

Ingeniería Industrial de la Universidad Mayor de San Andrés lleva adelante la preparación de un Congreso Interno, donde se actualizará el plan de estudios, contenido de las materias, definición de líneas de investigación de los institutos de investigación y definir políticas de relacionamiento con las entidades estatales y con las empresas públicas y privadas. Actividades que generan oportunidades para llevar adelante nuevas investigaciones y mantener las que actualmente se ejecutan, y se tiene la presente publicación para su difusión.

Reiterar la invitación para que en el siguiente número se presenten trabajos desarrollados por docentes y estudiantes de la carrera y sus programas que están en La Paz y los desconcentrados en San Buenaventura y Caranavi.

Agradecer a los miembros del Comité Editor, que realizan una labor profesional y ética en la revisión de todos los artículos que postulan para ser publicados en la presente revista.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS DEL PESO ESPECÍFICO, PESO UNITARIO, PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO PARA LA FABRICACIÓN DE HORMIGONES

EFRAIN SANTALLA ALEJO, ORCID: ORCID:0000-0002-8934-4859
Universidad Mayor de San Andrés
esantalla@umsa.bo
Cel.: 77216517

Recibido: 4 de octubre; aprobado: 26 de noviembre

RESUMEN

Este trabajo presenta la participación del agregado en el hormigón, así como el procedimiento que se debe realizar para la realización de los ensayos del Peso Unitario, Porcentaje de Absorción y Porcentaje de Huecos del Agregado Grueso y Fino, esto a fin de conocer estas propiedades que se necesitan para elaborar una mezcla de hormigón, ya que participa de diferentes maneras en la obtención de un hormigón. Entonces se mostrará la importancia del agregado y su incidencia en la elaboración de mezclas de hormigón, mostrando los requisitos que deben cumplir, y el modo correcto de realizar éstos ensayos.

PALABRAS CLAVES

Absorción, ACI, Agregado, Arena, Grava, Gravedad específica.

ABSTRACT

This work presents the participation of the aggregate in the concrete, as well as the procedure that must be carried out to carry out the granulometry test, this in order to guarantee a material that contains the best distribution of aggregate sizes, since it participates in different ways in obtaining a concrete. Then the importance of the aggregate and its incidence in the elaboration of concrete mixtures, showing the requirements that must be fulfilled, and the correct way to carry out the granulometry test.

KEYWORDS

Absorption, ACI, Aggregate, Sand, Gravel, Apparent specific gravity.

INTRODUCCIÓN

El agregado es un material granular compuesto de partículas de diferentes tamaños de origen pétreo y que unidos por medio de la pasta de cemento pueden conformar la masa del concreto. En términos generales los agregados ocupan aproximadamente el 60 u 80% del volumen total del concreto, por tanto su calidad es muy importante para su: Economía, Resistencia, Durabilidad y Trabajabilidad.

La función que cumplen los agregados para elaborar hormigones son:

- En el estado plástico la arena y la pasta actúan como lubricantes de las partículas más gruesas para que el hormigón pueda ser mezclado, transportado, colocado, compactado y terminado.
- En el fraguado, con la introducción de agregados a la pasta se forma una trabazón de tal manera que se genera una superficie de adherencia que disminuyen los cambios de volumen.
- En la resistencia los agregados aportan parte de la resistencia propia a la resistencia a la compresión. (Cánovas, 2013)

Hoy en día en nuestro medio puede notarse que hay un descuido tremendo en la utilización de los materiales, lo cual complica el obtener hormigones que sean resistentes y durables, es necesario hacer un control de calidad de los materiales que constituyen el hormigón. No basta con traer los materiales a obra, confiando en la calidad del producto sin haber analizado sus características en base a las especificaciones técnicas. A excepción del Cemento y agua, los proveedores de los agregados no muestran las especificaciones de sus productos, posiblemente esto se deba a que la extracción de sus muestras es obtenida de distintas partes de sus canteras. Por todo esto este artículo mostrará la manera de obtener los parámetros de peso específico, peso unitario, porcentaje de absorción y porcentaje de huecos del agregado para la fabricación de hormigones.

1.1 OBJETIVO

Determinar las propiedades de Peso Unitario, Porcentaje de Absorción y porcentaje de huecos del agregado, con para obtener un hormigón de buena calidad.

