

UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL



Facultad de
Ingeniería Civil

Química

Informe sobre el cemento y asfalto

Integrantes:

Braulio Rubén Bulege Utrilla

Tracy del Pilar Arróspide Bernaldo

Milenka Margot Apumayta Castro

Jonathan Jesús Abanto Adrianzen

Jhonny Adrián Arca Rujel

Docente:

Ing. Glisset Mendoza Gastelo

Índice

1. Introducción.....	3
2. Normas técnicas.....	3
3. Antecedentes.....	14
4. Composición.....	24
5. Artículo científico.....	49
6. Tipos de bolsa de cemento y aplicación.....	64
7. Asfalto.....	74
8. Aplicación de aditivos.....	84
9. Tipos de ligantes asfálticos.....	88
10. Equipos que se emplean para el asfalto.....	95
11. Prevención y bioseguridad en una construcción..	105
12. Recomendaciones.....	118
13. Conclusiones.....	121

14. Referencias bibliográficas.....126

1. Introducción

El cemento es un material que una vez hidratado, da lugar a una mezcla uniforme y muy rígida. Desde muy antiguo se vienen utilizando morteros a base de arcilla, cal y yeso. El cemento moderno se empieza a fabricar en el año 1845, mediante una mezcla adecuada de arcilla y caliza calentada a altísimas temperaturas.

Hay muchas variedades de cemento, pero las más importantes son: los cementos de origen arcilloso y los cementos de origen puzolánico. El cemento es una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio. Se obtienen mediante un proceso de cocción a altas temperaturas de calizas y arcillas, en unos enormes hornos giratorios. El producto que sale del horno giratorio se denomina Clinker, cuando a este se le añade agua, se hidrata y solidifica progresivamente, en este proceso se desprende calor.

La expresión de las fórmulas químicas, que suelen ser bastante complejas, se suele expresar como combinación de óxidos de calcio (CaO), silicio (SiO₃) y aluminio (Al₂O₃).

2. Normas técnicas

2.1. Gestión ambiental

NTP 400.050:2017 Manejo de residuos de la construcción.

Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades edición. 2ª edición. Referenciado en: "D.S.011-2006-vivienda (2006-05-08).

NTP 712.105:2019 Monitoreo de calidad ambiental.

Calidad de aire. Determinación del contenido de plomo en material particulado suspendido en el aire captado en filtros

2.2. Respecto a la madera

NTP 251.019:2016 Madera y carpintería para construcción.

Postes de madera para líneas aéreas de conducción de energía. Postes de eucalipto y pino. Referenciado: R.D 025-2003-EM-DGE (2004-01-02) Norma DGE- "Especificaciones técnicas para el suministro de materiales y equipos de redes secundarias para electrificación rural".

2.3. Respecto a los productos de acero

NTP 341.031:2018 Productos de acero y NTP 341.031:2018/MT 1:2021 Productos de acero.

Barra de acero al carbono, corrugadas, para refuerzo de concreto armado. Referenciado: DS.011-2006-Vivienda (2006-05-08) Reglamento Nacional de Edificaciones.

NTP 341.068:2018 Productos de acero.

Alambre de acero al carbono, lisa y corrugado, y mallas electrosoldadas de alambre para refuerzo de concreto. Referenciado: DS.011-2006-Vivienda (2006-05-08) Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.4. Respecto a la seguridad

NTP 851.002.2016 Salud y seguridad ocupacional.

Sistemas de protección contra caídas. Requisitos y ensayos. Referenciado: Decreto Supremo N.º 017-2017-TR. Se aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo de los obreros municipales del Perú.

NTP 399.010-1-2016 Señales de seguridad.

Colores patrones utilizados en señales y colores de seguridad. Referenciado: RM. 84-91-ICTI-IND (1991-03-18); DS. 043-2007-EM (2007-08-22); DS. N.º 006-2005-EM; D.S. 19-97-EM (1997-09-05); D.S. 27-94-EM".

NTP 399.010-1-2016 Señales de seguridad.

Símbolos gráficos y colores de seguridad. Parte 1: Reglas para el diseño de las señales de seguridad y franjas de seguridad. Referenciado: DS. 043-2007-EM (2007-08-22); Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la inversión en Energía y Minería OSINERGMIN N.º 067-2016-OS-CD (2016-04-13). DS 016-2021-EM Decreto Supremo que modifica el Reglamento para la Instalación y Operación de Establecimientos de Venta al Público de Gas Natural Vehicular (GNV), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 006-2005-EM.

2.5. Normas técnicas peruanas de acuerdo al cemento, agregados

2.5.1. El cemento

Debe cumplir con los requisitos de las NTP:

- 334.009:1997 Cemento Portland. Requisitos
- 334.044:1997 Cementos Portland Puzolánico IP y I (PM).
- 334.050: 1984 Cemento Portland Blanco tipo I. Requisitos.
- 334.069:1998 Cemento de Albañería. Requisitos.

- 334.082:1998 Cementos Portland adicionados. Especificación de performance.
- 334.083:1997 Cemento Portland adicionados tipos P y S.
- 334.049:1985 Cemento Portland de escoria tipo IS y tipo ISM, requisitos.
- 334.073:1987 Cementos Portland compuesto tipo ICo, requisitos.
- 334.007:1997 Cementos Portland compuesto tipo ICo, requisitos.
- 334.084:1998 Cementos. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cemento Portland.
- 334.085:1998 Cementos. Aditivos funcionales a usarse en la producción de cemento Portland.
- 334.087:1999 Cementos. Adiciones minerales en pastas, morteros y hormigón (concreto); especificaciones.
- 334.088:1999 Cementos. Aditivos químicos de aire en pastas, morteros y hormigón (concreto); especificaciones.
- 334.089:1999 Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto); especificaciones.
- 334.076:1997 Cementos. Aparato para la determinación de los cambios de longitud de pastas de cementos y morteros fraguados.
- 334.077:1997 Cementos. Ambientes gabinetes y tanques de almacenamiento utilizados en los ensayos de cemento.
- 334.079:1996 Cementos. Especificación normalizada para pesas y mecanismos de pesada para usos en los ensayos físicos de cemento.
- 334.974:1997 Cementos. Determinación de la consistencia normal.
- 334.075:1997 Cementos. Cemento Portland. Método de ensayo para optimizar el SO₃.

- 334.078:1997 Cementos. Cemento Portland hidratado. Método normalizado para el sulfato de calcio en morteros.
- 334.048:1997 Cementos. Determinación de contenido de aire en morteros de cemento hidráulico.
- 334.052:1998 Cementos. Ensayo para determinar el falso fraguado del cemento. Método de la pasta. 2da edición.
- 334.002:1997 Cementos. Determinación de la finura expresada por la superficie. Específica.
- 334.003:1998 Cementos. Procedimiento para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica por mezcla mecánica.
- 334.051:1998 Cementos. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento Portland cubos de 50mm de lado.
- 334.006:1997 Cementos. Determinación del fraguado utilizando la aguja de Vicat.
- 334.064:1999 Cementos. Método para determinar la estabilidad de volumen.
- 334.004:1999 Cementos. Ensayo autoclave para determinar la estabilidad de volumen.
- 334.053:1999 Cementos. Ensayo para determinar el falso fraguado de cemento. Método del mortero.
- 334.066:1999 Cementos. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánico utilizando cemento Portland.
- 334.055:1999 Cementos. Método de ensayo para determinar el índice de actividad puzolánico por el método de la cal.
- 334.009:2016 (Cemento Portland. Requisitos).
- 334.082:2016 (Cemento Portland. Requisitos de desempeño).
- 334.090:2016 (Cemento Portland adicionados. Requisitos).

2.6. Principales requisitos según NTP 239.403:2022

- Esta norma brinda lineamientos para el proceso de recepción de las remesas de cementos envasados o a granel, en la que se debe realizarse el control de la documentación (órdenes de pedidos, las notas de despacho, las notas de ingreso, según las disposiciones legales aplicables al cemento hidráulico), y el control mediante la inspección visual, para comprobar el estado de las bolsas, presencia de contaminaciones o mezclas no permitidas
- El saco del cemento cumple ciertas condiciones para su conformidad como: No debe de estar mojado, roto o deteriorado y que lleve impresa la debida fecha de envasado desde la fábrica, debe de incluir la fecha completa; contener el nombre o marca del fabricante del cemento y de la fábrica.
- Establece los requisitos mínimos de infraestructura (construcción segura); la gestión de almacenamiento de cemento (a granel en silos estancos para evitar su mezcla con otros cementos de tipo o clase diferente, así como los envasados en bolsas o big bags en locales cerrados, techados, libres de humedad y protegidos de las lluvias); ordenamiento del almacén (colocación, distribución y criterios de rotación de las remesas de cemento ingresadas en función de su marca, clase, tipo, fecha de uso, entre otros, así como el volumen y cantidad).
- Se recomienda para el estibado de las remesas de cemento (cada unidad de carga no sobrepasará las 8 capas o tandas de bolsas de cementos y las bolsas de cementos no deben estar colocadas sobre el piso del almacén); y para el aseguramiento y protección de la carga (el proveedor aplicará el método de fijación o amarre de la carga, utilizando fundas de plástico retráctil, flejes o cintas de acero, PVC o polipropileno, films de plástico adherente o cualquier otro procedimiento).
- El transporte del cemento a envasado o granel se debe realizar bajo estrictas condiciones que aseguren la integridad de las propiedades del producto, especialmente

contra la humedad, lluvias, heladas, granizo o exposiciones directas al ambiente como a contaminantes diversos, entre otros.

- Los conductores deben asegurarse que la carga no sobrepase las dimensiones de la carrocería del vehículo, y que esté adecuadamente ordenada, sujeta y cubierta de tal forma que no ponga en peligro a la persona u otros vehículos de usuarios de la vía.

Dato Importante: Según el Ministerio de la Producción, el sector manufactura se incrementó en 17.9% durante el 2021, un resultado positivo a la producción del cemento, cal y yeso (+35.7%).

2.7. Agregados:

Los agregados para concreto deben cumplir con la NTP 400.037:2018 (Agregados para concreto. Requisitos).

Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados la NTP 400.037:2018, podrán ser utilizados siempre que el Constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas. La evaluación de la reactividad potencial álcali-sílice y las recomendaciones aplicables se efectuarán en conformidad con la NTP 239.700:2017 (Lineamientos para reducir el riesgo de reacción nociva del álcali-agregado en el concreto).

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- a) $1/5$ de la menor separación entre los lados del encofrado.
- b) $1/3$ de la altura de la losa, de ser el caso.
- c) $3/4$ del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos. Estas limitaciones se pueden omitir si se demuestra que la

trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o "cangrejas".

Los agregados fino y grueso deberán ser manejados como materiales independientes. Cada uno de ellos deberá ser procesado, transportado, manipulado, almacenado y pesado de manera tal que la pérdida de finos sea mínima, que mantengan su uniformidad, que no se produzca contaminación por sustancias extrañas y que no se presente rotura o segregación importante en ellos.

Los agregados a ser empleados en concretos que vayan a estar sometidos a procesos de congelación y deshielo y no cumplan con el acápite 7.1 de la NTP 400.037:2018 podrán ser utilizados si un concreto de propiedades comparables, preparado con agregado del mismo origen, ha demostrado un comportamiento satisfactorio cuando estuvo sometido a condiciones de intemperismo similares a las que se esperan. La prueba de intemperismo no deberá exigirse en proyectos a ejecutarse en zona costera o zona de selva por estar exentas de ciclos de congelamiento y deshielo.

El agregado fino podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. Deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas.

El agregado grueso podrá consistir de grava natural (piedra zarandeada) o triturada (piedra chancada) o una combinación de ambas y deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas. En el agregado triturado las partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa. En el agregado natural las partículas serán limpias, duras,

compactas, resistentes, pudiendo ser redondeadas y de textura lisa.

La granulometría seleccionada para el agregado deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. El parámetro numérico de control de la granulometría tanto para el agregado fino como el grueso o la combinación de ambos será el Módulo de Fineza. Se admite una tolerancia de ± 0.2 en el Módulo de Fineza sin necesidad de requerir ajustes en la granulometría o en la mezcla de concreto.

El lavado de los agregados se deberá hacer con agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.

El agregado denominado "hormigón" corresponde a una mezcla natural de grava y arena. El "hormigón" sólo podrá emplearse en la elaboración de concretos con resistencia en compresión no mayor de 10 MPa a los 28 días. El contenido mínimo de cemento será de 255 Kg/m³. El hormigón deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica y otras sustancias dañinas para el concreto. En lo que sea aplicable, se seguirán para el hormigón las recomendaciones indicadas para los agregados fino y grueso.

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá ser de preferencia potable. Debe cumplir con los requisitos de la NTP 339.088:2014 (Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos).

Se podrán utilizar aguas no potables sólo si se cumplen los requisitos de la NTP 339.088:2014 y se demuestra que:

- a) Están limpias y libres de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras

sustancias que puedan ser dañinas al concreto, acero de refuerzo o elementos embebidos.

- b) La selección de las proporciones de la mezcla de concreto se basa en ensayos en los que se ha utilizado agua de la fuente elegida.

2.8. Aditivos:

Los aditivos que se usen en el concreto deben someterse a la aprobación de la Supervisión y deben cumplir con la NTP 334.088:2015 (aditivos químicos en pastas, morteros y concreto)

El aditivo utilizado en obra es capaz de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento que el producto usado para establecer la dosificación del concreto de acuerdo con lo especificado en 2.7.

Los aditivos que contengan cloruros que no provengan de impurezas de los componentes del aditivo, no deben de emplearse en concreto preesforzado, el concreto que contenga aluminio embebido o un concreto construido en encofrados permanentes de acero galvanizado.

Los aditivos reductores de agua, retardantes, acelerantes, reductores de agua de alto rango deben cumplir con NTP 334.008:2015.

Las cenizas volantes u otras puzolanas que se empleen como aditivos deben cumplir con la NTP 334.104:2018 (puzolana natural cruda o calcinada y ceniza volante para uso en concreto).

2.9. Requisitos técnicos de los cementos

De acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas NTP 339.009, los requisitos químicos y físicos de los cementos:

2.9.1. Requisitos Físicos obligatoriamente

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Compresión mín Kg/cm ²						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280*	280*	210	280*	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los Sulfatos % máximo de expansión	--	--	0.04* 14 días	0.10 6meses	0.10* 6meses	--
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días	--	290*	--	--	290*	--
28 días	--	--	--	--	330*	--

2.9.2. Requisitos Químicos obligatorios:

Requisitos Químicos	Tipo					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de Magnesio (MgO), máx, %	6.0	6.0	6.0	--	6.0	6.0
Trióxido de Azufre (SO ₃), máx, %	3.5	3.0	2.3	--	4.0	4.0
Pérdida por Ignición, máx, %	3.0	3.0	3.0	--	5.0	8.0
Residuo Insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	--	--	--
Aluminato tricálcico (C ₃ A), máx, %	--	8	5	--	--	--
Álcalis equivalentes (Na ₂ O + 0.658 K ₂ O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*	--	--	--

2.9.3. Requisitos Físicos opcionales

Características Físicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Falso Fraguado, % (P. Fin) mínimo	50	50	50	50	50
Calor de Hidratación, máx, Cal/gr					
7 días	--	70	--	60	--
28 días	--	--	--	70	--
Resistencia la Compresión (MPa) 28 días	280	280	--	--	--
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máx	--	--	--	--	0.04

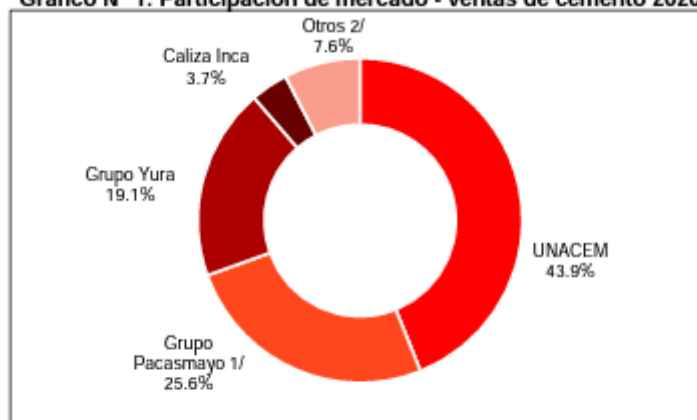
2.9.4. Requisitos Químicos opcionales

Características Químicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Aluminato tricálcico (C_3A), máx, %	--	--	5 - 8	--	--
Suma ($C_3S + C_3A$), máx %	--	58	--	--	--
Álcalis equivalentes ($Na_2O + 0.658 K_2O$), máx, %	0.6	0.6	0.6	--	--

2.9.5. Los tipos de cemento cuyos requisitos para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos, se muestran en la siguiente tabla

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles en agua (SO_4) en el suelo	Sulfatos (SO_4) en el agua, ppm	Tipo Cemento	Concreto con agregado de peso normal rel. a/c máx en peso	Concreto con agregado de peso normal y ligero Resist. Comp. mínima MPa
Insignificante	$0 < SO_4 < 0.1$	$0 < SO_4 < 150$	--	--	--
Moderada	$0.1 < SO_4 < 0.2$	$150 < SO_4 < 1500$	II, IP, MS, IPM	0.50	40
Severa	$0.2 < SO_4 < 2.0$	$1500 < SO_4 < 10,000$	V	0.45	45
Muy severa	$SO_4 > 2.0$	$SO_4 > 10,000$	V más puzolana	0.45	45

Gráfico N° 1: Participación de mercado - ventas de cemento 2020



Notas:

1/ Incluye las ventas de la empresa Cementos Selva (2.6%), subsidiaria de Cementos Pacasmayo.

2/ Incluye a otros productores nacionales e importaciones.

Fuente: INEI¹⁶

Elaboración: DLC

Gráfico N° 2: Ventas de cemento por departamento de las empresas con una participación mayor a 50% en el 2020



Notas:

- El Grupo Pacasmayo comprende las ventas de las empresas Cementos Pacasmayo S.A.A. y Cementos Selva S.A.
- En Ancash y Loreto no se registran empresas que cuenten con una participación mayor al 50%. Cementos Pacasmayo S.A.A., Unión Andina de Cementos S.A.A. y Caliza Cemento Inca S.A. registraron ventas en Ancash y Loreto.

Fuente: INEI

Elaboración: DLC

3. Antecedentes

3.1. Antecedentes del cemento

Los antecedentes de las bolsas de cemento se remontan a finales del siglo XIX, cuando se comenzó a utilizar el cemento Portland en la construcción de manera más generalizada. En ese momento, el cemento se vendía a granel y se transportaba en barriles de madera o sacos de yute.

A medida que la demanda de cemento aumentaba, se hizo necesario desarrollar un método más eficiente y conveniente para empacar y transportar el producto. Esto condujo al desarrollo de las bolsas de cemento como una solución más práctica.

Inicialmente, las bolsas de cemento estaban hechas de papel y tenían una capacidad de alrededor de 50 kilogramos. Estas bolsas eran de una sola capa y no ofrecían mucha resistencia al agua ni protección contra daños durante el transporte.

Con el tiempo, se introdujeron mejoras en las bolsas de cemento para hacerlas más resistentes y duraderas. Se agregaron revestimientos de plástico en el interior de las bolsas de papel para proteger el cemento de la humedad y mejorar su integridad estructural.

A medida que avanzaba la tecnología, se desarrollaron bolsas de cemento hechas de materiales más resistentes, como el polipropileno tejido. Estas bolsas eran altamente resistentes al agua y a la perforación, proporcionando una mejor protección al cemento durante el almacenamiento y el transporte.

Posteriormente, se introdujeron las bolsas de polipropileno laminado, que ofrecían una mayor resistencia y durabilidad gracias a su construcción de varias capas. Estas bolsas

laminadas proporcionaban una barrera adicional contra la humedad y otros agentes externos que podrían afectar la calidad del cemento.

En resumen, los antecedentes de las bolsas de cemento muestran una evolución desde los primeros sacos de papel hasta las bolsas de materiales más resistentes y duraderos, como el polipropileno tejido y el polipropileno laminado. Estas mejoras han permitido un mejor manejo, transporte y almacenamiento del cemento, asegurando su calidad hasta su uso final en proyectos de construcción.

3.2. Antecedente del asfalto

Según investigaciones de especialistas, se tiene registrado que la primera aplicación del asfalto, para la construcción de caminos en específico, tuvo lugar en Babilonia, aproximadamente 625 años A.C. Aunque también existe la versión de que el asfalto fue descubierto en Egipto, cerca del año 2500 A.C.

Relacionado con lo anterior, se tiene conocimiento que los egipcios le daban otro uso al asfalto, pues lo utilizaban como material para rellenar los cuerpos que momificaban.