2. DESARROLLO

Para el Peso Específico y Porcentaje de absorción del agregado grueso, el procedimiento consiste en determinar el peso de una muestra de ensayo en las condiciones seca y saturada superficialmente seca. Luego, se determina su volumen por diferencia entre los pesos al aire ambiente y sumergido en agua.

Conocidos el peso y volumen se calculan los pesos específicos y la absorción de agua en función de los valores obtenidos para las diferentes condiciones.

Para el Peso Específico y Porcentaje de absorción del agregado fino, el procedimiento consiste en determinar el peso de una muestra de ensayo en las condiciones seca y saturada superficialmente seca. Luego, se determina su volumen como el peso del agua desplazada por el agregado sumergido en un matraz aforado. Conocidos el peso y volumen se calculan los pesos específicos y la absorción de agua en función de los valores obtenidos para las diferentes condiciones.

Para determinar el peso unitario del agregado compuesta de varias partículas, debe pesarse la muestra y dividirse entre el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente unitario normalizado, por tal razón se lo denomina peso volumétrico. El peso unitario puede ser de dos tipos dependiendo del grado de compactación Peso unitario suelto y Compactado. (Huerta, 2013)

2.1 IMPORTANCIA

Conocer el Peso Unitario permite determinar la densidad en masa en condición compactada o suelta. La densidad de masa se emplea en el diseño de mezclas de hormigón con cemento Pórtland con o sin adiciones.

El peso específico de los agregados gruesos, permite conocer los volúmenes compactados del agregado con el fin de dosificar morteros u hormigones. Relacionado con el peso unitario y también permite conocer la compacidad o contenido de vacíos del agregado. (Anibarro, 2015, p. 2-16).

La absorción está íntimamente relacionada con la porosidad interna de los granos del agregado y con la permeabilidad de los morteros y hormigones.

2.2 ENSAYO DEL LABORATORIO PARA EL PESO UNITARIO

2.2.1 EQUIPO

a) Balanza: Una balanza sensible y con lectura exacta, graduada al menos con precisión de 1 g para la calibración y 5 g para los pesos volumétricos.

b) Pisón: Una varilla recta metálica de 16mm de diámetro y aproximadamente 600mm de largo y terminada en punta redondeada de tipo hemisférica y del mismo diámetro de la varilla.

c) Recipiente: Un recipiente cilíndrico metálico, impermeable provisto de agarraderas, las paredes interiores y fondo deberán estar perfectamente lisas, torneadas a máquina a fin de asegurar la exactitud de sus dimensiones. Debe ser

lo suficientemente rígido, para mantener su forma a pesar de los golpes que se reciba.

d) Pala o cucharón: Lo suficientemente grande para llenar el recipiente metálico.

e) Equipo de calibración: Una placa de vidrio de al menos 6 mm de espesor y al menos 3 cm más grande que el diámetro del recipiente a calibrar. Grasa para chasis o bomba de agua que se pueda colocar en el borde del recipiente a fin de evitar escurrimiento.

2.2.2 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La toma de muestra y la preparación se hará de acuerdo a lo indicado en el cuarteo. El tamaño de la muestra de ensayo, será de un volumen aproximadamente igual al doble de la capacidad volumétrica. Esta muestra de ensayo, será secada previamente hasta su peso constante, preferiblemente en horno a una temperatura $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2.2.3 PROCEDIMIENTO

Peso Unitario Suelto

Este procedimiento es aplicable a agregados con un tamaño máximo nominal menor o igual a 100 mm.

a) Llenar el recipiente hasta rebalsar empleando una pala o cuchara, descargando la muestra desde una altura que no exceda 50 mm, sobre el borde superior de la medida. La pala o cuchara se desplazará alrededor del borde distribuyendo uniformemente el material.

b) Se elimina el material excedente, empleando una regla metálica o el pisón, realizando un enrase sin presionar.

c) Se determina y registra el peso del agregado compactado que llena la medida, con precisión de 5 g.

Peso Unitario Compactado por Apisonado

Este procedimiento es aplicable a agregados de tamaño máximo nominal igual o menor a 38 mm.

a) Llenar el recipiente en tres capas de espesores aproximadamente iguales, dejando con la última capa un exceso de agregado por encima del borde superior del recipiente de medida.

b) Nivel la superficie con los dedos y compacta cada capa con 25 golpes del pisón uniformemente distribuidos sobre la superficie.

c) al apisonar la primera capa debe evitarse golpear el fondo y en las otras capas debe compactarse solo con la fuerza necesaria para penetrar la última capa.

d) En la última capa se elimina el exceso de agregados, empleando una regla metálica o pisón, realizando un enrascado con leve presión.