La palabra asfalto fue adoptada por los griegos, civilización que le dio el significado de “estabiliza” o bien, “seguro”. El término evolucionó al latín, después al francés y al español y por último al inglés.

3.2.1. El asfalto en México

En lo que respecta a México, se han encontrado restos en excavaciones realizadas en el estado de Veracruz. Estas demostraron que 200 años A.C., los olmecas ya ocupaban el petróleo en sus canoas, en rituales y ceremonias.

Los afloramientos naturales de petróleo fueron nombrados como chapopoterías, pero este hidrocarburo no poseía las mismas propiedades que el asfalto. Fue hasta más tarde, después de someter el material a un proceso de destilación, que dicho recurso obtuvo más características.

3.3. Antecedente de un proyecto

El proyecto Edificio Pardo y Aliaga (Ilustración 5) está ubicado en el distrito de San Isidro en la a Av. Pardo y Aliaga 666. El proyecto consta de un edificio de oficinas de 08 sótanos y 13 pisos. El área del terreno es de aproximadamente 5.000 m^2 y tiene un área techada total de aproximadamente 70.000 m^2 . El proyecto cuenta con 814 estacionamientos para autos.



La empresa constructora encargada del proyecto es Constructora AESA S.A.C. siendo el propietario Alghieri Inmobiliaria S.A.C. Además, se encuentra como gestora inmobiliaria Cúbica

S.A. y como gerencia y supervisión del proyecto GCAQ Ingenieros civiles S.A.C.

El proyecto se planea ejecutar en dos etapas, la primera con un presupuesto de S/. 9,800.000 a ejecutarse en un plazo de 08 meses. Esta consiste en la excavación de sótanos y la construcción y anclaje del muro perimétrico. La segunda etapa tiene un presupuesto de S/. 70,907.487 y se planea ejecutar en 18 meses. Esta consiste en la construcción del casco del edificio y trabajos de arquitectura.

3.3.1. Situación del transporte vertical en el Proyecto Pardo y Aliaga

Como se mencionó anteriormente, en el proyecto Pardo y Aliaga se tiene un proceso de gestión de las 2 torres grúa. En la Ilustración, se muestra la ubicación de las grúas así como sus radios de acción.

Ubicación y radios de acción de torres de grúa



La gestión de torre grúa consiste en realizar una programación a la grúa. En esta se definen los tiempos y la hora en que la grúa realizará distintas actividades para cada cuadrilla. De esta forma, los ingenieros deben empezar por analizar las restricciones de

abastecimiento para las actividades programadas y, en coordinación con los capataces y los demás involucrados, se establecen horarios durante la jornada. Esta programación evita que otros capataces soliciten el uso de grúa fuera de su horario y el operador de la grúa no tome decisiones que puedan poner en riesgo el cumplimiento de todas las actividades de la jornada. En este caso, el ingeniero tiene control total sobre los movimientos de la grúa, su logística y producción. La programación de las grúas de Pardo y Aliaga se muestra en la Tabla 1.

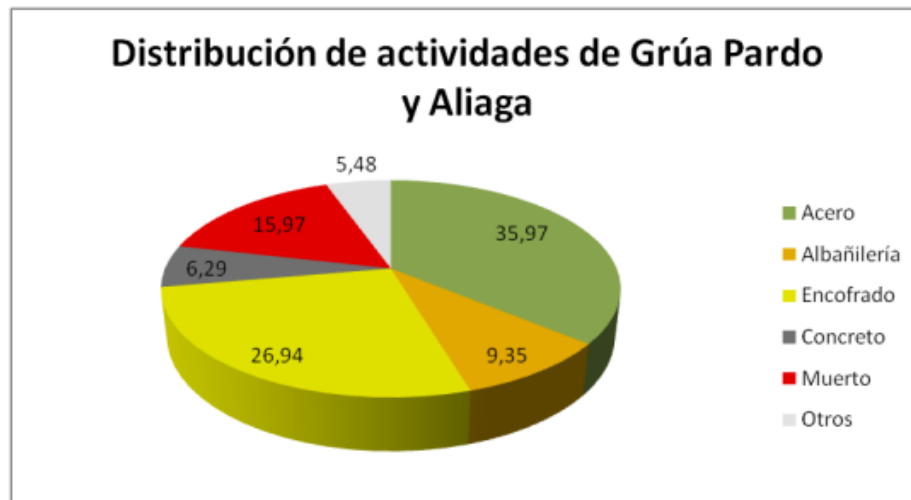
Programación de torre de grúa

HORARIO DE GRUA TORRE-1			
OBRA: PARDO Y ALIAGA			
ACTIVIDADES GRUA TORRE N°1 (60m)			
Hora Inicio	Hora Fin	Frente	Actividad
6:30 AM	7:30 AM	1	Mallas anticaídas(según coordinación) dejando 1 semana
7:30	8:00 AM	1	Abastecimiento de Agua / Acarreo de Acero al techo
08:00am	11:30am	1	Encofrado
11:30am	12:00:00a.m.		Abastecimiento de Agua
12:00:00a.m.	1:00pm	-	Refrigerio
1:00pm	02:00pm	1	Ladrillo / acero
02:00pm	03:00pm	2	Acero para el día siguiente/materiales
03:00pm	5:30pm	1	Ladrillo
05:30pm	6:00pm	1	Ladrillo/ Reubicación de plataforma
HORARIO DE GRUA TORRE-2			
OBRA: PARDO Y ALIAGA			
ACTIVIDADES GRUA TORRE N°2 (60m)			
Hora Inicio	Hora Fin	Frente	Actividad
7:30	8:30 AM	2	Eliminación de Desmonte / Chatarra
08:30am	12:00am	1	Llegada de Acero Torre E (AASA)/ Ladrillo la Torre D
12:00am	1:00pm	-	Refrigerio
1:00pm	02:00pm	2	Llegada de Acero Torre E(AASA)/ Ladrillo la Torre D
02:00pm	03:00pm	2	Limpieza de Baños/ Traslado interno
03:00pm	6:00pm	1	Descarga de Material

Como parte de la investigación, se realizó una carta balance a las torres grúa para comprobar que realizando la gestión de la torre grúa, se logra optimizar la logística y producción en obra.

A continuación, se muestra el resultado de diez cartas balance realizadas a las grúas para determinar los

tiempos en los que ejecuta trabajos de transporte, de producción, etc.



3.3.2. Ratios de productividad en Pardo y Aliaga

Los ratios de productividad son una excelente herramienta para controlar los costos de mano de obra en las partidas más importantes. Los ratios le permite identificar al ingeniero el avance realizando en función a las horas hombre empleadas. Al establecerse ratios metas en los presupuestos, se puede identificar si se está perdiendo o ganando dinero en las partidas.

La medición se realizó clasificando las actividades de concreto, encofrado y acero de la siguiente forma:

a) Encofrado:

- Encofrado y desencofrado de elementos verticales
- Encofrado y desencofrado de elementos horizontales

b) Acero:

- Acero en elementos verticales
- Acero en elementos horizontales

c) Concreto:

- Concreto en elementos verticales
- Concreto en elementos horizontales

Los resultados obtenidos de las mediciones realizadas a las actividades de encofrado se muestran en la Tabla 2 y en la Tabla 3.

Tabla 2: Rendimientos de encofrado y desencofrado de elementos verticales

Enco. y Desenco elementos verticales	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	8.453,82
ACUMULADO TOTAL HORAS	13.664,23
REND. ACUM. (hh/m2)	1,61634
Rendimiento Meta	1,798

Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Tabla 3: Rendimiento de encofrado y desencofrado de elementos

Enco. y Desenco elementos Horizontales	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	18.623,00
ACUMULADO TOTAL HORAS	28.330,68
REND. ACUM. (hh/m2)	1,52127
Rendimiento Meta	1,952

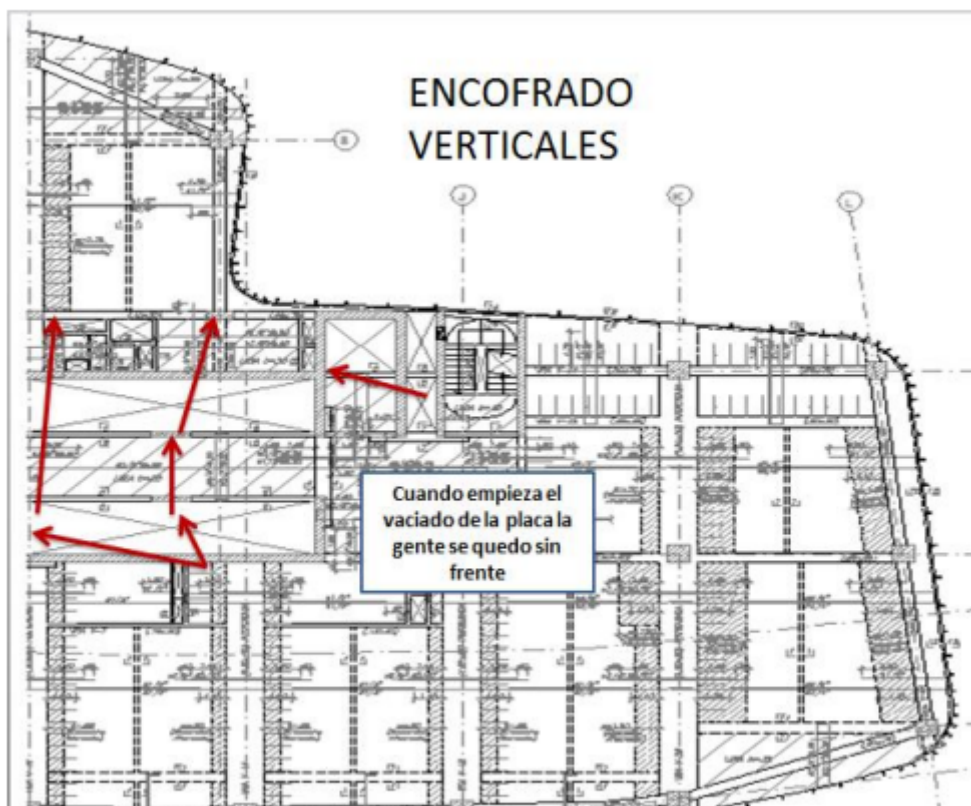
Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Como se puede observar, los rendimientos encontrados en el proyecto Pardo y Aliaga son mejores al presupuestado. Estos rendimientos se consiguieron debido a que se realizó líneas balance para mejorar el flujo de las actividades. En el proyecto,

se realiza líneas balance para la actividad de encofrado. De tal forma se puede dar un plan de trabajo óptimo a los capataces. Las líneas balance usadas para planificación diaria permiten a los ingenieros conocer qué actividades se realizan en una misma área de trabajo, en este caso, en un mismo sector. Otro uso de las líneas balance, durante la ejecución, es el de identificar cuellos de botella de cada cuadrilla. En un modelo tradicional, es más difícil que el ingeniero de producción identifique los cuellos de botella que el ingeniero de planeamiento, seguimiento y control detalla en un cronograma gantt común.

En la ilustración, se muestra el flujo de trabajo planificado para el encofrado de elementos verticales del frente 1 del proyecto Pardo y Aliaga. Como se puede apreciar, la secuencia de trabajos es tal que se optimiza el transporte y los inventarios de materiales necesarios para la ejecución de las actividades.

Flujo de trabajo de una cuadrilla de encofrado de elementos verticales



Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en las actividades de colocación de acero vertical y horizontal se muestran en la Tabla 4 y en la Tabla 5.

Tabla 5: Rendimiento de armado de acero horizontal

Acero elementos Horizontales - COLOCADO	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	433.919,07
ACUMULADO TOTAL HORAS	24.874,55
REND. ACUM. (hh/kg)	0,057
Rendimiento Meta	0,059

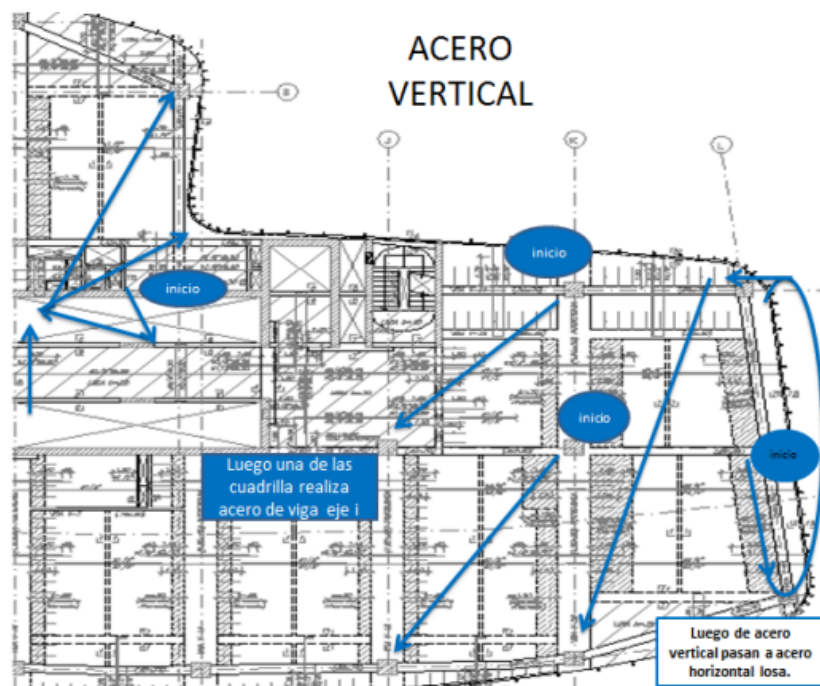
Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Tabla 4: Rendimiento de armado de acero vertical

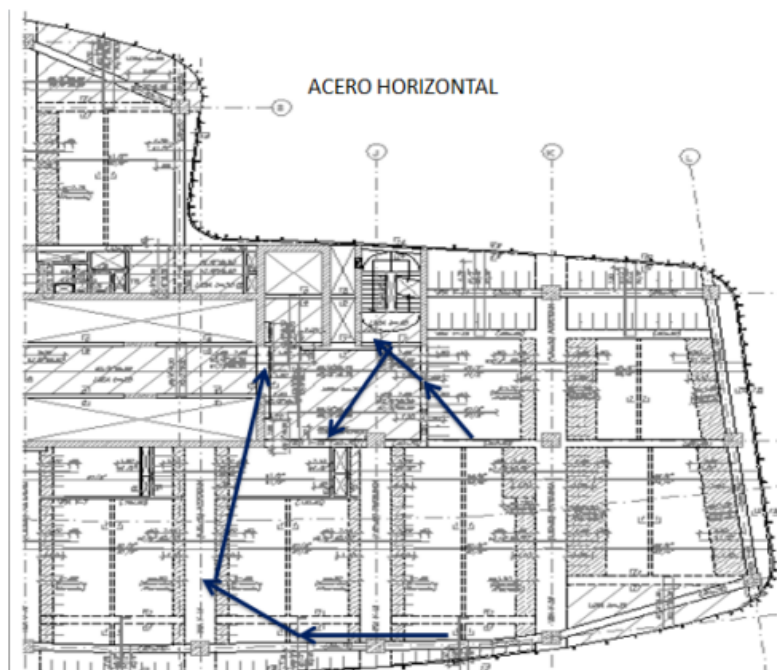
Acero elementos verticales - COLOCADO	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	290.503,06
ACUMULADO TOTAL HORAS	15.135,43
REND. ACUM. (hh/kg)	0,052
Rendimiento Meta	0,063

Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Al igual que en el caso de encofrado, en el proyecto Pardo y Aliaga se realizó un diseño de líneas de balance para optimizar la mano de obra en la partida de acero. Como se puede observar en las ilustraciones, los ingenieros deben darle un plan de trabajo a los capataces para lograr los rendimientos planteados.



Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013



Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Por último, los resultados obtenidos en las mediciones realizadas en las actividades de concreto vertical y horizontal se muestran en la Tabla 6 y 7.

Tabla 6: Rendimientos en la colocación de concreto vertical

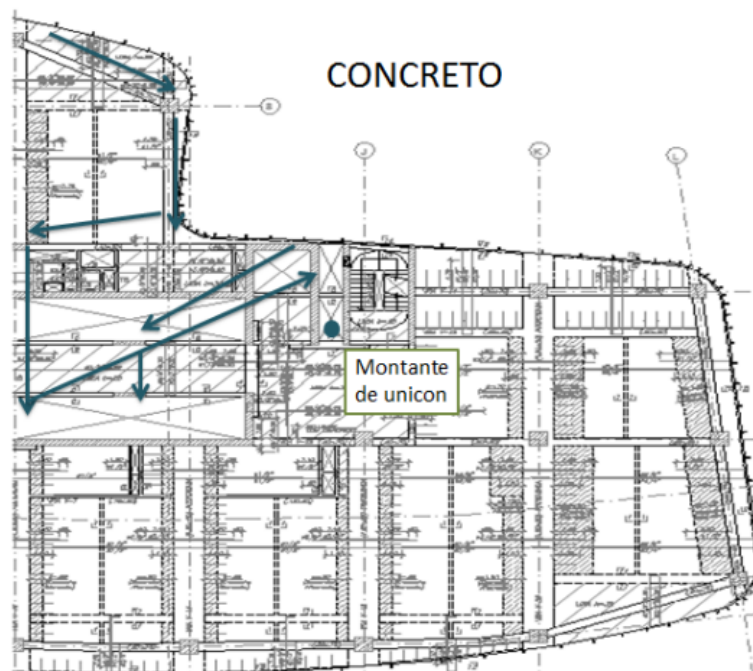
Concreto en elementos verticales	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	2.287,45
ACUMULADO TOTAL HORAS	4.765,00
REND. ACUM. (hh/m3)	2,083
Rendimiento Meta	2,182

Tabla 7: Rendimientos en la colocación de concreto horizontal

Concreto en elementos Horizontales	
ACUMULADO TOTAL AVANCE	5.656,49
ACUMULADO TOTAL HORAS	9.899,22
REND. ACUM. (hh/m3)	1,750
Rendimiento Meta	1,877

Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

Al igual que en las actividades de colocación de encofrado y acero, para el concreto también se realiza un diseño de líneas balance lo cual genera un plan gráfico del flujo de trabajo que los capataces deberán seguir. En la imagen presentada, se muestra el plan del flujo de trabajo para una cuadrilla de concreto en el frente I del proyecto.



Fuente: Constructora AESA S.A.C. 2013

4. Composición

4.1. Propiedades del cemento

4.1.1. Finura o Fineza

Referida al grano de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m^2/kg . En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo:

- Permeabilímetro de Blaine.

- Turbidímetro de Wagner.

Dato: La finura es directamente proporcional a la resistencia; a mayor finura, crece la resistencia. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

Tipo de cemento	Finura Blaine m ² / kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

4.1.2. Peso específico

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm³. En el laboratorio se determina por medio de: Ensayo de Frasco de Le Chatelier (NTP 334. 005).

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas, los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente 3.15.

Tiempo de Fraguado: Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y el tiempo de Fraguado Final.

En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo:

- Agujas de Vitcat: NTP 334.006 (97).
- Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97).

Importancia de ello: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

4.1.3. Estabilidad de Volumen:

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el

laboratorio se determina mediante: Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99).

Resistencia a la compresión: Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en kg/cm². En el laboratorio se determina mediante: Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334.051 (98).

Importancia de ello: Propiedad que decide la calidad de los cementos.

4.1.4. Contenido de aire

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla, se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048

Importancia de ello: Concretos con aire disminuye la resistencia (5% por cada 1%).

4.1.5. Calor de hidratación:

Es el calor que se genera por la reacción exotérmica (agua + cemento) de la hidratación del cemento, se expresa cal/gr. Depende del C3A y el C3S. En el laboratorio se determina mediante:

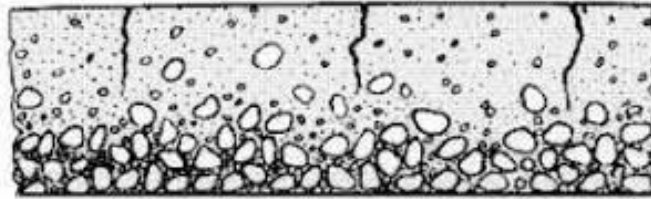
Ensayo de Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante: Se emplea morteros estándar. NTP 334.064.

4.1.6. Retracción:

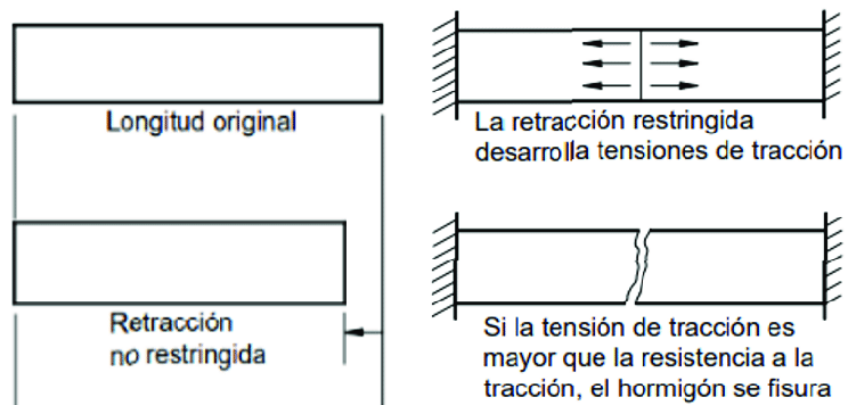
Disminución de volumen debido a la desecación.

Se atribuye a las sustancias gelatinosas formadas durante el fraguado que sufren estos cambios con las variaciones de humedad. Podemos distinguir:

- *Retracción plástica:* Es la evaporación del agua superficial que excede a la de migración desde el interior a la superficie.



- *Retracción de secado:* Pérdida de agua en la pasta endurecida. Es el resultado de cambios físicos en los productos del gel de hidratación.



- *Retracción por carbonatación:* Está provocada por la reacción del CO_2 del aire y los constituyentes hidratados. La carbonatación de la pasta aumenta las resistencias mecánicas de la misma, así como su impermeabilidad.



La retracción aumenta con la finura del cemento, agua de amasado, temperatura y estado de humedad del aire.

Estas variaciones de volumen ocasionan las grietas y fisuras en las dosificaciones ricas, atenuándose con el empleo de áridos formando morteros y hormigones.

4.2. Reacciones:

4.2.1. Reacción Inicial:

Esta reacción se realiza en el horno giratorio. Esta reacción consiste en la descomposición de las materias primas (arcillas y caliza, o margas) en óxidos, que posteriormente se combinan entre sí.

Reactivos:

$2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Arcilla) + MgCO_3 + MgCO_3 + MgCO_3 + Impurezas del hierro

Productos

SiO_2 + Al_2O_3 + H_2O + Fe_2O_3 + CaO + MgO + CO_2

4.2.2. Reacción Química de obtención de silicato cálcico:



4.2.2. Cemento Pórtland

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

- **Cemento Portland= Clinker Portland + Yeso**

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

Si al cemento Portland se le añade cal, obtenemos el cemento plástico de fácil aplicación. Se emplea para las fachadas de los edificios.

Si el cemento Portland tiene una concentración alta en hierro (Portland férrico). Este se utiliza en climas cálidos. Se obtiene añadiéndole a la arcilla y a la caliza cenizas de tostación de pirita, antes de su cocción.



4.2.3. Cementos de mezclas

Estos son los que se obtienen al mezclar el cemento Portland con otras sustancias.

4.2.3.1. Cementos Pozolánicos

Son los que se obtienen por la adición al cemento Portland de puzolana (cenizas volcánicas). Es un cemento especialmente resistente a aguas saladas, residuales. Este cemento se puede utilizar muy bien en zonas de climas muy cálido.

4.2.3.2. *Cementos de fraguado rápido*

El fraguado se realiza en pocos minutos, se obtiene partiendo de los mismos componentes que el Portland, pero con temperaturas bajas. No es tan resistente como otros, pero fragua muy rápido. No se suele emplear para grandes masas de cemento.

4.2.3.3. *Cemento aluminoso*

Este cemento rico en aluminio procede de la utilización de bauxita junto a otras materias primas. Este cemento es muy apropiado para utilizarlo en zonas de clima frío.

4.2.4. Composición química del cemento

Está formado por la molienda conjunta del producto resultante de la cocción, hasta sinterización de una mezcla de caliza y arcilla, que recibe el nombre de clínker y de un material regulador de fraguado, yeso dihidrato.

4.3. *Componentes químicos*

Se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95% al 97%. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: La magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menos importancia.

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	58% - 67%	C
SiO ₂	16% - 26%	S
Al ₂ O ₃	4% - 8%	A
Fe ₂ O ₃	2% - 5%	F
SO ₃	0.1% - 2.5%	
MgO	1% - 5%	
K ₂ O y Na ₂ O	0% - 1%	
Mn ₂ O ₃	0% - 3%	
TiO ₂	0% - 0.5%	
P ₂ O ₅	0% - 1.5%	
Pérdida x Calcinación	0.5% - 3%	

4.4. Compuestos químicos:

Durante la calcinación en la fabricación del clinker de cemento Portland los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre si dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95% del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	3CaO.SiO ₂	C ₃ S	30% a 50%
Silicato dicálcico	2CaO.SiO ₂	C ₂ S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	8% a 13%
Cal libre	CaO		
Magnesia libre (Periclasa)	MgO		

4.5. El clinker de cemento Portland

El clinker de cemento Portland se obtiene por sinterización de una mezcla homogénea de materias primas: caliza, arcilla,

arena, compuestos de hierro y otros componentes en proporciones definidas (crudo, pasta o harina) conteniendo elementos, normalmente expresados en forma de óxidos, CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y pequeñas cantidades de otras materias. Esta mezcla se calienta hasta llegar rangos de temperatura de sinterización y se forman nuevos compuestos. El clinker aparece paulatinamente. La composición química del clinker sería:

Fase	Fórmula	Abreviatura	Rango	Valor medio
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C3S	46-79	61
Silicato dicálcico	2CaOSiO_2	C2S	5-30	15
Ferritoaluminato tetracálcico	$4\text{CaO}(\text{Al}_2\text{O}_3\text{FeO}_3)$	C4(A2F)	4-16	8
Aluminato tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C3A	6-18	12
Cal libre	CaO	C	0.1-4	1
Óxido de magnesio libre	MgO	M	0.7-1.5	1.5

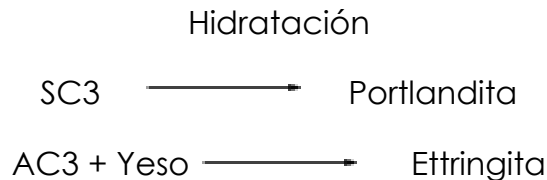
Alfred Elis Törnebohm (1838-1911) era un geólogo sueco que introdujo los términos Alita y Belita en 1897 tras examinar clinker a través del microscopio.

4.5.2. Propiedades de los constituyentes del Clinker:

- Resistencia mecánica: se debe fundamentalmente a los silicatos.
- Propiedades hidráulicas: gracias al SC3 y SC2
- Fundentes: son productos mezclados con el crudo, hacen que obtengamos el clinker a menor temperatura (aluminatos y ferrito-aluminatos).
- Calor de hidratación: Es el calor perdido debido a las reacciones de hidrólisis que se producen al fabricar la pasta de cemento. AC_3 y $\text{SC}_3 > \text{SC}_2$.
- Resistencia a los agentes externos: Con el AC_3 + yeso, forma: ettringita (sulfoaluminato) que es muy expansivo

por tener un volumen elevado. El yeso se comporta por una parte con un efecto regulador del fraguado y por otra el riesgo de agrietamiento.

PH básico= 13, gracias a la portlandita ($\text{Ca}(\text{OH}_2)$), cal sobrante que se produce al hidratarse SC_3 y protege las armaduras.



4.5.3. Componentes del Clinker Portland y sus propiedades:

4.6. Alita: Silicato tricálcico.

- Es uno de los componentes mayoritarios del cemento. (50% al 70 % del clinker).
- El silicato tricálcico se forma por reacción en estado sólido entre el óxido de calcio y la sílice; también se puede producir a partir de caliza pura y cuarzo. La reacción es más rápida en presencia de una masa fundida de óxidos de calcio, aluminio y hierro (III) a unos 1450°C .
- El silicato tricálcico puro funde de manera incongruente a 2070°C , liberando óxido de calcio. Es metaestable en torno a 1250°C y se descompone en óxido de calcio y silicato dicálcico. La descomposición sólo ocurre a niveles de enfriamiento muy bajos o cuando en la red cristalina hay Fe^{2+} , en lugar de Fe^{3+} . Por tanto, el clinker de cemento que contenga óxido de hierro debería ser calcinado y enfriado en condiciones oxidantes por debajo de 1250°C . Se han identificado seis modificaciones polimórficas del silicato tricálcico que se estabilizan a través de soluciones sólidas de iones (Mg^{2+} , Zn^{2+} , Al^{3+} y Fe^{3+}).

- Es el componente más importante del cemento, genera alto calor de hidratación y es el responsable por el inicio de fraguado y las resistencias tempranas.
- El problema es de tipo económico, resulta su producción muy cara, pero genera las siguientes propiedades al cemento:
 - Mucha resistencia
 - Endurecimiento rápido
 - Al hidratarse desprende mucho calor, por ende, se realizaría una Reacción química, exotérmica. Por lo que no interesa un cemento muy rico en silicato tricálcico cuando se trabaja con grandes volúmenes de cemento, sea para presas, puentes, entre otras obras.
 - Fórmula química: 3CaOSiO_2
 - Reacción Exotérmica del silicato tricálcico:



4.7. *Belita: Silicato dicálcico.*

- Es uno de los componentes mayoritarios del cemento, sobre todo en el cemento Portland. El silicato dicálcico se produce cuando el clínker de cemento no está totalmente saturado de óxido de calcio.
- El silicato dicálcico funde congruentemente a 2130°C . El silicato dicálcico 2CaO SiO_2 (C2 S) se forma a temperaturas inferiores a 1000°C , en mezclas crudas ricas en arcilla, por reacción en estado sólido. Por encima de 1250°C , el silicato dicálcico incorpora Ca^{2+} dando lugar a la formación de silicato tricálcico 3CaO SiO_2 (C3 S).
- Presenta un calor de hidratación inferior al del silicato tricálcico. Por ende, el silicato dicálcico

puede aparecer en concentraciones altas en cementos que se empleen para trabajar con grandes volúmenes del cemento, sea para presas, puentes, entre otras obras.

- Este componente le confiere al cemento las siguientes propiedades:
- - Mucha resistencia
 - Endurecimiento progresivo de manera que a largo plazo puede llegar a tener la misma resistencia que el silicato tricálcico.
 - Fórmula química: 2CaOSiO_2
 - Reacción química de obtención de silicato dicálcico:



4.8. *Belita: Aluminato tricálcico.*

- El trióxido de dialuminio (Al_2O_3), conocido como alúmina), favorece el proceso de cocción de las materias primas, funciona como fundente favoreciendo las reacciones químicas, que se dan entre el dióxido de silicio (SiO_2), conocido como sílice y el carbonato cálcico (CaCO_3), conocido como caliza. El aluminato tricálcico reacciona rápidamente con el agua, pero sus propiedades hidráulicas no son muy acentuadas y mejora la resistencia inicial del cemento. El aluminato tricálcico contiene el óxido de aluminio que no se combina con el aluminoferrito cálcico y funde congruentemente liberando óxido de calcio.
- El aluminato tricálcico reacciona rápidamente con el agua, pero sus propiedades hidráulicas no son muy acentuadas y mejora la resistencia inicial del cemento. El aluminato tricálcico contiene el óxido de aluminio que no se combina con el

aluminoferrito cálcico y funde congruentemente liberando óxido de calcio.

- Este componente le proporciona al cemento muy poca resistencia.
- Los cementos con alto porcentaje en aluminato tricálcico, desprenden mucho calor durante el proceso de hidratación.
- El aluminato tricálcico se altera fácilmente en presencia de sulfatos.
- Suele llevar incorporados óxidos de hierro.
- Es apropiado para trabajos menores de fijaciones y reparaciones mas no en grandes obras.
- Fórmula química: $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$.

Para evitar este fraguado relámpago y hacer la mezcla más trabajable se añade al clinker yeso dihidratado que disminuye la solubilidad del aluminato al existir ahora cal y yeso en disolución.

El yeso y el aluminato reaccionan para formar sulfo-aluminato de calcio hidratado insoluble o sal de Candlot.

Si hay suficiente cantidad de yeso, el C3A desaparece bajo las formas de los sulfo-aluminatos. Para evitar el fraguado relámpago y con el fin de hacer una mezcla trabajable se añade el yeso dihidratado que disminuye la solubilidad del aluminato anhidro.

El C3A no contribuye a las resistencias, es atacado por los sulfatos produciendo sulfo-aluminato, pero es necesario, porque facilita la formación de fase líquida, reduciendo la temperatura del horno y contribuyendo a la mejora de las reacciones sobre la caliza y la arcilla.

c) Celita: Ferrito aluminato tetracálcico $4\text{CaOAl}_2\text{F}_2\text{O}_3$
(C4AF)

- Lleva incorporado óxido de hierro. Es una fase presente en la disolución sólida, con $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (ferrito dicálcico) y 2CaO (0,96 Al_2O_3 , 0,31 Fe_2O_3) como límites en el clínker de cemento. El aluminoferrito tetracálcico de fórmula $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ puede incorporar hasta un 2% en peso de óxido de magnesio en su retículo cristalino lo que provoca un color gris. La fase C4 [A,F] muestra un color marrón si el clínker es calcinado en condiciones reductoras con un 0,2-0,3% de Fe^{2+} ya que el Mg^{2+} se reemplaza por Fe^{2+} .

- **Los cementos que contengan este componente necesitan de mucha agua de hidratación, más que otros tipos de cementos.**

- Fórmula química: $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C4AF)
- Reacciones químicas de obtención aluminato tricálcico y aluminato tetracálcico:



d) El óxido de magnesio:

- Procede del carbonato de magnesio que puede estar mezclado con las materias primas, en su mayor parte, con la caliza. Al enfriarse el clínker se puede transformar en periclase, y esta al hidratarse aumenta considerablemente su volumen, este procedimiento ocurre cuando el cemento se solidifica, por lo que un aumento de volumen le supone al cemento la aparición de una serie de tensiones internas no deseadas, de manera que la concentración del óxido de magnesio será alta, esas tensiones podrían

terminar agrietando la estructura. Por ende, es importante que la proporción de óxido de magnesio sea pequeña, no siendo ese el caso, habría un grave problema en la obra.

- Fórmula química: MgO

e) *El óxido de calcio libre:*

- El proceso de hidratación es muy parecido al del óxido de magnesio. Dando también los efectos no deseados
- El óxido cálcico libre (cal libre) y el óxido de magnesio libre reaccionan con el agua para formar hidróxido cálcico y el hidróxido de magnesio, que ocupan mayor espacio que los óxidos originales. Por lo tanto, pueden provocar expansiones dañinas; por lo que todas las normas del cemento limitan los contenidos de CaO y MgO libres.
- Fórmula química: CaO
- La reacción química de hidratación del óxido de calcio:



Si la pasta está endurecida y el cemento que la forma tiene aluminato tricálcico hidratado existe el peligro de que éste reaccione con los sulfatos externos a ella formando sulfo-aluminato o Ettringita en su interior, con un aumento de volumen de orden del 227 por 100.

Los cementos Portland resistentes a los sulfatos y al agua del mar, son los que tienen en su composición un bajo contenido de C3A y de C3A + C4AF.

f) *Trióxido de azufre:*

- Procede de los combustibles que adicionamos al horno giratorio para la realización del proceso de cocción. Estos combustibles pueden tener una determinada riqueza en azufre, y al producirse la combustión esta se transforma en trióxido de azufre.
- Fórmula química: SO₃
- El trióxido de azufre puede escapar en forma de gas en las zonas del horno que se encuentran a alta temperatura, mientras que en las zonas del horno con una no tal alta temperatura, da lugar al sulfato de calcio mediante la siguiente reacción química:



g) Los compuestos de metales alcalinos:

Son componentes minoritarios del clinker de cemento que provienen de los materiales crudos y de las cenizas del combustible. El clinker contiene hasta un 2,0% en peso de óxidos de metales alcalinos (Na₂O + K₂O) y hasta un 2,0% en peso de sulfatos de metal alcalino. Las soluciones sólidas de sulfatos de metales alcalinos cristalizan durante el enfriamiento con una composición que depende de la proporción de Na₂O/K₂O. La relación molar de los metales alcalinos y de sulfato en el clinker se conoce como «grado de sulfatación». Si hay un exceso de metal alcalino se forma aluminato cálcico con metales alcalinos, con una composición y estructura cristalina similares a las del aluminato tricálcico. La cantidad total de metales alcalinos afecta de manera significativa al fraguado y al endurecimiento del cemento.

h) Óxido de potasio y Óxido de sodio:

- Algunas arcillas pueden tener una cierta cantidad de potasio y sodio. Es conveniente eliminarlos por la volatilización. Si en caso no se eliminan, entonces mediante el proceso de cocción se puede combinar con el CO₂ atmosférico y al transformarse en carbonatos, exista el riesgo de un efecto no deseado, la producción de un falso fraguado.

- Fórmulas químicas: K₂O y Na₂O



i) Aditivos:

Al clinker se les añaden una serie de aditivos, con el fin de conseguir las propiedades deseadas en el producto final.

- *Yeso (Sulfato cálcico hidratado):*
 - El yeso es un agente que retrasa el fraguado del cemento y esto produce que el producto final quede mejor fraguado. Su uso también es conveniente para la eliminación de la cal libre, esta se elimina con el agua de cristalización del yeso.
 - La proporción de yeso debe ser inferior al 3% para el cemento Portland. Para cementos ricos en sodio y potasio, necesitan de una cantidad mayor.
 - Su fórmula química es: SO₄Ca₂(H₂O)

- *Escoria de alto horno:*

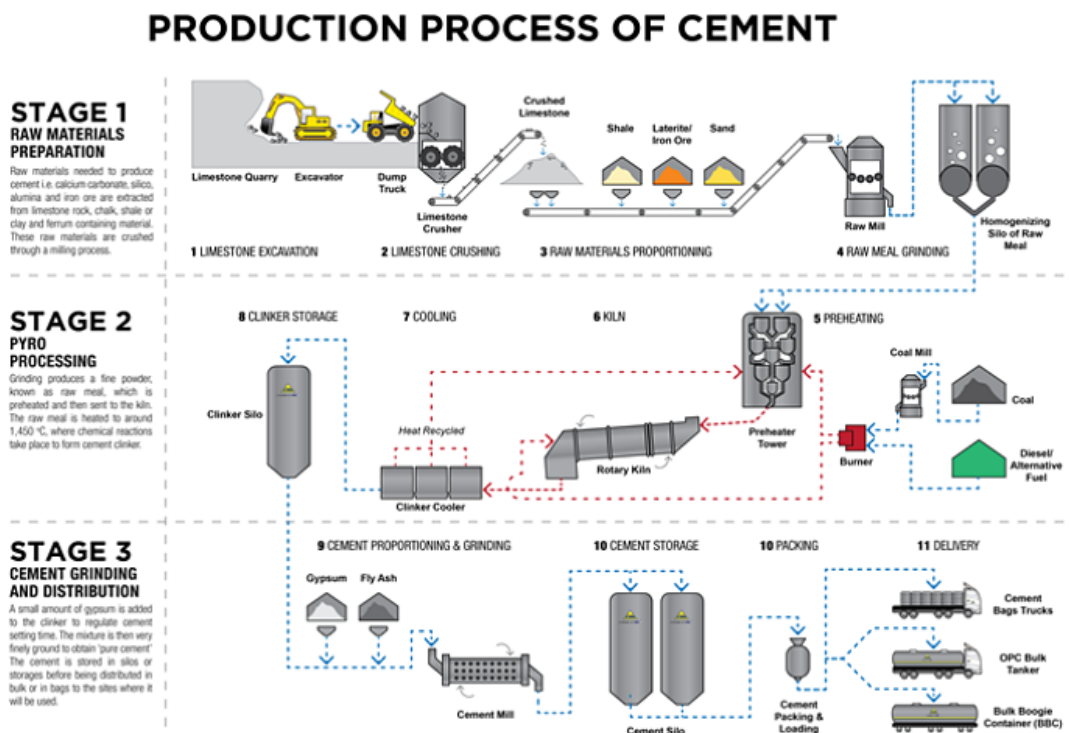
Las escorias de alto horno de la siderurgia, son ricas en óxido de calcio, sílice y óxido de aluminio. Este aditivo produce una gran resistencia en el

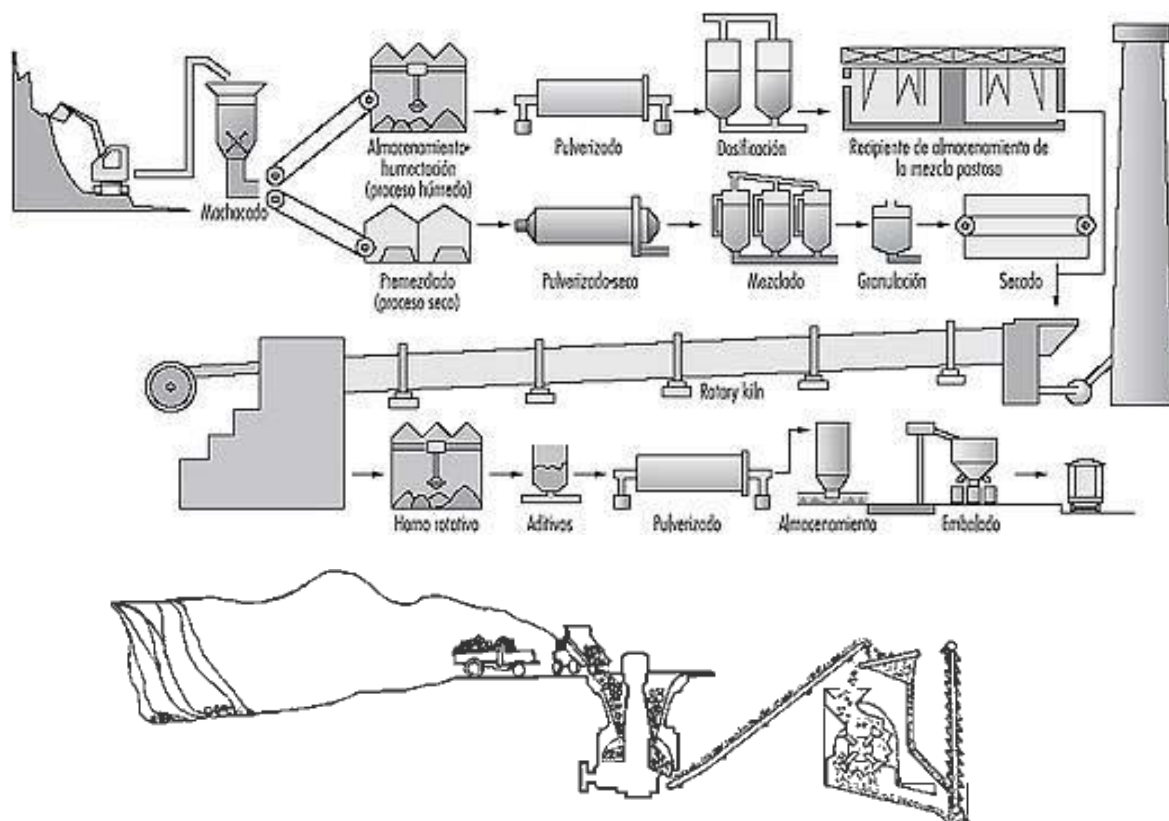
cemento a las aguas marinas y a las aguas residuales.