2.3 ENSAYO DEL LABORATORIO PARA EL PESO UNITARIO

2.3.1 EQUIPO

a) **Una balanza:** Con capacidad de 1 kg o más, y precisión de 0,1 g.

b) **Frasco Graduado:** U otro recipiente apropiado en el cual la muestra de agregado fino a ensayar pueda ser fácilmente introducida y en el cual el volumen contenido pueda ser verificado dentro de $\pm 0,1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente llenado hasta la marca será al menos 50% mayor que el espacio requerido para acomodar la muestra de ensayo. Un frasco volumétrico de 500 cm^3 de capacidad es satisfactorio.

c) **Molde Tronco Cónico:** De metal en la forma de tronco de cono con dimensiones como siguen: $40 \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interior en la parte de arriba, $90 \pm 3 \text{ mm}$ de altura, con el metal de un espesor mínimo de 0,8 mm.

d) **Pisón:** De metal con peso de 340 ± 15 gramos y con la cara de apisonamiento plana y circular de $25 \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.

d) **Tamices:** Al menos un tamiz de 4,75 mm (N°4) u otros tamaños si son requeridos, conforme a la especificación ASTM E11.

e) **Horno:** De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

2.3.2 MUESTRA DE ENSAYO

a) Si la muestra de laboratorio contiene un porcentaje de material retenido en el tamiz de 4,75 mm (N°4), se separará por el tamiz de 4,75 mm (N°4) en dos fracciones y se determinaran las propiedades por separado para cada fracción. En este caso los resultados se expresan como el promedio ponderado de los pesos específicos de la masa aparente y de la absorción de agua correspondiente a ambas fracciones.

- b) Sacar una muestra húmeda del agregado y mezclar cuidadosamente hasta reducir ésta por cuarteo hasta la cantidad aproximadamente el doble de la cantidad requerida. Obtener aproximadamente 1 kg de agregado fino.
- c) Secar la muestra en un recipiente apropiado hasta peso constante a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Dejarla enfriar hasta una temperatura cómoda para manipularla, mojar con agua, por inmersión o por adición de al menos 6% de humedad del agregado fino, y mantener por 24 ± 4 horas.
- d) Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta o una suave corriente de aire caliente, y mover frecuentemente para asegurar un secado homogéneo. Si se desea, puede ser empleado un ventilador para ayudar a obtener la condición saturada superficialmente seca.
- e) Continuar el secado con agitador o mezclado constante; ensayar a intervalos frecuentes hasta que el ensayo indique que la muestra ha alcanzado la condición superficie-seca. Si la primera prueba de ensayo de humedad superficial indica que la humedad no está presente en la superficie, ésta ha sido secada más allá de la condición Saturada Superficialmente Seca. En este caso mezclar completamente unos pocos mililitros de agua con el agregado fino y mantener la muestra en un recipiente cubierto por 30 minutos, comenzar luego el proceso de secado y ensayar a intervalos regulares para llegar a la condición Superficie-Seca.

2.3.3 ENSAYO DE CONO PARA DETERMINAR LA HUMEDAD SUPERFICIAL

- a) Sujetar firmemente el molde sobre la superficie lisa no absorbente con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar una porción suelta del agregado fino parcialmente seca en el molde rellenándolo hasta rebasar, amontonar material adicional sobre la parte superior del molde, manteniéndolo con los dedos de la mano que sostiene el molde.
- b) Apisonar el agregado fino dentro del molde con 25 caídas ligeras del pisón. Cada caída empezarla como 5 mm sobre la superficie del agregado fino. Permitir al pisón caer libremente bajo la atracción de la gravedad en cada caída. Ajustar la altura inicial a la nueva elevación de la superficie después de cada caída y distribuir las caídas sobre toda la superficie.
- c) Remover la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente. Si el agregado aún conserva su humedad superficial, la muestra retendrá la forma del molde. Cuando el agregado fino se asienta levemente indica que ha alcanzado la condición Superficie-Seca.

d) Ocasionalmente un agregado fino angular o material con alta proporción de finos puede no asentarse en el ensayo de cono habiendo alcanzado la condición Superficie-Seca. Este puede evidenciarse observando si los finos son trasladados por el aire al soltar un puñado de arena (del ensayo del cono) desde una altura de 10 a 15 centímetros sobre la superficie. Para estos materiales la condición Saturada Superficialmente Seca sería considerada como el punto en que una parte del agregado fino se asienta levemente removiendo el molde.

e) Inmediatamente alcanzada la condición Saturada Superficialmente Seca se separa para cada ensayo la cantidad de arena requerida.