- *Cenizas volantes de central térmica:*

Son residuos sólidos finos que tiene su origen en la combustión del carbón en las centrales térmicas. Estas cenizas se pueden combinar con la cal para dar cemento. Estas cenizas pueden servir también para mejorar las características del cemento. Estos cementos presentan un calor de hidratación bajo, con ello daría una muy buena resistencia a aguas agresivas.

4.9. Fabricación de Cementos





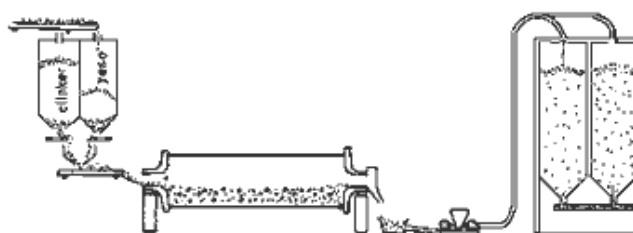
a) Extracción y trituración de la materia prima
(roca caliza y lutita)



b) Producción de harina cruda



c) Calcinación de la harina cruda y obtención del clinker



d) Molienda del clinker y obtención del cemento

Proceso de Fabricación del Cemento



4.9.2. Proceso Productivo

El cemento es un aglomerante utilizado en obras de ingeniería civil, proveniente de la pulverización del clinker obtenido por fusión incipiente de materiales arcillosos y calizos, que contengan óxidos de calcio, silicio, aluminio y fierro en cantidades dosificadas, adicionándole posteriormente yeso sin calcinar.

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la explotación de los yacimientos de materia prima, en tajo abierto.

El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, estos terminan siendo cargados mediante palas o cargadores frontales de gran capacidad. La fabricación de cemento consiste en las siguientes etapas:

4.9.2.1. Trituración y molienda de la materia prima

- Las principales materias primas son silicatos y aluminatos de calcio, que se encuentran bajo la forma de calizas y arcillas explotadas de canteras, ubicadas cerca de las plantas de elaboración del clinker y del cemento.
- Otras materias primas que se añaden en cantidades pequeñas para obtener la composición deseada y adecuada: minerales de fierro (hematita) y sílice
- La trituración de la roca se realiza en 2 etapas:
 - Primero se procesa en una chancadora primario, del tipo cono, que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5m hasta los 25 cm. El material se deposita en un parque de almacenamiento.



- Luego de una debida verificación sobre su composición química, pasa a la trituración secundaria, reduciéndose su tamaño a 2mm aprox.
- El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogenización.



- La siguiente etapa comprende la molienda, por molinos de bolas o por presas de rodillos producen un material de gran finura. En este proceso se efectúa la selección de los materiales, de acuerdo al diseño de la mezcla previsto, para optimizar el material crudo que ingresará al horno, considerando el cemento de mejores características.



4.9.2.2. *Homogeneización y mezcla de la materia prima*

Luego de la debida trituración de la caliza y arcilla en las canteras, de las cuales se le transporta a la

planta de procesamiento, se le mezcla gradualmente hasta alcanzar la composición adecuada, dependiendo del tipo de cemento que se busque elaborar, obteniéndose el polvo crudo.

El material molido debe ser homogeneizado para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogeneización.



El resultado está constituido por un polvo de gran finura debe presentar una composición química constante.

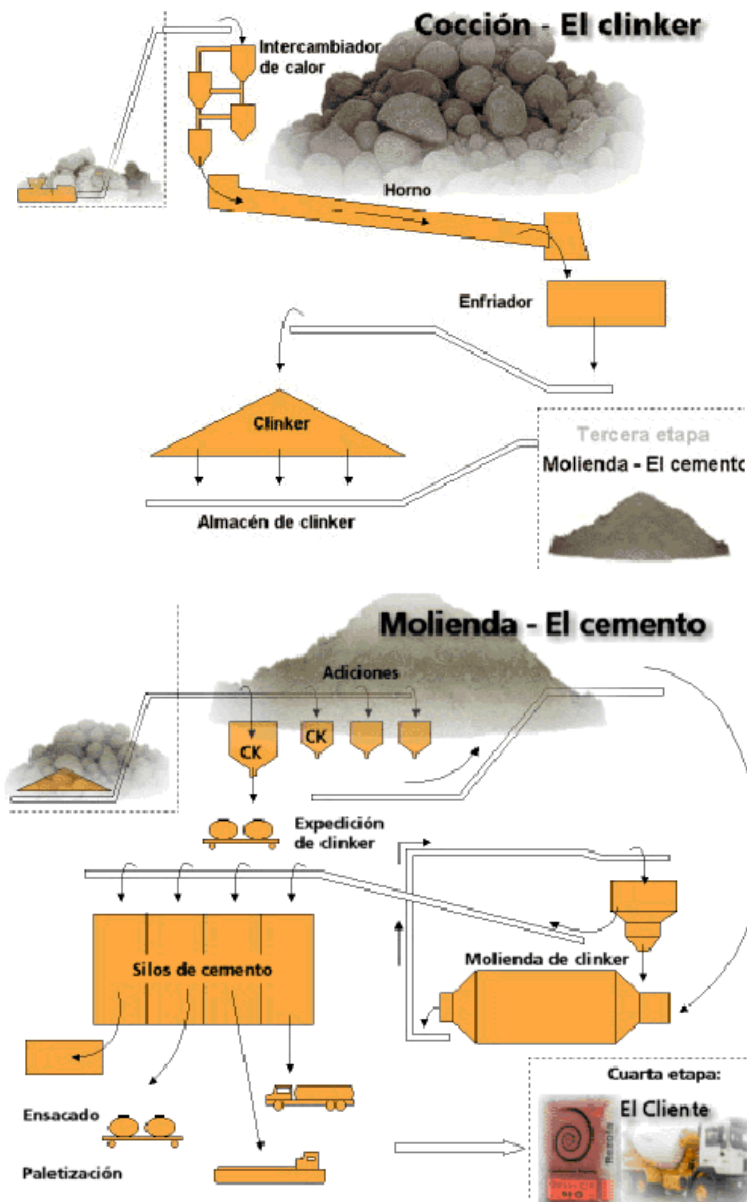
4.9.2.3. Calcinación del polvo crudo

- *Obtención del clinker.*
- Una vez esté homogeneizado el polvo crudo, sigue la calcinación en hornos que funcionan a altas temperaturas (hasta alcanzar los 1450 grados centígrados), de modo que se funden sus componentes y cambia la composición química de la mezcla, transformándose en clinker.
- El polvo crudo es introducido mediante sistema de transporte neumático y debidamente dosificada a un intercambiador de calor por suspensión de

gases de varias etapas, en la base del cual se instala un moderno sistema de precalcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones químicas y físicas que daría lugar a la formación del clinker.

- El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes que se obtienen del horno, a temperaturas de 950 a 1100 centígrados en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los 100 metros.





4.9.2.4. Transformación del clinker en cemento

Posteriormente a los pasos ya dados, el clinker se enfría y almacena a cubierto, y luego de ello se conduce a la molienda final, dónde se va a mezclar con el yeso (retardador del fraguado), puzolana (material volcánico que contribuye a la resistencia del cemento) y caliza, entre otros aditivos, en cantidades dependientes al tipo de cemento que se quiere obtener. Como resultado final se obtiene el cemento.

Elemento fundamental para la fabricación del cemento: El horno

- El horno:

Está constituido por un tubo cilíndrico de acero con longitudes de 40 a 60 m y con diámetros de 3 a 6 metros, que es revestido interiormente con materiales refractarios. En el horno se producen temperaturas de 1500 a 1600 centígrados, esto se debe a que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1450 centígrados.

Temperatura en el horno °C	Reacciones en el interior del Horno
110	Evaporación de la humedad(secado) de los diferentes materiales
110-450	Deshidratación de los materiales (arcillas, yeso, caolita), eliminación del agua adsorbida.
600-750	Inicio de reacciones de los materiales deshidratados y formación en pequeñas cantidades del C_2S y compuestos intermedios como el aluminato Calcico y Ferrocaltita (CA , C_2F)
900	La caliza se ha convertido en cal viva debido a la pérdida de gas carbónico ,la cal viva esta lista para reaccionar con el medio ambiente por lo cual es llevada rápidamente a la zona de sinterización.
1200	Las arcillas se empiezan a descomponer y liberan sílice , alumina y Óxidos de hierro, la Sílice reacciona con la cal y se forma el C_2S (Belita)
1300	Se forma el C_4AF liquido que actúa como fundente donde s e disuelven los demás materiales , este liquido es muy adhesivo y empezara a penetrar en los poros del ladrillo refractario , aislándolo y enfriándolo con lo cual queda pegado y se inicia la formación de la costra en el horno.
1340	Los materiales disueltos en el C_4AF reaccionan formándose el C_2S e iniciándose el C_3A
1400	Se ha formado completamente el C_3A , liquido muy viscoso que le da consistencia a la costra.
1450	Se encuentran formados todos los compuestos

4.9.2.5. Enfriamiento

No todos los minerales deseados del clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de clinkerización por lo que es necesario que el clinker caliente deba ser enfriado rápidamente, es decir, una vez que el clinker es descargado por el horno, pasa a la tercera parte del circuito de clinkerización que se dan en los

enfriadores. Estos enfriadores se encuentran a la salida del horno y recibirán toda la carga del material que sale del horno a temperaturas por placas fijas y placas móviles alternadas por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el clinker hasta aproximadamente 120 °C para ser almacenado posteriormente a esta temperatura el material en las canchas de almacenamiento. Si el clinker formado por el proceso de sinterización se enfría lentamente puede invertirse el sentido de las reacciones de equilibrio y podrían disolverse en la fase líquida una parte del silicato tricálcico (compuesto importante para el desarrollo de resistencias en el cemento), por lo tanto un proceso de enfriamiento rápido, el cual es deseable por los efectos que podrían causar en el cemento, cómo por ejemplo: mejor molturabilidad por la existencia de fisuras tensionales en el clinker, menos proporción de alita disuelta.

4.9.2.6. Molienda del clinker

Mediante un proceso de extracción controlado, el clinker entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos dónde se obtendrá una superficie específica alta de los granos de cemento.

4.9.2.7. Envasado y despacho

Comúnmente el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 kg, de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel. Las bolsas, son hechos en papel Krap extensible tipo Klupac con contenido de hojas, entre dos y cuatro de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo. Solo en casos muy especiales y necesarios, estas bolsas van provistas de un refuerzo interior de polipropileno.

Dato: Estas bolsas de cemento son periódicamente controladas mediante la respectiva verificación de su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas.

Las fábricas cementeras también comercializan el cemento en bolsones con capacidad de 1.5 Tn. Dichos bolsones son conocidos como Big bag.

Todas las fábricas de cementos del Perú despachan cemento a granel. De esta forma se despacha la cantidad mínima de 25 a 30 Tn. Durante mucho tiempo, el cemento ha sido suministrado en sacos de papel. Sin embargo, la tendencia mundial es el de distribuirlo a granel, transportándolo en camiones cisterna y almacenándose en silos.

- Ventajas de adquirir el cemento a granel
 - Economía en la compra de cemento, mano de obra en la descarga, almacenamiento y manipulación.
 - Economía por pérdidas, debido a deterioros en las bolsas.
 - Incremento en la productividad de la obra, se cuenta con el cemento inmediatamente.
 - Mínimo riesgo de robos.
 - Además, que significa para un país ahorro de sus divisas por la disminución de la importación de insumo para fabricación del envase.

4.9.3. Tipos de fabricación:

Existen 2 tipos de fabricación:

4.9.3.1. **Fabricación por vía seca:**

Una vez que las materias primas estén debidamente trituradas, molidas y homogeneizadas pasan a un horno que alcanza temperaturas de 1400 °C, obteniéndose el clinker. Seguidamente se dejan reposar en un periodo de 10 a 15 días para luego añadirle yeso y finalmente triturarlo para obtener cemento.

4.9.3.2. **Fabricación por vía húmeda:**

Aquí se combinan las materias primas con agua potable para crear una pasta que luego es procesada en hornos a altas temperaturas para producir clinker.

En el Perú, la mayor parte de las empresas utilizan la fabricación por vía seca, con la excepción de Cementos Sur, que utiliza la fabricación por vía húmeda y Cementos Selva, que emplea un proceso semihúmedo.

5. Artículos científicos

5.1. Artículo 1

Concreto y cemento. Investigación y desarrollo

Autores: Pique, Teresa M. y Vazquez, Analía.

USO DE LA ESPECTROSCOPIA INFRARROJA POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) EN EL ESTUDIO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO.

Concr. centenar. investigar. desorden.2012, vol.3, pp.62-71. ISSN 2007-3011.

Este trabajo, por parte de los autores mencionados, consiste en una revisión de la literatura sobre el uso de la Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) como una posible técnica para estudiar la hidratación del cemento. Comparamos trabajos en los que se estudiaba la hidratación de diferentes masas a edades tempranas. En ellos se analizó el crecimiento de los productos de hidratación cuando el cemento se mezclaba con agua. Las mezclas de cemento utilizadas en dos de las obras están modificadas con polímeros, lo que hace que el crecimiento de uno de los productos de hidratación (el hidróxido de calcio) se retrase en el tiempo por la acción de los polímeros dentro de la matriz del cemento. Los picos más importantes son: hidróxido de calcio, yeso, silicato de calcio hidratado, carbonato de calcio y ettringita. El pico a 3643 cm^{-1} corresponde al hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), que se forma a medida que se disuelven las fases de silicato. El yeso genera un pico a 3550 cm^{-1} . Los picos en 1796 , 2513 , 2875 , 2983 y $1350\text{-}1550\text{ cm}^{-1}$ se deben al carbonato de calcio. Los carbonatos se observan en los números de onda 1428 cm^{-1} , 878 cm^{-1} y 736 cm^{-1} . En el rango de $970\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$, se observó un crecimiento de silicato de calcio hidratado (CSH) a medida que se producía la hidratación. Se detectaron picos a 1225 cm^{-1} después de la hidratación, lo que apunta a una formación temprana de ettringita.

5.2. Artículo 2

"Optimización del diseño estructural de edificios de concreto reforzado utilizando algoritmos genéticos"

Autores: Juan López, María García, Pedro Rodríguez

La optimización del diseño estructural es un aspecto fundamental en la construcción de edificios de concreto reforzado. En este estudio, se propone el uso de algoritmos genéticos para mejorar la eficiencia del proceso de diseño y encontrar soluciones óptimas en términos de costo y rendimiento estructural. Se desarrolla un modelo de optimización multiobjetivo que considera variables de diseño como la distribución de refuerzo, dimensiones de elementos estructurales y resistencia del concreto.

El algoritmo genético se implementa mediante la generación de una población inicial de soluciones de diseño, donde cada individuo representa una combinación de variables de diseño. A través de operadores genéticos como selección, cruce y mutación, se generan nuevas soluciones que son evaluadas utilizando criterios de desempeño definidos, tales como capacidad de carga, desplazamientos máximos y costos de construcción. Las soluciones se mejoran iterativamente mediante el proceso de selección natural, donde los individuos con mejores características estructurales tienen más posibilidades de reproducirse y transmitir sus genes a la siguiente generación.

Se presenta un caso de estudio de un edificio de varios pisos y se comparan los resultados obtenidos utilizando el enfoque tradicional de diseño con los obtenidos mediante la optimización con algoritmos genéticos. Los resultados demuestran que el enfoque propuesto puede generar diseños estructurales más eficientes en términos de costo y rendimiento estructural. Además, se analizan las limitaciones y consideraciones prácticas para la implementación de esta metodología en proyectos de construcción reales.

Este estudio contribuye al avance de la ingeniería estructural en el campo de la construcción, ofreciendo una herramienta efectiva para mejorar el diseño de edificios de concreto reforzado. La optimización mediante algoritmos genéticos permite explorar un amplio espacio de soluciones de diseño y

encontrar diseños óptimos que cumplan con los requerimientos de seguridad y economía en la construcción de edificios.

5.3. Artículo 3

Comportamiento de una mezcla asfáltica tibia fabricada en una planta de asfalto

Hugo Alexander Rondón Quintana*

Oswaldo Ignacio León Vergara**

Wilmar Darío Fernández Gómez***

1* Doctor en Ingeniería. Profesor asociado Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. harondonq@udistrital.edu.co.

2** Ingeniero civil. Director técnico, CONCRESCOL S.A. Bogotá, Colombia. oleon@concre scol.com.

3*** Doctor en Ingeniería. Profesor asociado Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. wfernandez@udistrital.edu.co.

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de una fase experimental diseñada para evaluar y comparar la resistencia mecánica que experimenta una mezcla asfáltica tibia con una en caliente cuando ambas son fabricadas a escala real en una planta de asfalto de bacheo. Para tal fin fueron realizados ensayos de resistencia bajo carga monotónica (Marshall y tracción indirecta) y cíclica (módulo resiliente, deformación permanente y resistencia a fatiga). Para la fabricación de la mezcla tibia se empleó un aditivo químico que espuma el asfalto a aproximadamente 80 °C. Como ligante, para la fabricación de las mezclas se utilizó cemento asfáltico CA 60-70. La granulometría de control utilizada fue la de una mezcla densa en caliente MDC-19 (1). Esta mezcla de control se fabricó y compactó a temperaturas de 150 y 140 °C, respectivamente. Para el caso de la mezcla tibia, estas temperaturas fueron de 120 y 110 °C, respectivamente.

Como conclusión general se reporta que la resistencia mecánica de la mezcla asfáltica tibia fabricada en planta de asfalto es superior a la de control en caliente, a pesar de que la primera fue fabricada y compactada a 30 °C menos.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, a la fecha de elaboración de este artículo no existe especificación sobre mezclas asfálticas tibias. Internacionalmente son conocidas como mezclas wma (por sus siglas en inglés).

Con base en la temperatura empleada para fabricar mezclas asfálticas en plantas especializadas de asfalto se han establecido las siguientes cuatro denominaciones: mezclas en frío - cma (temperatura inferior a 60 °C), mezclas semi tibias - hwma (temperatura entre 60 y 100 °C), mezclas tibias - wma (temperatura entre 100 y 140 °C) y mezclas en caliente - hma (temperatura entre 140 y 190 °C).

Se denomina mezcla asfáltica tibia (wma) a aquella que mediante el uso de diferentes técnicas logra reducir las temperaturas de mezclado y compactación de una mezcla asfáltica caliente sin alterar demasiado la calidad de la mezcla asfáltica resultante.

De acuerdo con 2, la disminución mínima de la temperatura de fabricación de mezcla en la planta de asfaltos debe ser de 28 °C para denominarse wma. Sin embargo, investigadores como (3) mencionan que dicha disminución debe alcanzar los 40 °C.

La reducción de las temperaturas de mezclado y compactación trae consigo una disminución en la energía requerida para la elaboración de la mezcla y de las emisiones a la atmósfera 2) - (8.

Según 9), (10, mezclas wma generan menores emisiones contaminantes durante su proceso de fabricación y construcción en comparación con mezclas hma, y el ahorro de energía es de aproximadamente 30%. De acuerdo con (11), la reducción de CO₂, SO₂, compuestos orgánicos volátiles, CO, NO_x y cenizas es de 30 - 40 %, 35, 50, 10 - 30 %, 60 - 70 % y 20 - 25 %, respectivamente, en comparación con

mezclas hma. Adicionalmente, reportan un ahorro en costo de combustibles superior al 40 %, y dicho ahorro es mayor cuanto más costoso sea el combustible en el país donde se desarrolle la tecnología wma.

Desde el punto de vista técnico se reporta, por lo general, menor oxidación y envejecimiento a corto plazo del ligante asfáltico en mezclas wma. Lo anterior debido a las menores temperaturas que se generan durante los procesos de fabricación, extensión y compactación de este tipo de mezcla. Esto incide en un aumento en la resistencia a fatiga por carga, al agrietamiento por bajas temperaturas y por oxidación del tipo Top-Down tdc 12) - (17).

Existen diferentes evidencias in situ y de laboratorio que demuestran que mezclas wma pueden experimentar propiedades comparables e incluso superiores a las hma 14), (18) - (23). Sin embargo, en algunos casos, las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas wma son menores en comparación con las de mezclas hma, principalmente en la resistencia al ahuellamiento y al daño por humedad 24) - (27). Las menores temperaturas de fabricación pueden generar un secado insuficiente del agregado pétreo en las plantas de asfalto, lo cual produce pérdida de adherencia entre el agregado pétreo y el ligante asfáltico 25), (28) - (35). Lo anterior produce mezclas más susceptibles al daño por humedad y al fenómeno de stripping.

Existen tres metodologías generales de fabricación de mezclas tipo wma: modificar el asfalto con aditivos orgánicos, con aditivos químicos y espumar el asfalto. Entre los aditivos químicos se pueden encontrar el Cecabase®, el rtevothrm®, el HyperTherm®, el Rediset wmx®, el Qualitherm® y el Sonnewarmix®, y entre los orgánicos se encuentran el Sasobit®, el Thio-pave®, el fla-x®, el revixtm y el Asphaltan-B, entre otros. Estos aditivos suelen mezclarse con el asfalto antes de entrar al tambor mezclador en la planta de asfalto (vía húmeda).

La técnica de espumar el asfalto se ha utilizado durante más de 50 años para producir mezclas asfálticas en frío. Algunas metodologías utilizan zeolitas sintéticas o materiales químicos

que se introducen al agregado pétreo para espumar el asfalto, disminuir su viscosidad y mejorar así el recubrimiento de los agregados pétreos y la trabajabilidad de la mezcla durante su proceso de fabricación. Algunas zeolitas naturales son piedras que al ser calentadas producen gran cantidad de vapor de agua. Este vapor de agua liberado, al entrar en contacto con el asfalto, lo espuman. De acuerdo con 2, las zeolitas son minerales que tienen aproximadamente 20 % en peso de agua atrapada en su estructura porosa. Por calentamiento a aproximadamente 85 °C, el agua se libera, y cuando esto se hace en presencia del asfalto en caliente, este se espuma.

Dos zeolitas muy utilizadas en el mundo son la Aspha-Min® y la Advera® (desarrolladas por Hubbard Group y pq Corporation). Otros aditivos utilizados para espumar asfaltos son AccuShear, Aquablack foam, AquaFoam, Double Barrel Green/Green Pac, ecofoam-ii, Low Emission Asphalt (lea), Meeker warm Mix foam, Terex foam, Tri-Mix foam, Ultrafoam GX, wAM-Foam y LT Asphalt.

Otra técnica para espumar asfalto consiste en combinar el ligante asfáltico en caliente con chorros a presión de agua (también denominada de asfaltos celulares). Es una tecnología utilizada principalmente para estabilización de materiales granulares no tratados o para la fabricación de mezclas en frío y recicladas. Consiste en adicionar agua fría (1 a 2 % del peso del asfalto) y aire a presión, en una "cámara de expansión", a un cemento asfáltico que se encuentra a alta temperatura (160-180 °C) con el fin de espumarlo, incrementar su volumen rápidamente (alrededor de 15 veces), reducir la viscosidad del ligante e incrementar la adherencia entre el asfalto y el agregado pétreo.

Espumar el asfalto reduce su viscosidad considerablemente y aumenta sus propiedades adherentes y de trabajabilidad 36 en el corto plazo, lo cual lo hace apto para mezclar con agregados fríos y húmedos. A pesar de lo anterior, esta metodología tiene como principal desventaja que el ligante espumado en algunas ocasiones experimenta baja resistencia al daño por humedad, y en este caso existe la

necesidad de usar aditivos mejoradores de adherencia y anti-stripping.

Otra técnica de espumar asfalto consiste en introducir agregados pétreos húmedos a la mezcla. Se denomina Low-Energy Asphalt® (LEA) y fue desarrollada por Fairco de Zozay, Francia 4.

El proceso consiste en mezclar el cemento asfáltico (por lo general modificado) (entre 135 a 180 °C) con agregados pétreos gruesos en caliente (145 °C), para después incorporar parte de los agregados pétreos finos húmedos a temperatura ambiente. La humedad en los agregados finos (entre el 3 y el 4 %), en combinación con el calor, genera que el asfalto espume. Para el uso de esta tecnología se hace necesario implementar diversas modificaciones a las plantas de asfalto convencionales.

La técnica wam-Foam®, desarrollada por Shell International Petroleum Company Ltda. y Kolo-Veidekke, consiste en un sistema aglutinante de dos componentes: un cemento asfáltico blando con uno rígido espumado. El asfalto blando se mezcla con el agregado en la primera etapa de producción de la mezcla entre 100 y 120 °C. En una segunda etapa, un cemento asfáltico rígido se espuma a alta temperatura mediante la adición de agua fría (entre 1 a 5 %) y se adiciona dicha espuma a la mezcla obtenida en la primera etapa. La compactación de la mezcla se realiza entre 80 y 110 °C. El cemento asfáltico blando representa en masa entre el 20 y el 30 % del total del asfalto.

A través de la modificación por vía húmeda de un cemento asfáltico tipo ca 60-70 (fabricado por la Empresa Colombiana de Petróleos S. A. - Eco-petrol) con un aditivo denominado husil (el cual es desconocido por los productores de asfaltos), se modificaron las características de viscosidad y trabajabilidad del material base (cemento asfáltico) al espumarlo. Lo anterior con el fin de poder mezclarlo en las plantas de asfaltos con el agregado pétreo a temperaturas más bajas, y así producir una mezcla asfáltica que disminuya las emisiones contaminantes a la

atmósfera y el uso de energía durante los procesos de fabricación (mezcla tibia).

El ca 60-70 fue escogido debido a que es el más utilizado en la fabricación de mezclas asfálticas en Colombia. Como mezcla de referencia o de control se utilizó la mdc-19 1, ya que es la más utilizada en la construcción de capas de rodadura en proyectos de pavimentación vial.

El proyecto evaluó el comportamiento que experimentó la mezcla desarrollada cuando fue sometida a cargas monotónicas (Marshall y tracción indirecta), dinámicas (módulo resiliente, resistencia a la deformación permanente y fatiga) y al daño por humedad. Adicionalmente se evaluó la respuesta reológica que experimenta el asfalto cuando se modifica con el aditivo. Las mezclas asfálticas ensayadas fueron fabricadas a escala real en una planta de asfalto. El nombre técnico-comercial del aditivo y las características químicas no se darán a conocer porque se prevé un posible desarrollo tecnológico o secreto industrial.

El aditivo espuma los asfaltos colombianos a aproximadamente 80 °C, lo cual lo hace ideal para disminuir la temperatura de fabricación, al facilitar el recubrimiento del asfalto con los agregados pétreos.

METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

Fase experimental en laboratorio

Caracterización del agregado pétreo y el asfalto

En las tablas 1 y 2 se presentan los valores obtenidos de los ensayos de caracterización ejecutados al agregado pétreo y al asfalto ca 60-70, respectivamente. Se observa en las tablas que ambos materiales cumplen los requisitos mínimos de calidad exigidos para la fabricación de mezclas asfálticas.

Tabla 1 Caracterización del agregado pétreo

Tabla 2 Características generales del CA 60 - 70

Caracterización del asfalto modificado

El aditivo químico líquido empleado (husil) actúa como una zeolita sintética, es un material inorgánico que no inflama, y no es considerado peligroso o material contaminante por el "Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals" 37. Adicionalmente es un material que presenta valores de pH entre 10 y 12, y no es considerado cancerígeno o teratogénico. El aditivo inicialmente se agregó al asfalto en proporciones de 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 % con respecto a su masa (husil/ca=0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0 %). La mezcla entre el asfalto y el aditivo se realizó a una temperatura de 80 °C durante resultados del ensayo. Se observa que el efecto del envejecimiento a corto plazo (ocurrido durante los procesos de fabricación de mezcla en planta de asfalto, y extensión y compactación de la misma en obra) es casi nula sobre el asfalto modificado. Los números de onda relacionados a la oxidación fueron de 1030 y 1700 cm^{-1} . Estas magnitudes describen grupos Sulfóxido ($\text{S}=\text{O}$) y Carbonilo ($\text{C}=\text{O}$), respectivamente, los cuales se forman durante el envejecimiento. Adicionalmente se observa que los asfaltos modificados con husil no reportan en el espectro ningún pico, lo cual significa que el oxígeno no se une con azufres o átomos de carbono y, por lo tanto, la oxidación es baja o inexistente.

Figura 1 Espectro FT-IR del aditivo HUSIL, del CA 60-70 y del asfalto modificado

Mezcla asfáltica tibia fabricada en planta de asfalto

Durante la ejecución del estudio era importante conocer si el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica tibia era posible de realizar a escala real en una planta de asfalto. Ya en estudios anteriores 38) - (40 la mezcla había sido analizada a nivel de laboratorio, y demostró buen comportamiento mecánico y durabilidad. Por tal motivo se

gestionó la producción en una planta de bacheo de un metro cúbico de mezcla en caliente convencional tipo mdc-19 mezclando los materiales (asfalto y agregado pétreo) a 150 °C, y otro metro cúbico mezclando los mismos materiales más el aditivo husil a 120 °C (wma-19).

La planta donde se fabricó la mezcla fue escogida debido a que el asfalto y los agregados pétreos que se utilizaron en la fase de laboratorio provenían de dicha planta.

El aditivo se agregó al asfalto y al agregado pétreo en el preciso momento en que estos dos materiales se mezclaban a 120 °C.

Para fabricar la mezcla tibia empleando el aditivo no hubo necesidad de cambiar o modificar la planta de asfalto o alguno de los procesos de producción.

El contenido de asfalto utilizado fue 5.5 %, ya que este es el que la planta de asfalto utiliza normalmente para producir mezclas tipo mdc-19 con base en el diseño que ellos han establecido durante sus años de servicio fabricando mezclas de este tipo. El contenido de aditivo husil agregado al metro cúbico de mezcla wma-19 fue de 1 % con respecto a la masa del asfalto (husil/ca=1 %). Como ya se mencionó con anterioridad, este porcentaje fue escogido con base en los resultados reportados por el grupo de investigación en un estudio similar ejecutado en laboratorio 38) - (40).

Con el fin de evaluar las propiedades mecánicas de las mezclas mdc-19 y wma-19 fabricadas en la planta, se manufacturaron 90 briquetas Marshall (45 para mezcla mdc-19 y 45 para wma-19), siguiendo los lineamientos establecidos en 41. Con estas muestras se ejecutaron los siguientes ensayos:

1. Marshall (inv. E-748-13). 10 briquetas por tipo de mezcla fueron ensayadas. Las briquetas fueron compactadas a 75 golpes por cara. La temperatura de compactación - TC y de mezcla - tm fueron de 140 y 150 °C para la mezcla de control en caliente (mdc-19) y de 120 y 110 °C para la mezcla wma-19, respectivamente.

2. Marshall (inv. E-748-13). Sobre muestras sumergidas en agua durante 6 meses, 5 briquetas por tipo de mezcla fueron ensayadas. Estas briquetas fueron compactadas a 50 golpes por cara con el fin de aumentar su porosidad y facilitar la evaluación del efecto del agua sobre la resistencia bajo carga monotónica en el ensayo Marshall. El agua utilizada provino del acueducto de la ciudad de Bogotá, D.C. Cada tres días durante los seis meses, el agua era cambiada con el fin de no permitir la acumulación de material contaminante en las muestras.

3. Módulo resiliente (astm D 4123-82). Sobre la mezcla asfáltica en caliente mdc-19 de referencia (husil/ca = 0%, $t_m=150\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la tibia wma-19 (husil/ca = 1%, $t_m=120\text{ }^{\circ}\text{C}$) fueron ejecutados ensayos de módulo resiliente (astm D 4123 - 82) bajo tres temperaturas (5, 15 y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y frecuencias de carga (2.5, 5.0 y 10.0 Hz) utilizando un equipo Nottingham Asphalt Tester (nat). Cada ensayo de módulo resiliente fue realizado sobre 9 muestras (3 por cada temperatura). Las briquetas fueron compactadas a 75 golpes por cara, siguiendo los lineamientos establecidos en inv. 748-13.

4. Deformación permanente (une-en 12697-25:2006; cen, 2005). Cinco briquetas por tipo de mezcla fueron ensayadas. La deformación permanente bajo carga repetida fue medida bajo un esfuerzo de 100 kPa y a 3600 ciclos de carga, utilizando un equipo NAT. Las briquetas fueron compactadas a 75 golpes por cara, siguiendo los lineamientos establecidos en inv. 748-13.

5. Resistencia a fatiga (une-en 12697-24:2012 anexo e). Doce briquetas por tipo de mezcla fueron ensayadas. El modo de carga del ensayo fue el de esfuerzo controlado. La temperatura y frecuencia de carga utilizadas en el ensayo fueron $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 10 Hz, respectivamente. Las briquetas fueron compactadas a 75 golpes por cara, siguiendo los lineamientos establecidos en inv. 748-13.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asfalto modificado

En la tabla 3 se presentan los resultados de los ensayos realizados sobre el ca 60-70 modificado con husil.

Tabla 3 Caracterización del CA 60-70 modificado con HUSIL

En la tabla 3 se observa que i) el aditivo incrementa la gravedad específica de la mezcla asfalto-aditivo a medida que incrementa el contenido de husil. Lo anterior es debido principalmente a que el aditivo presenta una mayor gravedad específica (1.32 g/cm³) que el asfalto ca 60-70 sin modificar (1.012 g/cm³); ii) el asfalto modificado con el aditivo incrementa su resistencia a inflammar a altas temperaturas; iii) el aditivo tiende a rigidizar notablemente el asfalto, y las mayores rigideces se presentan cuando el aditivo se agrega en proporciones de husil/ca= 0.75 % y 1.0 % (incrementa el punto de ablandamiento y disminuye la penetración); iv) la ductilidad disminuye de manera lógica, ya que el aditivo se rigidiza cuando ocurre el enfriamiento del asfalto modificado, luego de que este ha espumado.

Los resultados de penetración y punto de ablandamiento del asfalto modificado con el aditivo son coherentes con los obtenidos en los ensayos de caracterización reológica a temperaturas altas de servicio. Las tablas 4 y 5 muestran los resultados de caracterización reológica del asfalto de referencia (sin aditivo, husil/ca=0 %) y modificado con husil/ca=1 %, respectivamente. El grado de desempeño a altas e intermedias temperaturas de servicio del asfalto de referencia ca 60-70 (sin aditivo, husil/ca=0%) es 58 °C ($|G^*|/\sin\delta > 1.0$ kPa para asfalto sin envejecer y $|G^*|/\sin\delta > 2.2$ kPa para asfalto envejecido en rtfot) y 22 °C ($|G^*| \times \sin\delta > 5000$ kPa para asfalto envejecido en rtfot + pav), respectivamente. G^* , δ , rtfot y pav se refieren a módulo de corte complejo, ángulo de fase, envejecimiento a corto plazo en horno de película delgada rotatorio y envejecimiento a largo plazo en vasijas sometidas a presión, respectivamente. Cuando se modificó el asfalto ca 60-70 con husil/ca=1 % el grado de desempeño a altas temperaturas de servicio aumentó a 70 °C, lo cual es indicador de un ligante más resistente a fenómenos como el ahuellamiento en climas de alta temperatura. Adicionalmente, a temperaturas intermedias, el grado de desempeño mejoró (disminuyó de 22 a 19 °C), debido tal vez

a que el aditivo aumenta la resistencia del asfalto al envejecimiento. No se ejecutaron ensayos de caracterización reológica a bajas temperaturas de servicio porque el objeto de estudio fue para países tropicales como Colombia.

Tabla 4 Caracterización reológica del asfalto CA 60-70

Tabla 5 Caracterización reológica del asfalto modificado (HUSIL/CA=1 %)

Ensayos ejecutados sobre WMA-19 y MDC-19 fabricada en planta de asfalto

Ensayos Marshall

La tabla 6 presenta el resumen de resultados del ensayo Marshall ejecutado sobre la mezcla en caliente tipo mdc-19 ($t_m=150\text{ }^{\circ}\text{C}$, husil/ca=0%) y la tibia wma-19 ($t_m=120\text{ }^{\circ}\text{C}$, husil/ca=1 %). Se observa en la tabla que la mezcla wma-19 presenta un contenido de vacíos similar al de la mezcla mdc-19 (indicador de composición volumétrica similar), a pesar de que la primera fue fabricada a una temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ menos. Lo anterior es un indicador de que el aditivo mejora el proceso de trabajabilidad y compactibilidad de la mezcla al espumar el asfalto. La rigidez bajo carga monotónica en el ensayo Marshall, evaluada a través de la relación entre la estabilidad y el flujo (e/f), es mayor en la mezcla wma-19. Adicionalmente se reporta una pérdida de 46.4 % en dicha rigidez cuando las mezclas convencionales mdc-19 son sumergidas en agua durante 6 meses, y de 41.3 % para el caso de las mezclas wma-19. En síntesis, para el caso del ensayo Marshall, la mezcla tibia wma-19 experimenta mayor rigidez bajo carga monotónica y resistencia al daño por humedad en comparación con la mezcla de control mdc-19.

Tabla 6 Resumen del ensayo Marshall ejecutado sobre las mezclas MDC-19 y WMA-19

Módulo resiliente y deformación permanente

En la figura 2 se presentan los resultados del ensayo de módulo resiliente. Se observa que la mezcla wma-19 presenta mayor rigidez bajo carga cíclica que la mezcla mdc-19, a pesar de que la primera fue fabricada a una temperatura de mezcla de 30 °C menor que la segunda. Bajo temperatura de ensayo de 5 °C, la mezcla wma-19 desarrolló en promedio un módulo 1.25 veces superior con respecto al de la mezcla mdc-19, y para 15 °C experimentó entre 1.7 y 1.95 veces mayor módulo. Para 40 °C no es posible hacer este tipo de comparación, ya que las muestras de mezcla mdc-19 se desmoronaron a dicha temperatura y no fue posible ejecutar el ensayo. Por lo anterior, en la figura 2 se reporta para esta mezcla un módulo resiliente igual a 0. Es importante resaltar que, por el contrario, las mezclas wma-19 desarrollaron módulos resilientes entre 764 y 1743 MPa bajo temperaturas de ensayo de 40 °C. Lo anterior es un indicador de mayor resistencia a la deformación permanente en clima de alta temperatura por parte de la mezcla wma-19. Estos resultados son coherentes con los presentados en la figura 3, en la que se observa que la mezcla wma-19 experimenta mayor resistencia a la deformación permanente que la mdc-19.