2.3.4 PROCEDIMIENTO

a) Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir inmediatamente en el picnómetro aproximadamente 500 gramos de agregado fino Saturado Superficialmente Seca, luego llenar con agua adicional hasta aproximadamente el 90% de la capacidad. Hacer rodar, invertir, y agitar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire.

b) Ajustar su temperatura a $23 \pm 1,7$ °C y llevar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad calibrada. Determinar el peso total del picnómetro, muestra y agua. Registrar estos datos y todos los otros pesos aproximando a 0,1 gramos.

c) Quitar el agregado fino del picnómetro, evitando pérdidas del material y secar hasta peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, dejar enfriar al aire a temperatura ambiente de 1 a 2 horas, y pesar aproximando a 0,1 gramos.

2.4 ENSAYO DEL LABORATORIO PARA EL PESO UNITARIO

2.4.1 EQUIPO

a) Una balanza: Sensible y con lectura exacta a 1 g. o menos. La balanza estará equipada con un dispositivo apropiado para suspender el canastillo por la muestra y la muestra sumergida en agua, desde el centro de la plataforma de pesaje o platillo.

b) Canastillo porta muestra: Una canasta de alambre de 3,35 mm o una malla fina, o de cubo aproximadamente igual a la anchura y peso, con una capacidad de 4 a 7 litros para agregado de hasta 38 mm de tamaño máximo nominal, un recipiente más grande será necesario para ensayar un agregado de tamaño nominal mayor. El canastillo será construido así para no atrapar aire al momento de sumergirlo con la muestra.

c) Tanque de Agua: Un tanque impermeable en el cual el canastillo con la muestra puede ser sumergido, mientras está suspendido debajo la balanza.

d) Tamices: Un tamiz de 4,75 mm (N°4) u otros tamaños si son requeridos, conforme a la especificación ASTM E11.

e) Horno: De tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C.

2.4.2 MUESTRA DE ENSAYO

a) Sacar una muestra del agregado y mezclar cuidadosamente hasta reducir ésta por cuarteo hasta la cantidad aproximada requerida y ligeramente superior al valor en estado seco indicado en la tabla siguiente:

Tabla 1. Peso Seco Mínimo de la muestra de ensayo

Tamaño Máximo Nominal, aberturas cuadradas	Peso Seco Mínimo de la muestra de ensayo en kilogramos
12.5 mm o menos	2
19.00 mm	3
25.00 mm	4
38.10 mm	5
50.00 mm	8
65.00 mm	12
75.00 mm	18
90.00 mm	25
100.00 mm	40

Fuente: ASTM (2004)

b) Descartar el material que pasa el tamiz 4,75 mm (N°4) realizar un tamizado seco y lavar cuidadosamente para remover el polvo u otra capa o impureza que cubra la superficie de las partículas (para ésta fracción emplear el método para el agregado fino).

2.4.3 PROCEDIMIENTO

a) La muestra limpia debe secarse hasta peso constante en horno con temperatura uniforme de 110 ± 5 °C, dejar luego a temperatura ambiente de 1 a 3 horas hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura cómoda para poder manipulado (aproximadamente 50°C).

b) La muestra se sumergirá en agua a temperatura ambiente por 24 ± 4 horas. Debemos hacer notar que existen agregados que no se saturan en 24 horas, en este caso, se continúa el control de absorción hasta que dos pesadas sucesivas difieran en menos de 0,1% del menor peso determinado. Cuando los valores de la absorción y el peso específico van a ser usados en proporcionar mezclas de hormigón en el cual los agregados estarán en su condición húmeda natural, el

requerimiento para un secado inicial a peso constante puede ser eliminado, y si, las superficies de las partículas en la muestra han sido mantenidas permanentemente húmedas hasta el ensayo, la inmersión de 24 horas puede ser eliminada.