Figura 2 Módulo resiliente. a) MDC-19, b) WMA-19

Figura 3 Deformación permanente

Resistencia a fatiga

En la figura 4 se presenta la evolución de la vida a fatiga (número de ciclos de falla) de las mezclas mdc-19 y wma-19. Se observa que bajo el modo de carga de esfuerzo controlado, la mezcla wma-19 experimenta mayor resistencia a fatiga en comparación con la de referencia mdc-19, ya que la magnitud del esfuerzo necesario para hacer fallar las mezclas mdc-19 y wma-19 al millón de ciclos de carga (o6) es de 84 kPa y 170 kPa, respectivamente. Asimismo, las pendientes de las leyes de fatigas de las curvas

reportadas para las mezclas mdc-19 y wma-19 son -0.298 y -0.218, respectivamente. Para una magnitud de esfuerzo aplicado de 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa, 400 kPa, 500 kPa y 600 kPa, la vida a fatiga de la mezcla wma-19 es de 20.8, 8.8, 5.4, 3.8, 2.9 y 2.3 veces superior en comparación con la mezcla mdc-19. Estos resultados son coherentes con lo enunciado ampliamente en la literatura de referencia, la cual reporta mayor vida y resistencia al fenómeno de fatiga por carga cuanto mayor sea la rigidez de la mezcla. Caso contrario sucede cuando el modo de carga es el de deformación controlada, en la que las mezclas asfálticas experimentan su mayor vida a fatiga generalmente cuando su rigidez es menor 42)-(44.

Figura 4 Resistencia a fatiga

CONCLUSIONES

Este estudio midió la resistencia bajo carga monotónica y cíclica que experimenta una mezcla asfáltica tibia fabricada en una planta de asfalto usando un aditivo químico que espuma el bitumen. Con el fin de evaluar dicha resistencia fueron ejecutados ensayos Marshall, módulo resiliente, deformación permanente y resistencia a fatiga. Con base en los resultados obtenidos se concluye: i) aunque el contenido de aditivo agregado a la mezcla es bajo (1 % con respecto a la masa del asfalto), se reportan cambios significativos en las propiedades del asfalto modificado (incremento de la rigidez y mejoramiento del grado de funcionamiento del asfalto a temperaturas altas e intermedias de servicio); ii) el aditivo husil permite reducir la temperatura de la mezcla en 30 °C, logrando propiedades volumétricas similares, y ligeramente mayor resistencia bajo carga monotónica en el ensayo Marshall con respecto a la mezcla en caliente de referencia mdc-19 fabricada a 150 °C; iii) la mezcla tibia experimenta mayor resistencia al daño por humedad en comparación con la de referencia fabricada a 150 °C; iv) la mezcla asfáltica tibia experimenta mayor rigidez bajo carga cíclica, resistencia a la deformación permanente y a fatiga (este último bajo el

modo de carga de esfuerzo controlado) en comparación con la mezcla en caliente de control, lo cual induce a pensar en su empleo en vías que se construyan donde el clima sea de alta temperatura y en capas asfálticas gruesas; v) la mezcla asfáltica tibia al ser fabricada a 30 °C por debajo de la mezcla en caliente debe generar menores emisiones a la atmósfera y reducir el uso de combustibles en las plantas, lo cual redundará en menor contaminación al medio ambiente; vi) la mezcla asfáltica tibia objeto de este estudio puede ser fabricada a escala real en una planta de asfalto convencional sin necesidad de modificar dicha planta o de adquirir equipamiento adicional; vii) la mezcla asfáltica tibia fabricada en planta de asfalto desarrolló las mismas ventajas de aquellas fabricadas en laboratorio: mayor resistencia bajo carga monotónica y cíclica y mayor resistencia al daño por humedad en comparación con la mezcla en caliente de control.

6. Tipos de bolsa de cemento y aplicación

Existen diferentes tipos de bolsas de cemento, cada una diseñada para usos específicos en la construcción. A continuación, te presento algunos de los tipos más comunes de bolsas de cemento y sus aplicaciones:

6.1. **Cemento Portland:**

Es el tipo de cemento más común y se utiliza para una amplia variedad de aplicaciones, como la construcción de estructuras de concreto, cimientos, pisos, columnas, entre otros.



6.2. **Cemento de fraguado rápido:**

Este tipo de cemento se caracteriza por su rápida capacidad de fraguado y endurecimiento. Se utiliza para reparaciones de emergencia, reparación de grietas y agujeros en estructuras de concreto, reparación de pavimentos, entre otros.



6.3. **Cemento de fraguado lento:**

A diferencia del cemento de fraguado rápido, este tipo de cemento tarda más tiempo en fraguar y endurecer. Es adecuado para proyectos que requieren un tiempo de trabajo prolongado, como la colocación de adoquines o la construcción de elementos arquitectónicos detallados.



6.4. **Cemento blanco:**

Este tipo de cemento se utiliza para aplicaciones estéticas donde se requiere un acabado blanco o de color claro. Se utiliza en la fabricación de productos de concreto decorativo, como baldosas, revestimientos, estatuas, y en la construcción de estructuras en las que se busca un aspecto visualmente atractivo.



6.6. **Cemento de alta resistencia:**

Como su nombre lo indica, este tipo de cemento tiene una resistencia superior en comparación con el cemento Portland ordinario. Se utiliza en proyectos que requieren una mayor resistencia, como la construcción de puentes, edificios de gran altura y estructuras sometidas a cargas pesadas.



6.7. **Cemento expansivo:**

Este tipo de cemento está diseñado para expandirse después de fraguar, lo que lo hace adecuado para rellenar grietas y huecos en concreto, así como para anclar varillas de refuerzo en estructuras de concreto existentes.



Estos son solo algunos ejemplos de los tipos de bolsas de cemento más comunes y sus aplicaciones. Es importante seguir las instrucciones del fabricante y consultar a un profesional de la construcción para determinar el tipo de cemento adecuado para cada proyecto específico.

- **Tipos de Cemento en el Mercado Nacional**

La industria de cemento en el Perú produce los tipos y clases de cemento que son requeridos en el mercado nacional, según las características de los diferentes procesos que

comprende la construcción de la infraestructura necesaria para el desarrollo, la edificación y las obras de urbanización que llevan a una mejor calidad de vida. El cemento Portland se aplica en losas de concreto, gravas de cemento o para hacer pisos.

a) *Cemento Portland*

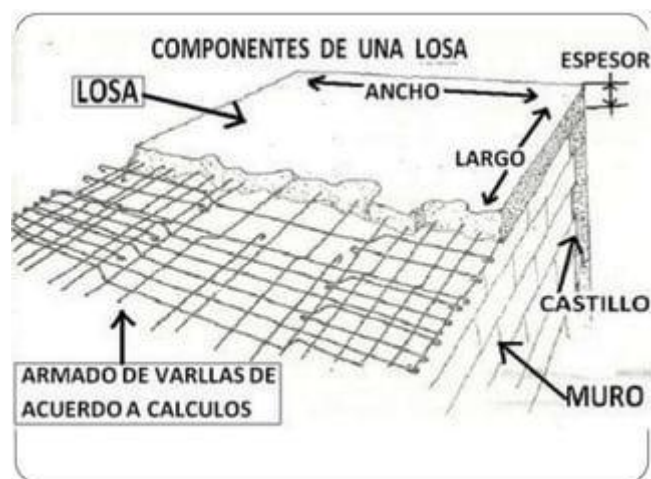
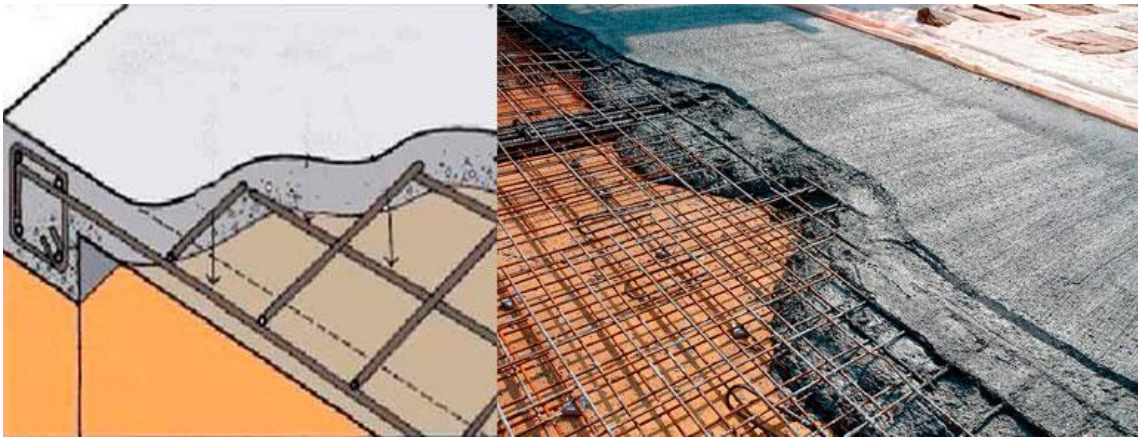
- Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker, compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio, como una adición durante la molienda. Se usa para todos los propósitos, incluidos:
 - Hormigón: Utilizado en la construcción de edificios.
 - Mortero: Para unir mampostería.
 - Yeso: Para dar un acabado perfecto a las paredes
 - Este cemento también se usa para fabricar lechada, masilla para paredes y diferentes tipos de cementos:
 - ✓ Cemento portland tipo 1: Obras de concreto en general, cómo ejemplo: edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales
 - ✓ Cemento portland tipo 2: Moderada resistencia a los sulfatos, destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación, cómo ejemplo: puentes, tuberías de concreto
 - ✓ Cemento portland tipo 5: Resistente a los sulfatos, es el cemento que requiere alta resistencia a la acción de sulfatos, cómo ejemplo: canales, alcantarillas, obras portuarias.

El cemento Portland se aplica en losas de concreto, gravas de cemento o para hacer pisos.

Y con ello partiré a mencionar el proyecto número 1 de investigación, sobre la Losa en la zona 5 del asentamiento humano de Buena esperanza.



$$\text{ÁREA: } 27.64\text{M} \times 13.45\text{M} = 371.76\text{M}^2$$



b) *Cemento portland puzolánico*

Se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de clinker portland y puzolana con la adición eventual

de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15% y 40% en peso total.

- *Puzolana*

Material silicoso o silico aluminoso, tiene poca o ninguna actividad hidráulica pero finalmente divide y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas.

- ✓ Es más impermeable que el cemento portland, lo que minimiza la exudación y segregación.
- ✓ Es muy utilizado en estructuras marinas, obras de alcantarillado, trabajos de cimentación, puentes, etc.

- *Cemento portland puzolánico tipo IP:*

Alta durabilidad, bajo calor de hidratación, mayor resistencia a los sulfatos, reduce la tendencia de fisuración, mejor la impermeabilidad y trabajabilidad.

- *Cemento portland puzolánico modificado tipo IPM:*

Uso en construcciones generales de concreto. El porcentaje adicionado de puzolana es menor de 15%.



Proyecto público de saneamiento en Lima

c) Cementos especiales:

- Cemento Portland de escoria de alto horno:

- ✓ Se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker portland y escoria granulada de alto horno, con la adición eventual de sulfato de calcio. El contenido de escoria granulada de alto horno debe estar comprendido entre 25% y 65% en peso del total.
- ✓ Tiene un contenido de escoria granulada menor que el 25%.
- ✓ La escoria granulada de alto horno es el subproducto de tratamiento de minerales de hierro en el alto horno, que, para ser usada en la fabricación de cementos, debe ser obtenida en forma granular por enfriamiento rápido conveniente.

- Cemento tipo MS:

- ✓ *Cemento Portland compuesto tipo 1Co*: Es un cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta del clinker portland, materias calizas como travertino y/o hasta un máximo de 30% de peso.

- Cemento de albañilería:

Es el material obtenido por la pulverización conjunta de clinker Portland y materiales que, aún careciendo de propiedades hidráulicas o puzolánicas, mejoran la plasticidad y la retención

del agua, haciéndolos aptos para trabajos generales de albañilería.

● La producción de cemento por Empresa:

a) Cemento Andino SA:

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo III
- Cemento Portland Puzolánico tipo I (PM)

b) Cemento Pacasmayo SAA:

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland MS-ASTM C-1157
- Cemento Portland Compuesto Tipo 1Co

c) Cemento Lima SA:

- Cemento Portland Tipo I; Marca "Sol"
- Cemento Portland Tipo IP- Marca "Super Cemento Atlas"

d) Cementos Selva SA:

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo II
- Cemento Portland Tipo V
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IP
- Cemento Portland Compuesto Tipo 1Co

e) Cemento Sur SA:

- Cemento Portland Tipo I- Marca "Rumi"
- Cemento Portland Puzolánico Tipo IPM-Marca "Inti"
- Cemento Portland Tipo II

- Cemento Portland Tipo V

f) Yura SA:

- Cemento Portland Tipo I
- Cemento Portland Tipo IP
- Cemento Portland Tipo IPM

Empresas	Cemento Portland			C. Portland Adicionados			
	I	II	V	IP	I(PM)	MS	I Co
Cemento Andino	✓ (1)	✓ (1)	✓ (1)		✓		
Cementos Lima	✓	✓ (1)		✓			
Cementos Pacasmayo	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Cementos Selva	✓ (1)	✓ (1)(2)	✓ (1)(2)	✓			✓
Cementos Sur	✓	✓ (2)	✓ (2)	✓	✓		
Yura	✓	✓ (2)	✓ (2)	✓	✓		

(1) De bajo contenido de álcalis

(2) A pedido

- Ubicación de cada Industria Cementera en el Perú:

NOMBRE	UBICACIÓN
Cementos Lima S A	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S A A	Pacasmayo - La Libertad
Cemento Andino S A	Condorcocha - Tarma (Junin)
Yura SA	Yura - Arequipa
Cemento Sur S A	Caracote - Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa - Ucayali

- Fábricas de Cemento:

EMPRESA	CAP. INST.	MERCADO
Cementos Lima S A	4'300,000	Lima, Callao, Ica, Ancash
Cementos Pacasmayo S A A	2'300,000	La Libertad, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, Piura, Tumbes, Ancash
Cemento Andino S A	1'060,000	Lima, Callao, Junín, Huancavelica, Cerro de Pasco, Loreto, Ucayali, San Martín, Ayacucho
Yura SA	600,000	Arequipa, Moquegua, Tacna, Apurímac
Cemento Sur S A	155,000	Puno, Cusco, Apurímac, Madre de Dios, Moquegua, Tacna

- Empresas en relación a lo que producen:

EMPRESA	TIPOS DE CEMENTO QUE PRODUCE
Cementos Lima S A	Sol I, Sol II, Supercemento Atlas IP
Cementos Pacasmayo S A	Pacasmayo I, Pacasmayo II, Pacasmayo V, Pacasmayo MS-ASTM C-1157 , Pacasmayo IP, Pacasmayo ICo (COMPUESTO)
Cemento Andino S A	Andino I, Andino II, Andino V, Andino IPM
Cementos Selva	Cemento Pórtland Tipo I, Tipo II, Tipo V ,Puzolanico IP,Compuesto ICo
Yura SA	Yura I, Yura IP, Yura IPM, Cemento de Albañilería marca Estuco Flex .
Cemento Sur S A	Rumi I, Inti IPM, Portland tipo II, Portland Tipo V.
Cemento Rioja S.A.	Cemento Pórtland Tipo IPM

7. Asfalto y su aplicación

7.1. ¿Qué es el asfalto?

El asfalto es un material ampliamente utilizado en la construcción y pavimentación de carreteras, así como en otros proyectos de infraestructura. También conocido como alquitrán de hulla, es una mezcla viscosa y pegajosa que se obtiene a partir de la destilación del petróleo crudo o de la extracción del alquitrán de

hulla. En este informe, exploraré en detalle el asfalto y su aplicación en diversas áreas.

El asfalto es una sustancia bituminosa que se caracteriza por su alta viscosidad y su capacidad de adherirse fuertemente a otros materiales. Está compuesto principalmente por betún, que es un hidrocarburo complejo. El asfalto puede ser clasificado en varios grados según su dureza y viscosidad, lo que determina su uso final. Algunas de las propiedades más importantes del asfalto son su impermeabilidad al agua, su capacidad para soportar cargas pesadas y su resistencia a los cambios de temperatura.

7.2. Proceso de producción de mezcla asfáltica en caliente en una planta de dosificación

- a) Se apila la piedra grande, la piedra chica y la arena.
- b) El cargador frontal carga estos materiales y los llena en las tolvas respectivas.
- c) Una vez llenas las tolvas se procede por vibración de las tolvas a descargar el material hacia la faja horizontal, estas tolvas tienen unas compuertas en la parte inferior que permiten abrir o cerrar el paso de los materiales hacia la faja horizontal.
- d) De la faja horizontal continúan a la faja inclinada hasta llegar al horno rotativo de contraflujo, el cual tiene una llama la cual es alimentada con diésel, siendo la temperatura en la llama aproximadamente 800 °C. Aquí los agregados son calentados en forma gradual hasta alcanzar los 150 °C.
- e) De la llama de contraflujo porque en una dirección entran los agregados y en la otra dirección salen los gases, estos gases hay que expulsarlos del horno porque si no el horno se satura y no habrá oxígeno que nos permita generar la llama.
- f) Estos gases son expulsados usando un Extractor.
- g) Una vez que los agregados son calentados hasta una temperatura de 150 °C pasan al Elevador de Cangilones que no es otra cosa que un sistema de poleas que levantan las cucharas cargados con el agregado.
- h) Los agregados calientes pasan del elevador a las zarandas metálicas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{4}$ " las cuales son activadas de modo

que se desplazan horizontalmente y vibran, pasando así los agregados a llenar las tolvas correspondientes.

- i) El pesaje se realiza manualmente, el operario primero llena la arena, luego la piedra chica y después la piedra grande, este pesaje es acumulativo, se van acumulando los pesos que indican "la bachada" (es decir, un lote).
- j) Una vez que ya se tiene todo pesado, el operario presiona el botón de descarga y los agregados pasan al mezclador de flujo paralelo, donde primero se mezclan los agregados y después se adiciona el asfalto caliente.
- k) El medidor de flujo de asfalto si es automático, aquí si podemos medir exactamente la cantidad de asfalto que entra a la mezcla.
- l) Previamente el asfalto ha sido calentado a una temperatura de 150 °C., en el calentador de aceite o "Hy Way" , así que ha esta temperatura es mezclado.
- m) El tiempo de mezclado es de 45 segundos a 1 minuto aproximadamente.
- n) Cuando se tiene la mezcla asfáltica se abren las compuertas del mezclador y esta cae al camión volquete a una temperatura de 150 °C., quedando lista para ser transportada a obra.

7.3. Características y Propiedades del Asfalto:

- Viscosidad: El asfalto es conocido por su alta viscosidad, lo que significa que es espeso y pegajoso a temperatura ambiente. Esta característica le permite adherirse a otros materiales y proporcionar una superficie resistente.
- Flexibilidad: El asfalto tiene una capacidad inherente para adaptarse y flexionarse bajo cargas y fuerzas. Esta propiedad le permite soportar el tráfico y las fluctuaciones de temperatura sin romperse ni agrietarse fácilmente.
- Resistencia al agua: El asfalto es un material impermeable que evita la infiltración de agua en las estructuras. Esto es especialmente importante en carreteras y techos, donde la protección contra la humedad es crucial.

- Resistencia a los productos químicos: El asfalto es resistente a los productos químicos como los combustibles y los aceites, lo que lo hace adecuado para su uso en áreas expuestas a derrames y contaminación.
- Durabilidad: El asfalto es conocido por su larga vida útil. Es capaz de resistir el desgaste causado por el tráfico, las condiciones climáticas adversas y otros factores externos durante muchos años.
- Propiedades antideslizantes: El asfalto puede proporcionar una superficie con buen agarre, lo que reduce el riesgo de deslizamientos y accidentes en carreteras y pistas deportivas.

7.4. Tipos de Asfalto:

- Asfalto convencional: Es el tipo más común de asfalto utilizado en carreteras y pavimentos. Se compone principalmente de betún y agregados pétreos, como arena y grava.
- Asfalto modificado: Se trata de una mezcla de asfalto convencional enriquecido con aditivos, como polímeros, elastómeros o fibras, que mejoran sus propiedades mecánicas y térmicas. El asfalto modificado es más resistente al envejecimiento, a las deformaciones y a los efectos del clima.
- Asfalto poroso: Este tipo de asfalto tiene una estructura abierta que permite el drenaje del agua a través de él. Es utilizado en áreas donde se requiere una mayor infiltración del agua, como parques, áreas recreativas y estacionamientos.
- Asfalto reciclado: Es el resultado del procesamiento y reutilización del asfalto existente. Se utiliza para reducir la demanda de materiales vírgenes y mejorar la sostenibilidad en la construcción de carreteras.
- Asfalto en caliente y en frío: El asfalto en caliente se aplica a altas temperaturas, generalmente en una planta de asfalto, y se transporta a la obra para su aplicación. Por otro lado, el asfalto en frío se utiliza en pequeñas reparaciones y puede aplicarse directamente desde un contenedor sin calentamiento previo.

7.5. Aplicaciones del asfalto

- Pavimentos

Uno de los principales usos que se le dan a los asfaltos es, entre otros, como material aglutinante en la elaboración de carpetas asfálticas para la construcción de pavimentos flexibles.

Tratamientos superficiales. Consiste en una delgada capa de desgaste, de espesor comúnmente menor de 2.5 cm, compuesta de dos o más aplicaciones de asfalto líquido cubierto con áridos.

El tratamiento superficial es un tipo de carpeta económica que da buenos resultados durante un periodo limitado de tiempo. El tratamiento superficial de una capa de desgaste impermeable adecuada para tráfico ligero.

- Impermeabilizante

Los asfaltos soplados u oxidados se producen cuando se hace pasar aire a través de los asfaltos calentados, esto con el fin de darle las características necesarias para ciertos usos especiales.

Tienen un punto de reblandecimiento superior a los asfaltos normalmente refinados de penetración comparable, lo que los hace adecuados para revestimientos de techos y otras aplicaciones similares.

Su uso en carreteras está limitado en gran medida a la impermeabilización de estructuras y al relleno de juntas de los pavimentos de concreto hidráulico. También es común utilizarlo como impermeabilizante en la construcción de cimentaciones en obras civiles.

- Obras hidráulicas

El principal uso en obras hidráulicas es como relleno en las juntas en la construcción de canales.

Los objetivos a cumplir en las estructuras hidráulicas son varios, entre ellos:

- Evitar la pérdida de agua
- Proteger las laderas de la erosión
- Disminuir el rozamiento
- Reducir el servicio de conservación

Para cumplir estas finalidades de un modo satisfactorio, el revestimiento debe ser resistente, duradero, tener estabilidad mecánica y superficie lisa, suficientemente flexible para admitir pequeñas deformaciones y ser impermeable.

- Otros tipos de aplicaciones:

- Revestimientos de canales con membrana enterrada:

Se emplean fundamentalmente para evitar las pérdidas de agua en los canales, especialmente cuando se construyen en terrenos arenosos permeables o materiales semejantes.

- Revestimiento de presas:

Permiten conseguir una capa impermeable a precio muy económico.

Además, el asfalto es utilizado en la industria impermeabilizante y de pinturas asfálticas, revestimiento de diques y canales y materia prima para las emulsiones asfálticas. El cemento asfáltico a temperatura ambiente, es semisólido y altamente viscoso, por lo que se requiere licuarlo temporalmente por calentamiento, para su manejo durante las operaciones de construcción, tales como

bombeo por tubería, transporte de cisternas, mezcla con agregado, etc.

7.6. Desventajas y limitaciones

- Cuidado y sellado

Pavimento asfáltico requiere más mantenimiento que el hormigón, según la Página Web de inicio además Plus. Cada tres a cinco años, pavimento asfáltico debe cerrarse herméticamente para evitar que se quiebren. Se deben aplicar selladores y entonces la superficie queda solo para dos o tres días antes de que pueden conducir el coche en la superficie. Volver a sellar la superficie de asfalto cada tres a cinco años costará tiempo y dinero.

- Grietas

Cuando el asfalto no se coloca correctamente, es propensa a grietas y picaduras. Cuestiones tales como las superficies de pavimento irregular, insuficiente mezcla y colocación de pavimento sobre grietas anteriores son que todas grietas de razones se producen, según un estudio de la Universidad de Florida.

- Construcción

En orden para el tradicional asfalto a usarse, se debe primero calentar a 250 a 350 grados Fahrenheit, según el servicio forestal de Estados Unidos. A estas temperaturas asfalto líquido y enlazará con la superficie que se aplica. Inmediatamente después se vierte el asfalto debe cubrirse con arena o agregado en orden para que se adhiera correctamente. Se requiere formación sustancial de instaladores.

- Cuestiones ambientales

Asfalto es creado a partir de petróleo. En este proceso, se liberan hidrocarburos, que a su vez conducen a la contaminación. El asfalto más comúnmente utilizado para carreteras y estacionamientos se conoce como alquitrán de hulla. Asfalto rebajado se utiliza para crear cementos de asfalto, que pueden utilizarse también en estacionamientos y caminos de acceso. Asfalto rebajado emite una mayor cantidad de hidrocarburos que el asfalto de la emulsión.

- Equipo

Asfalto, no importa el tipo utilizado, requiere equipo pesado para instalar. Camiones distribuidores, esparcidores de arena, equipo de pavimentación y grado es necesarias para colocar las superficies de asfalto correctamente y sin problemas. Este tipo de equipos se puede alquilar en forma de pequeña escala para un proyecto de camino de entrada, pero es costoso. Proyectos a gran escala requieren de equipo pesado, que puede ser prohibitiva.

7.7. Ventajas

- El asfalto es fácil de construir y mantener

El asfalto es un pavimento flexible construido en varias capas con un flujo continuo de material en movimiento a través de la pavimentadora de asfalto. articulaciones repetitivas de construcción, textura de la superficie ruidoso, y ups de soplado son eliminados por este método de construcción. Este método de construcción crea el desplazamiento suave y silencioso. Estas características se benefician los usuarios del aeropuerto también. Las pistas de asfalto y calles de rodaje significan aterrizajes y despegues más seguros, porque tales superficies son suaves y fáciles de mantener.

- El asfalto es costo-eficiente

El asfalto tiene bajos costos iniciales, dura mucho tiempo, y debido a su capacidad de reciclaje, tiene un valor residual superior a otros pavimentos. El asfalto reciclado contiene una gran cantidad de bitumen, se puede recalentar y su reutilización es simple. Por lo tanto, asfalto regenerado es una materia prima valiosa como bitumen es el componente más caro de asfalto. Por estas razones la reutilización de asfalto regenerado produce ahorros considerables, especialmente si las distancias de transporte del asfalto viejo recuperado son razonablemente cortas.

La reutilización de asfalto produce un notable ahorro en los costos de materiales y logística. Reutilizando el agregado también ofrece ahorro, especialmente en los países que tienen que importarlo. La reutilización de asfalto reduce la necesidad y el coste de transporte, lo que reduce significativamente las emisiones de CO₂ al mismo tiempo.

Otra ventaja de asfalto es que sólo el espesor del pavimento necesario (dependiendo del tráfico y el clima) debe ser aplicada para obtener un camino durable, rentable y sostenible.

- El asfalto es seguro

La nueva tecnología de asfalto asegura la dispersión rápida y el drenaje de las aguas superficiales, la reducción de pulverización de agua y por lo tanto, la mejora de la visibilidad para el conductor en condiciones de humedad. Los materiales porosos reducen drásticamente el cegamiento de pulverización, y mediante la dispersión de las aguas superficiales y también reducen la visibilidad de las marcas viales.

La variedad de mezclas asfálticas ofrece especificadores de la solución adecuada para todo tipo de condiciones

atmosféricas del camino y, maximizando la seguridad para todos los usuarios de la carretera. Aunque se habla de 'asfalto', hay una amplia gama de tipos y mezclas disponibles, cada una tiene cualidades a medida para aplicaciones específicas. Por ejemplo, hay mezclas de asfalto adecuados para que la lluvia pesada drene rápidamente de la superficie. También son mezclas que se pueden diseñar para una textura en la superficie de asfalto con una alta resistencia al deslizamiento para zonas susceptibles de experimentar una frenada brusca.

La superficie lisa de asfalto proporciona el máximo contacto del neumático con la calzada, el aumento de la resistencia al deslizamiento. El asfalto coloreado también se utiliza para alertar a la atención del conductor a las zonas peligrosas, tales como uniones ocultas o curvas cerradas, así como las áreas que requieren medidas de seguridad especiales, como salidas de las escuelas.

La rápida construcción de carreteras de asfalto significa menos tiempo para los trabajadores de la obra de construcción.

- El asfalto es durable y puede ser construido para durar indefinidamente

Los pavimentos de asfalto a menudo se construyen utilizando las capas de base gruesas para soportar la carga principal por encima de una capa granular no unida. A continuación, la capa intermedia se coloca sobre la capa de base. El aglutinante intermedio es seguido por una capa de rodadura de treinta a cuarenta milímetros. La capa de rodadura puede durar hasta 15 – 20 años, dependiendo de la mezcla de asfalto utilizado. Cuando esta capa de rodadura deba ser renovada o sustituida, se muele, y luego se reutiliza en una nueva capa de asfalto. Adecuadamente diseñadas, construidas y mantenidas las capas intermedias y de base siguen siendo

fuerres y viables durante muchas décadas y, a veces sin necesitar reconstrucción total.

- El asfalto es de hasta 100% reutilizable

El asfalto es uno de los productos de construcción que más se recicla en Europa. Esto hace que los pavimentos de asfalto sostenibles. Se necesita menos nuevo betón para hacer nuevos pavimentos de asfalto y millones de toneladas de nuevo agregado se pueden guardar. Incluso es posible crear un pavimento de casi 100% de asfalto regenerado.

El asfalto recuperado se recoge y se transporta a la planta de asfalto más cercana. En la planta de asfalto puede triturarse y los gránulos de asfalto triturados se utilizan para el nuevo asfalto. En muchos casos asfalto molido puede ser reutilizado sin trituración adicional. Es común a resurgir desgastado asfalto moliendo la capa superior, por lo que el nuevo asfalto se puede colocar sobre una superficie plana. Muchas plantas de asfalto tienen el equipo apropiado para reutilizar asfáltico reciclado (RAP).

La industria del asfalto es uno de los precursores del reciclaje y la reutilización. El asfalto es 100% reciclable, lo que significa prácticamente que toda el asfáltico recuperado se reutiliza o se recicla. La reutilización de asfalto viejo ha aumentado en popularidad desde los años setenta.

- El asfalto es flexible

Las superficies de asfalto pueden ser 'a medida' – debidamente formuladas y diseñadas para soportar la carga de tráfico y las condiciones climáticas de un camino específico. Hay soluciones especiales de mezcla de asfalto para carreteras, vías urbanas, suburbanas y rurales, y su flexibilidad es particularmente útil para hacer frente a las tensiones de grandes cargas de tráfico en los puentes. En las

áreas donde las carreteras tienen que hacer frente a la congelación y descongelación frecuente, gracias a la elasticidad de bitumen, superficies de asfalto pueden ser diseñados para tolerar ciclos de temperatura extremas.

El asfalto es la opción flexible para cualquier camino. No sólo el material en sí mismo, pero el hecho de que puede ser diseñado para aportar soluciones óptimas para todos los tipos y tamaños de carreteras, carriles y los carriles bici para pavimentos de trata ligera, por ejemplo, en los suburbios, las capas pueden ser más delgadas. Las características especiales de tráfico o de seguridad en la superficie de la carretera, como rampas de velocidad, rotondas y aumento o en descenso carriles también se pueden crear. La capacidad de adaptación de asfalto ofrece soluciones a los numerosos requisitos cambiantes tanto del usuario de la vía y de nuestra sociedad.

7.8. Innovaciones en mezclas asfálticas

- Asfalto diseñado para reducir el ruido de los vehículos

Una de las principales causas del ruido provocado por los vehículos en la carretera es el roce de los neumáticos con el asfalto. Para solucionar este problema se ha desarrollado un material que se coloca sobre la carretera, y consigue eliminar hasta un 85% dicho ruido. Para conseguir el mismo objetivo tradicionalmente, se necesitaría una barrera acústica de unos tres metros de altura.

- Ingredientes ecológicos

Otra forma en que los fabricantes están haciendo que las carreteras sean más sostenibles desde una perspectiva ambiental es mediante el uso de material reciclado en la mezcla. Por ejemplo, Canadian Road Builders Inc. ofrece una mezcla llamada Vegecol que está hecha completamente de

material renovable a base de plantas y se puede usar en carreteras principales, así como para senderos para caminar y andar en bicicleta.

Vegecol se fabrica a una temperatura más fría, lo que reduce su huella de carbono. Como beneficio adicional, no hay ingredientes petroquímicos que contaminen el agua restante en el proceso.

- VISMART MIX mezcla en frío para bacheo

Una innovación VISE en materia de mezcla asfáltica es VISMART MIX, una mezcla en frío para la reparación de baches, ciclovías, estacionamientos, carreteras, asfalto o concreto. Por si fuera poco, esta innovación del área de asfaltos es una mezcla amigable con el medio ambiente.

Otra ventaja de esta innovadora mezcla asfáltica es que se puede adquirir en bolsa de polipropileno o también a granel. Además, es fabricada en plantas de asfalto con materiales pétreos de alta calidad, proceso que garantiza el cumplimiento de especificaciones y su control.

8. Aplicación de aditivos

El asfalto es un material ampliamente utilizado en la construcción y mantenimiento de carreteras, calles y otras superficies de pavimento. Con el fin de mejorar sus propiedades y características, se recurre a la aplicación de aditivos en el asfalto. En este informe, exploraremos la utilización de aditivos en el asfalto a nivel universitario.

8.1. Tipos de aditivos utilizados en el asfalto:

- Modificadores de asfalto: Estos aditivos se emplean para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del asfalto. Pueden incluir polímeros, como los elastómeros de polímero modificado con estireno-butadieno (SBS), que aumentan la flexibilidad y resistencia del asfalto.

- **Mejoradores de adherencia:** Los aditivos de este tipo se utilizan para mejorar la adherencia del asfalto a las superficies sobre las que se aplica. Ayudan a asegurar una buena unión entre el asfalto y la base, mejorando la durabilidad del pavimento.
- **Estabilizadores de temperatura:** Estos aditivos permiten que el asfalto mantenga sus propiedades frente a cambios de temperatura. Ayudan a reducir el endurecimiento en climas fríos y la deformación en climas cálidos, asegurando así la durabilidad del pavimento.
- **Mejoradores de resistencia al envejecimiento:** Estos aditivos protegen al asfalto contra el envejecimiento prematuro causado por la exposición a factores como los rayos ultravioleta del sol y los efectos del tráfico. Pueden incluir antioxidantes y estabilizadores que prolongan la vida útil del asfalto.

Ejemplos:

- **Ceras**

Las ceras se utilizan como aditivos para mejorar la resistencia al agua y al envejecimiento del asfalto. Ayudan a reducir la susceptibilidad del asfalto a la penetración del agua y la oxidación, mejorando así su vida útil.

- **Asfaltos espumados**

Los aditivos de espuma se utilizan para producir asfalto espumado, que es una forma ligera y de baja densidad del asfalto. Este tipo de asfalto se utiliza en aplicaciones como la construcción de rellenos y la estabilización de suelos, ya que reduce el peso y mejora la capacidad de drenaje.

- **Emulsiones de polímero modificado**

Estas emulsiones consisten en partículas de asfalto suspendidas en agua, junto con polímeros modificadores. Los aditivos de polímero mejoran la cohesión del asfalto y su resistencia al envejecimiento, lo que resulta en una mayor durabilidad y resistencia al tráfico.

- Aditivos de curado rápido

Estos aditivos aceleran el proceso de curado del asfalto, permitiendo que las carreteras y superficies pavimentadas se abran al tráfico más rápidamente. Ayudan a reducir el tiempo de espera y los inconvenientes asociados con la construcción y reparación de carreteras.

- Aditivos de color

Estos aditivos se utilizan para agregar pigmentos al asfalto, lo que permite personalizar su apariencia y mejorar la visibilidad de la superficie de la carretera. Los aditivos de color pueden ayudar a delinear carriles, zonas de cruce peatonal o áreas de peligro.

- Asfaltos modificados con polímeros (AMP)

Estos aditivos consisten en la mezcla de polímeros con el asfalto, lo que mejora su elasticidad, resistencia al envejecimiento y capacidad de deformación. Algunos ejemplos de polímeros utilizados son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el caucho reciclado.

- Aditivos rejuvenecedores

Estos aditivos se utilizan para restaurar las propiedades del asfalto envejecido. Ayudan a mejorar la flexibilidad y la resistencia al agrietamiento del asfalto existente, prolongando su vida útil. Los aditivos rejuvenecedores pueden incluir aceites, resinas o emulsiones especiales.

- Aditivos de relleno mineral

Estos aditivos se agregan al asfalto para mejorar su estabilidad y resistencia. Algunos ejemplos incluyen polvo de piedra caliza, polvo de mármol o polvo de vidrio. Estos materiales ayudan a llenar los vacíos en la mezcla de asfalto, mejorando su densidad y capacidad de soporte de carga.

- Aditivos antideslizantes

Estos aditivos se utilizan para mejorar la fricción y la resistencia al deslizamiento del asfalto, especialmente en superficies de carreteras con curvas pronunciadas o pendientes empinadas. Pueden incluir materiales como agregados especiales, gránulos de goma o partículas de cerámica.

- Aditivos antioxidantes

Estos aditivos se utilizan para proteger el asfalto contra la oxidación causada por la exposición a los rayos UV y el envejecimiento. Ayudan a mantener las propiedades físicas y químicas del asfalto a lo largo del tiempo. Los antioxidantes comunes incluyen compuestos fenólicos y aminas estabilizadoras.

8.2. Beneficios de la aplicación de aditivos en el asfalto

- Mejora de la resistencia y durabilidad

Los aditivos fortalecen el asfalto, aumentando su resistencia a las cargas de tráfico y prolongando su vida útil. Esto reduce la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuentes, lo que ahorra costos a largo plazo.

- Mayor seguridad vial

Los aditivos mejoran la adherencia del asfalto, lo que reduce el deslizamiento de los vehículos y mejora la seguridad vial, especialmente en condiciones climáticas adversas.

- Mayor flexibilidad y resistencia a temperaturas extremas

Los aditivos permiten que el asfalto mantenga su rendimiento y propiedades en climas fríos y calientes, evitando agrietamientos y deformaciones prematuras.

- Reducción del impacto ambiental

Al mejorar la durabilidad del asfalto, se reduce la necesidad de reconstrucción frecuente, lo que disminuye el consumo de recursos y la generación de residuos.

- Reducción del agrietamiento por fatiga

Algunos aditivos, como los polímeros elastoméricos, ayudan a reducir el agrietamiento por fatiga del asfalto, que es causado por el estrés repetido de las cargas de tráfico. Esto mejora la resistencia del pavimento a largo plazo

- Mejora de la resistencia al agua

Algunos aditivos actúan como impermeabilizantes, reduciendo la penetración de agua en el asfalto. Esto ayuda a prevenir daños causados por el agua, como el debilitamiento del subsuelo y la formación de baches.

- Mayor resistencia a productos químicos

Algunos aditivos proporcionan al asfalto una mayor resistencia a los productos químicos presentes en el medio ambiente, como los combustibles y los aceites. Esto es especialmente relevante en áreas con altas concentraciones de tráfico o donde se utilizan productos químicos agresivos.

- Reducción del ruido de rodadura

Algunos aditivos se utilizan para reducir el ruido producido por los neumáticos al rodar sobre el pavimento. Estos aditivos pueden ayudar a mitigar el ruido del tráfico en áreas residenciales o sensibles al ruido.

- Optimización de mezclas asfálticas

Los aditivos permiten ajustar y optimizar las mezclas asfálticas para adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto. Esto incluye la mejora de las propiedades reológicas, la resistencia al deslizamiento y la compactabilidad del asfalto.

- Desarrollo de pavimentos sostenibles

Algunos aditivos están diseñados para mejorar la sostenibilidad de los pavimentos, utilizando materiales reciclados o mejorando la capacidad de reciclaje del asfalto existente. Esto ayuda a reducir la dependencia de los recursos naturales y a disminuir la generación de residuos de construcción.

- Investigación y desarrollo continuo

A nivel universitario, la aplicación de aditivos en el asfalto es un tema de investigación activo. Se llevan a cabo estudios para desarrollar nuevos aditivos, evaluar su desempeño y explorar su impacto en la durabilidad y sostenibilidad de los pavimentos.

9. Tipos de ligantes asfálticos

Los productos asfálticos utilizados en pavimentos provienen de la destilación del petróleo crudo, ya sea en forma natural o industrial.



Algunos tipos de asfaltos utilizados para la fabricación de mezclas asfálticas son:

9.1. CEMENTO ASFÁLTICO CA:

Cemento asfáltico compuesto de asfalto modificado con resinas que le permiten mejorar su adhesividad y la resistencia al agua. Emulsión asfáltica de aspecto pastoso, compuesto por resinas, cargas minerales y aditivos. Formulado con polímeros de alta calidad.