c) Se extrae la muestra del agua y se sacan superficialmente las partículas haciéndolas rodar sobre un paño absorbente húmedo hasta que desaparezca la película visible de agua adherida, evitando la evaporación del agua de los poros y manteniendo el agregado secado superficialmente cubierto con un paño húmedo. Debe demorarse el mínimo tiempo disponible.

d) Se determina el peso del agregado saturado superficialmente seco. Posteriormente se coloca la muestra en el canastillo porta muestra, se lo sumerge en agua a $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$, con una densidad $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$. Tener cuidado de sacar todo el aire atrapado, agitando el recipiente mientras se sumerge y luego se determina el peso sumergido de la muestra menos el peso del agua desplazada.

e) Se seca la muestra hasta peso constante en horno con temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego se enfría la muestra dentro de un recipiente protegido para evitar la absorción de humedad del aire, a temperatura ambiente de 1 a 3 horas hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura cómoda para manipularlo (aproximadamente 50°C) y pesar.

3. ANÁLISIS Y CÁLCULOS

A continuación se muestra una planilla de cálculo, donde se aclara que las celdas punteadas son datos obtenidos de laboratorio, y las celdas que con negrillas son los resultados:

Tabla 2. Planilla de Cálculo para el Agregado Grueso

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-127				
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso muestra saturada superficialmente seca	B =	4530	4206	
Peso muestra + canastilla (sumergidos)	C1 =	3537	3340	
Peso canastillo sumergido	C2 =	760	760	
Peso muestra sumergida	C = C1-C2 =	2777	2580	
Peso igual volumen de agua	D = B-C =	1753	1626	
Peso Especifico	Gsss = B/D =	2.584	2.587	
PESO ESPECIFICO PROMEDIO		Gsss =	2.585	
Peso Especifico seco	Gs = A/D =	2.529	2.533	
PESO ESPECIFICO SECO PROMEDIO		Gs =	2.531	
ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-127				
Peso muestra secada al horno	A =	4433	4119	
Peso agua absorbida	E = B - A =	97	87	
Absorcion en porcentaje	(E/A)*100 =	2.188	2.112	
ABSORCION PROMEDIO en %		Abs =	2.150	
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-29				
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso del recipiente (tara)	F =	6430	6430	6430
Volumen del recipiente	V =	14336	14336	14336
Peso recipiente + muestra suelta	H =	28250	28195	28205
Peso muestra suelta	P = H-F =	21820	21765	21775
Peso Unitario suelto	PU _s = P/V =	1.522	1.518	1.519
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO		PU_s =	1520	[kg/m³]
Peso recipiente + muestra compactada	I =	29775	29710	29785
Peso muestra compactada	P = I-F =	23345	23280	23355
Peso unitario compactado	PU _c = P/V =	1.628	1.624	1.629
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO		PU_c =	1627	[kg/m³]
PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO GRUESO: ASTM C-29				
			Suelto	Compactado
Peso especifico promedio	Gs =		2.531	2.531
Peso unitario del agua	PU _w =		1000.000	1000.000
	G * PU _w =		2531.009	2531.009
Peso unitario promedio	PU =		1519.717	1627.139
Porcentaje de huecos	(G * PU_w - PU)*100/(G * PU_w) = h =		39.956	35.712

Fuente: Propia (2021)

Tabla 3. Planilla de Cálculo para el Agregado Fino

PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO: ASTM C-128				
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso frasco volumetrico	A =	154.7	154.7	
Peso frasco lleno de agua	B =	654.9	654.9	
Peso muestra saturada superficialmente seca	P =	413.3	411.0	
Peso frasco + agua + muestra	C =	909.9	907.3	
Peso agua anadida	$W = C - A - P =$	341.9	341.6	
Capacidad del frasco	$V = B - A =$	500.2	500.2	
Peso del agua desplazada	$P_w = V - W =$	158.3	158.6	
Peso Especifico sss	$G_{sss} = P/P_w =$	2.6	2.6	
PESO ESPECIFICO sss PROMEDIO		$G_{sss} = 2.601$		
Peso Especifico seco	$G_s = D/P_w =$	2.557	2.525	
PESO ESPECIFICO SECO PROMEDIO		$G_s = 2.541$		
ABSORCION DEL AGREGADO FINO: ASTM C-29				
Peso muestra secada al horno	D =	404.8	400.4	
Peso agua absorbida	$E = P - D =$	8.5	10.6	
Absorcion en porcentaje	$(E/D) * 100 =$	2.100	2.647	
ABSORCION PROMEDIO en %		$= 2.374$ [%]		
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO: ASTM C-29				
	MUESTRA N°	1	2	3
Peso del recipiente (tara)	F =	1793	1793	1793
Volumen del recipiente	V =	2829	2829	2829
Peso recipiente + muestra suelta	H =	6164	6145	6150
Peso muestra suelta	$P = H - F =$	4371	4352	4357
Peso Unitario suelto	$PUs = P/V =$	1.545	1.538	1.540
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO		$PUs = 1541$ [kg/m³]		
Peso recipiente + muestra compactada	I =	7080	7107	7092
Peso muestra compactada	$P = I - F =$	5287	5314	5299
Peso unitario compactado	$PUc = P/V =$	1.869	1.878	1.873
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO		$PUc = 1873$ [kg/m³]		
PORCENTAJE DE HUECOS DEL AGREGADO FINO: ASTM C-29				
		Suelto	Compactado	
Peso especifico promedio	$G_s =$	2.541	2.541	
Peso unitario del agua	$PU_w =$	1000.000	1000.000	
	$G * PU_w =$	2540.880	2540.880	
Peso unitario promedio	$PU =$	1541.181	1873.454	
Porcentaje de huecos	$(G * PU_w - PU) * 100 / (G * PU_w) = h =$	39.345	26.268	

Fuente: Propia (2021)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Para la elaboración de hormigones se deben conocer los parámetros de los materiales antes de realizar una mezcla de hormigón a fin de optimizar y garantizar su calidad.
- **Peso Unitario:** En cada obra ejecutada, se debe pedir el peso unitario Suelto y Compactado, para poder convertir y utilizar los materiales en peso a Volumen, y así determinar las unidades de carguío para el mezclado.
- **Humedad y Absorción:** Si es mayor el %Humedad al de la %Absorción, la mezcla necesitará menos agua, y si es mayor el %Absorción al %Humedad el agua añadida será mayor.

- En este artículo se presenta los parámetros necesarios que se necesitan conocer para dosificar una mezcla de hormigón son: Pesos Específicos del Cemento, Arena, Grava. Peso Unitario Suelto y Compactado de los Áridos Gruesos y Finos.

4.2 Recomendaciones

- El presente artículo puede ser utilizada como una guía para personas o instituciones que quieran realizar ensayos de control en las mezclas de hormigón.
- El porcentaje de vacíos en agregados típicos del hormigón varía entre 30 a 50%.
- Cuando la calidad del material sea desconocida, se recomienda realizar ensayos de laboratorio, para poder un buen material, podría garantizar la buena elaboración de los hormigones.
- Visualmente debe inspeccionarse el material granular, donde aquellos áridos de color blanquecinos y muy porosos deben desecharse, ya que afectaría su contenido de absorción.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 📖 Anibarro, F. C. (2015). Introducción al Diseño de Mezclas de Hormigón. La Paz: Instituto de Ensayo de Materiales.
- 📖 ASTM, (2004). Anual Book of ASTM Standards section 4. American: Concrete and Aggregates.
- 📖 Cánovas, M. F. (2013). Hormigón. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- 📖 Huerta, C. (2013). Diseño de Mezclas de Concreto. Lima - Perú: EPE.
- 📖 Quiroz, M., & Lucas, S. (2006). Apoyo Didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de "Tecnología del Hormigón". Cochabamba - Bolivia: UMSS.

CARRERA ACREDITADA AL SISTEMA ARCU-SUR, DEL MERCOSUR EDUCATIVO



LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN DE CARRERAS UNIVERSITARIAS

En sujeción y al amparo de la Ley N° 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez" del 20 de diciembre de 2010

CERTIFICA

Que la Carrera de:

INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

con sede académica en la ciudad de LA PAZ, ha cumplido
los criterios establecidos para la

ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR,
con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019


Msc. Lic. Eduardo Cortez Baldivieso
Presidente de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia


Lic. L. Antonio Carralho Suárez
Vocal de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia


Abing. Juan Jesús Roberto Rodríguez Ayala
Vocal de la Comisión Nacional de
Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia





Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería



Av. Mcal. Santa Cruz Nº 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402
Web: industrial.umsa.bo
Email: ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com

Todos los Derechos Reservados, 2021
La Paz - Bolivia