Los cementos asfálticos se pueden clasificar por diferentes formas:

- Por grado de viscosidad Original
Ej. CA 24 (clima cálido- templado)
Ej. CA 14 (clima frío)
- Por grado de Penetración
Los CA más comúnmente utilizados son
CA 40-50. CA 60-80
CA 80-100. CA 120-150
- Por grado de Desempeño PG
Ej. PG 64-22



9.2. EMULSIONES ASFÁLTICAS

Emulsiones asfálticas especiales

- ✓ Emulsiones asfálticas sintética de color
- ✓ Emulsiones asfálticas de quiebre controlado
- ✓ Emulsiones asfálticas Modificadas Con polímero
- ✓ Emulsiones asfálticas imprimantes

Son el producto de la adición de agua a un cemento asfáltico. Para que estos dos materiales se puedan mezclar es necesario incorporar un tercer componente, denominado agente emulsificante, que puede ser arcilla coloidal, silicatos solubles o insolubles, jabón o aceites vegetales sulfatados.

Para la fabricación de emulsiones asfálticas se utilizan molinos coloidales o turbinas. El contenido de cemento asfáltico en volumen en la emulsión se encuentra entre 55%-70%. De acuerdo con la velocidad con que se produce el rompimiento (salida del agua de la mezcla), estas emulsiones se dividen en (**Emulsión asfáltica de rompimiento rápido (RR), Emulsión asfáltica de rompimiento medio (RM), Emulsión asfáltica de rompimiento lento (RL).**)

Por otro lado, uno de los usos principales que se da a las emulsiones asfálticas es el de la fabricación de mezclas en frío. Otras aplicaciones de estos materiales para pavimentación vial son:

- ☐ Riego de liga

Función principal: adherir la capa de rodadura a la base asfáltica o a la base intermedia. Importante: "por ningún motivo se permitirá la aplicación del riego de liga con regaderas, recipientes perforados, cepillos o cualquier otro dispositivo de aplicación manual por gravedad, que no garantice una aplicación completamente homogénea del riego de liga sobre la superficie por tratar.

- ☐ Imprimación

Funciones principales: adherir la base granular a la carpeta asfáltica e impermeabilizar.



9.3. ASFALTOS REBAJADOS

Se producen diluyendo cemento asfáltico en algún solvente derivado del petróleo, generalmente gasolina o bencina. Se designan con las letras RC (asfaltos rebajados de curado rápido, solvente gasolina), MC (asfaltos rebajados de curado medio, solvente queroseno) y SC (asfaltos rebajados de curado lento, solvente aceites pesados de baja volatilidad), seguidas de un número que indica su viscosidad cinemática, medida en centistokes.

Ensayo	Unidad	Norma de ensayo	MC-30	
			Mín.	Máx.
Viscosidad Saybolt Furol a 25 °C	s	INV. E-714, ASTM D 88-94	75	150
Viscosidad Saybolt Furol a 60 °C	cSt	INV. E-715, ASTM D 2170-01A	30	60
Punto de inflamación	°C	INV. E-710, ASTM D 3143-98	38	-
Destilado (% sobre volumen total destilado hasta 360 °C):				
A 225 °C	%	INV. E-723, ASTM D 402-02	-	25
A 260 °C			40	70
A 316 °C			75	93
Residuo de destilación a 360 °C (% en volumen por diferencia)	%	INV. E-723, ASTM D 402-02	50	60
Ensayos sobre el residuo de la destilación				
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	mm/10	INV. E-706, ASTM D 5-97	120	300
Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)	cm	INV. E-702, ASTM D-113	100	-
Solubilidad en tricloroetileno	%	INV. E-713, NLT 2042-01	99.5	100

9.4. CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO

Técnica utilizada para mejorar la calidad de los CA utilizados en pavimentación.

Con la adición de polímeros u otros productos al asfalto se modifican las propiedades físico-mecánicas, químicas y reológicas de las mezclas asfálticas. Cuando se usa esta tecnología se pretende mejorar el comportamiento que experimentan las mezclas tradicionales cuando son sometidas a diferentes condiciones de carga y del medio ambiente.

- Modificados con polímeros

son sustancias de alto peso molecular, aunque no todos los polímeros son compatibles con el asfalto. Entre los más utilizados tenemos:

- o Elastómeros
- o SBS (Estireno- Butadieno- Estireno)
- o Plastómeros

- Modificado químicamente sin polímeros (multigrado)

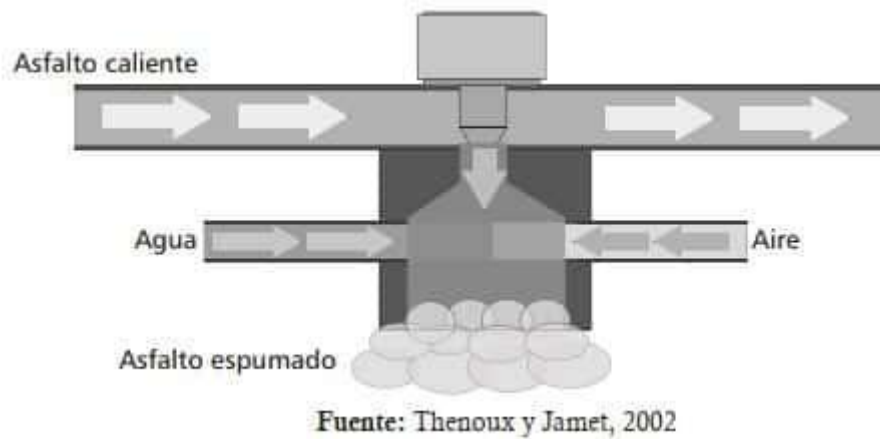
Son de alto rendimiento, especialmente diseñados para aumentar la resistencia al ahumamiento y la fatiga en superficies de rodadura de pavimentos asfálticos sujetos a altas solicitaciones, también es un producto termoplástico lo cual implica que el calor se funde y al enfriarse se rigidizan.

- Modificados con aditivos fuel-resisting
- Modificados con aditivos reductores de viscosidad
- Modificados con polvo de neumático
- Modificados con aditivos mejoradores de adhesión



9.5. ASFALTOS ESPUMADOS

También denominados asfaltos celulares, son una tecnología utilizada principalmente para estabilización de granulares no tratados o para la fabricación de mezclas en frío y recicladas. Consiste en adicionar agua fría (1% a 2% del peso del CA) y aire a presión, en una "cámara de expansión", a un cemento asfáltico que se encuentra a alta temperatura (160-180 °C) con el fin de espumarlo, incrementar su volumen rápidamente, reducir viscosidad del ligante e incrementar la adherencia entre el asfalto y el agregado pétreo.



9.6. ASFALTOS SOPLADOS U OXIDADOS

Cuando el residuo de refinería es muy liviano, se modifican sus propiedades a través de un proceso de inyección de aire a alta temperatura. Este proceso activa la oxidación del ligante asfáltico, la evaporación y la deshidrogenación, modificando la proporción de fracciones SA-RA y la microestructura del ligante asfáltico, la consecuencia fundamental es una rigidez.



9.7. ASFALTOS NATURALES

El asfalto natural es un material bituminoso en estado sólido, compuesto por hidrocarburos de alto peso molecular en estratos que pueden ir desde algunos centímetros a decenas

de metros de espesor y presentan gran variedad en su rigidez, por lo que su punto de fusión puede ir de los 100 °C a más de 300 °C. Este material presenta un alto punto de ablandamiento (superior a 90° C) y en el mundo son conocidos como



materiales endurecedores de asfaltos por su alta cantidad de asfaltenos.

10. Equipos que se emplearon para el asfalto

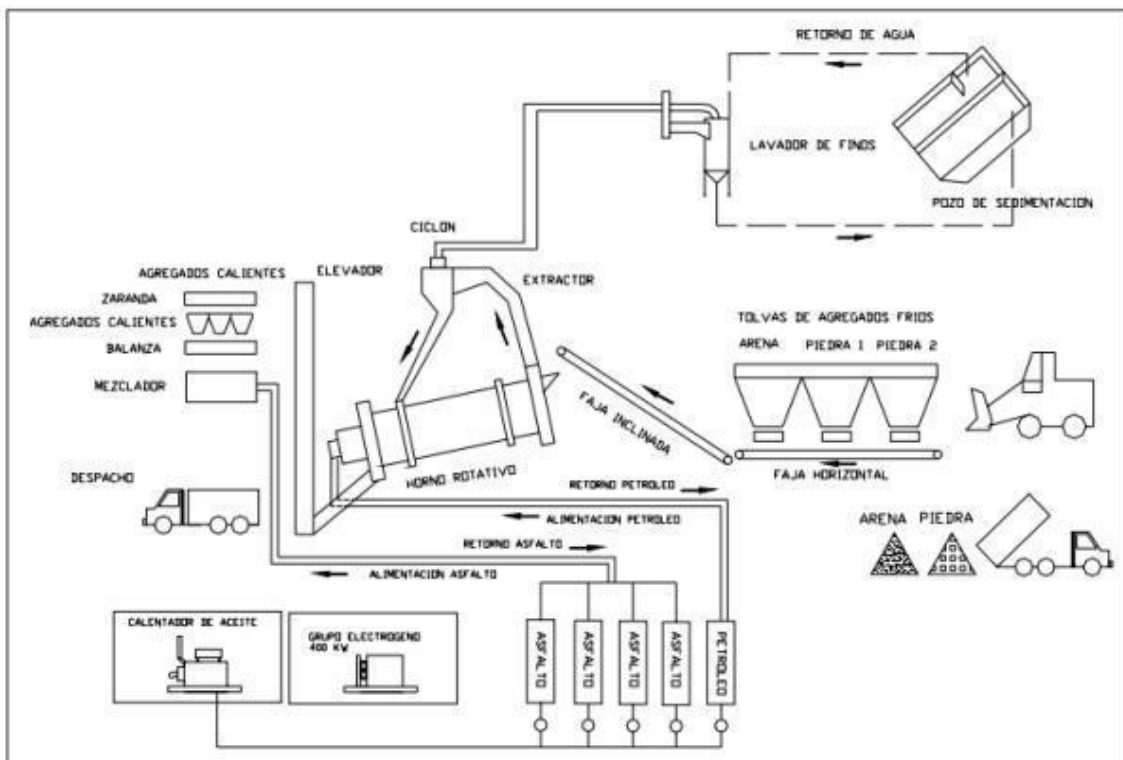
10.1. Maquinarias para la producción de mezcla asfáltica

10.1.1. Planta productora de mezcla asfáltica

Una planta de asfalto es un conjunto de equipos mecánicos electrónicos en donde los agregados son combinados, calentados, secados y mezclados con asfalto para producir una mezcla asfáltica en caliente que debe cumplir con ciertas especificaciones.

- ✓ Tolvas
- ✓ Horno rotativo de contraflujo
- ✓ Extractor
- ✓ Elevador de Cangilones

- ✓ Zarandas metálicas
- ✓ Mezclador de flujo paralelo
- ✓ Calentador de aceite "Hy Way"
- ✓ Volquetes
- ✓ Balanza
- ✓ Ciclón



10.2. ¿Cómo se fabrica la mezcla asfáltica en caliente?

- a) Se apila la piedra grande, la piedra chica y la arena.
- b) El cargador frontal carga estos materiales y los llena en las tolvas respectivas.
- c) Una vez llenas las tolvas se procede por vibración de las tolvas a descargar el material hacia la faja horizontal, estas tolvas tienen unas compuertas en la parte inferior que

permiten abrir o cerrar el paso de los materiales hacia la faja horizontal.

- d) De la faja horizontal encaja a la faja inclinada hasta llegar al horno rotativo de contraflujo, el cual tiene una llama la cual es alimentada con diesel, siendo la temperatura en la llama aproximadamente 800 °C. Aquí los agregados son calentados en forma gradual hasta alcanzar los 150 °C.
- e) De la llama de contraflujo porque en una dirección entran los agregados y en la otra dirección salen los gases, estos gases hay que expulsarlos del horno porque si no el horno se satura y no habrá oxígeno que nos permita generar la llama.
- f) Estos gases son expulsados usando un Extractor.
- g) Una vez que los agregados son calentados hasta una temperatura de 150 °C pasan al Elevador de Cangilones que no es otra cosa que un sistema de poleas que levantan las cucharas cargadas con el agregado.
- h) Los agregados calientes pasan del elevador a las zarandas metálicas de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{4}$ " las cuales son activadas de modo que se desplazan horizontalmente y vibran, pasando así los agregados a llenar las tolvas correspondientes.
- i) El pesaje se realiza manualmente, el operario primero llena la arena, luego la piedra chica y después la piedra grande, este pesaje es acumulativo, se van acumulando los pesos que indican "la bachada" (es decir, un lote).
- j) Una vez que ya se tiene todo pesado, el operario presiona el botón de descarga y los agregados pasan al mezclador de flujo paralelo, donde primero se mezclan los agregados y después se adiciona el asfalto caliente.

- k) El medidor de flujo de asfalto si es automático, aquí si podemos medir exactamente la cantidad de asfalto que entra a la mezcla.
- l) Previamente el asfalto ha sido calentado a una temperatura de 150 °C., en el calentador de aceite o "Hy Way", así que esta temperatura es mezclada.
- m) El tiempo de mezclado es de 45 segundos a 1 minuto aproximadamente.
- n) Cuando se tiene la mezcla asfáltica se abren las compuertas del mezclador y esta cae al camión volquete a una temperatura de 150 °C., quedando lista para ser transportada a obra.



10.3. Tipos de riegos asfáltico

Son capas rociadas de emulsión asfáltica que aportan vida útil a la superficie pavimentada, impermeabilidad, resistencia al desgaste de la carpeta asfáltica y son útiles en el mantenimiento de pavimentos desgastados.

10.3.1. Riego de imprimación

Es la aplicación de un ligante sobre una superficie no bituminosa, con el fin de prepararla para recibir un tratamiento asfáltico. Este riego penetra en la superficie cerrando los poros y otorgándole impermeabilidad, reforzando y endureciendo la superficie tratada. Favorece en la cohesión entre la base y la carpeta asfáltica.



10.3.2. Riego de liga

Consiste en la aplicación de una emulsión asfáltica sobre a capa bituminosa, sobre la se pondrá otra capa asfáltica. Su principal función es lograr adherencia entre las capas para que éstas trabajen en conjunto y no se presenten deslizamientos que afecten al pavimento.

Es importante que el riego de liga sea delgado para lograr la unión adecuada entre las capas. Un exceso De riego podría provocar exudación de asfalto a través de la capa superior. El tiempo aproximado de espera para colocar la siguiente capa asfáltica d de 30 minutos después de distribuida la emulsión.



10.3.3. Riego en negro

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre pavimentos, nuevos o antiguos. En el primer caso se utiliza para sellar huecos superficiales, y en el caso de pavimentos antiguos es ideal para rejuvenecerlos cerrando huecos pequeñas grietas superficiales. Es recomendado para pavimentos expuestos a tránsito ligero.



10.3.4. Riego antipolvo

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una superficie que no ha sido tratada. Su función principal es eliminar el polvo provocado por el tránsito vehicular. Se utiliza principalmente en caminos de tierra para cohesionar el material suelto.



10.3.5. Riego de curado

Corresponde a la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una capa estabilizada con cemento. Tiene como objetivo retardar la evaporación del agua e la mezcla,



facilitando el fraguado y evitando la formación de fisuras.

10.3.6. Riego de sellado

Consiste en la aplicación de una emulsión asfáltica sobre una superficie asfáltica recubierta de una distribución de arena, agregado fino o polvo de trituración. Su función es impermeabilizar a carpeta asfáltica, protegiéndola de las condiciones climáticas y de tránsito.



10.4. Maquinaria pesada para la pavimentación asfáltica

- Camión, tolva o volquete

Posee un gran depósito metálico trasero, sirve para el transporte de los áridos y mezclas asfálticas.



- Motoniveladoras

Son usadas para esparcir y nivelar las distintas capas de la estructura del pavimento gracias a una cuchilla de acero que se encuentra en el centro de la máquina.



□ Compactadores

✓ Compactador vibratorio tipo rodillo vibratorio

Utilizados para la compactación de capas relativamente gruesas, gracias a que las vibraciones producen una mejor compactación especialmente en suelos no cohesivos.



✓ Rodillos lisos estáticos

Esta máquina es más pesada que el rodillo vibratorio y se utiliza para la compactación de las capas o mezclas



asfálticas.

✓ Rodillos neumáticos

La textura superficial de los neumáticos le otorga al pavimento la rugosidad necesaria para obtener en a buena adherencia entre capas sucesivas.



□ Distribuidor de asfalto

Consiste en un camión o tanque aislado con sistema de calefacción y un irrigador de asfalto para aplicaciones en frío o caliente.



☐ Terminados de asfalto o pavimentadora

Es la encargada de distribuir y darle forma al asfalto



☐ Barredoras

Se utilizan antes de la cohesión de riegos o capas asfálticas con el fin de eliminar las partículas sueltas, polvos, o cualquier material que pueda afectar la adhesión entre capas.



11. Prevención de accidentes en una construcción

La organización de la seguridad en una obra en construcción dependerá del tamaño de la misma, del sistema de empleo y de la manera en que se organiza el proyecto. Es preciso llevar registros de seguridad y sanidad que facilitan la identificación y resolución de los problemas de esa índole.

11.1. Organización de la seguridad

En los proyectos de construcción donde se utilicen subcontratistas, el contrato deberá establecer las responsabilidades, deberes y medidas de seguridad que se esperan de la fuerza de trabajo del subcontratista. Dichas medidas podrán incluir el suministro y uso de determinados equipos de seguridad, métodos para la ejecución de tareas específicas en forma segura, y la inspección y manejo adecuado de herramientas. El encargado de la obra debe además verificar que los materiales, equipo y herramientas traídos a la misma cumplan con las normas mínimas de seguridad.

Debe impartirse capacitación a todos los niveles: dirección, supervisores y obreros. Quizás también sea necesario capacitar a los subcontratistas y sus trabajadores en los procedimientos de seguridad de la obra, ya que distintos equipos de obreros especializados pueden afectar su seguridad mutua.

Debe existir también un sistema para que la dirección reciba información rápidamente acerca de prácticas inseguras y equipo defectuoso.

Las tareas de seguridad y salud deben asignarse específicamente a determinadas personas. Los siguientes son ejemplo de algunos de los deberes que es necesario incluir:

- suministro, construcción y mantenimiento de instalaciones de seguridad tales como caminos de acceso, sendas peatonales, barricadas y protección de arriba;
- construcción e instalación de carteles de seguridad;
- medidas de seguridad características de cada oficio;
- pruebas de los aparatos elevadores tales como grúas y guinchos de carga, y los accesorios de izado tales como cuerdas y argollas;
- inspección y rectificación de las instalaciones de acceso, tales como andamios y escaleras de mano;
- inspección y limpieza de las instalaciones de bienestar común, tales como servicios higiénicos, aseos, vestuarios y comedores; transmisión de las porciones pertinentes del plan de seguridad a cada uno de los grupos de trabajo;
- planes de emergencia y evacuación.

11.1.1. Encargado/ supervisor de seguridad:

Las empresas constructoras de cualquier tamaño deben nombrar una o varias personas debidamente calificadas cuya principal y especial responsabilidad será la promoción de la seguridad y la salud. Quienquiera sea nombrado deberá tener acceso directo al director ejecutivo de la empresa, y entre sus deberes estarán: la organización de información que habrá de transmitirse desde la dirección a los obreros, inclusive a los que trabajan para subcontratistas; la organización y conducción de programas de formación en seguridad, inclusive capacitación básica de los trabajadores de la obra;

- la investigación y estudio de las circunstancias y causas de accidentes y enfermedades ocupacionales, a fin de aconsejar sobre medidas preventivas;
- prestar servicio de consultoría y respaldo técnico a la comisión de seguridad;
- participar en la planificación previa de la obra.

Para cumplir estas funciones, el encargado de seguridad debe contar con experiencia en la industria y tener una formación adecuada, así como también pertenecer a alguna asociación profesional reconocida de seguridad y salud, en los países en que existan.

11.1.2. Supervisores

La buena organización y planificación de la obra y la adjudicación de responsabilidades claramente definidas a los supervisores, son fundamentales para la seguridad en la construcción. En el presente contexto/'supervisor' se refiere al primer nivel de supervisión que en las obras recibe diversos nombres tales como "capataz", "sobrestante", "encargado", etc.

Cada supervisor requiere el apoyo directo de la dirección de la obra, y dentro de su área de competencia debe asegurarse de que:

- las condiciones de trabajo y el equipo sean seguros;
- se efectúen regularmente inspecciones de seguridad de los sitios de trabajo;
- se haya capacitado adecuadamente a los obreros para el trabajo que deben realizar;
- se cumplan las medidas de seguridad en los sitios de trabajo;
- se adopten las mejores soluciones utilizando los recursos y destrezas disponibles;
- exista y se utilice el equipo de protección personal necesario.

La seguridad de la obra requerirá inspecciones regulares y el suministro de los medios para adoptar medidas correctivas. La capacitación de los obreros les permite

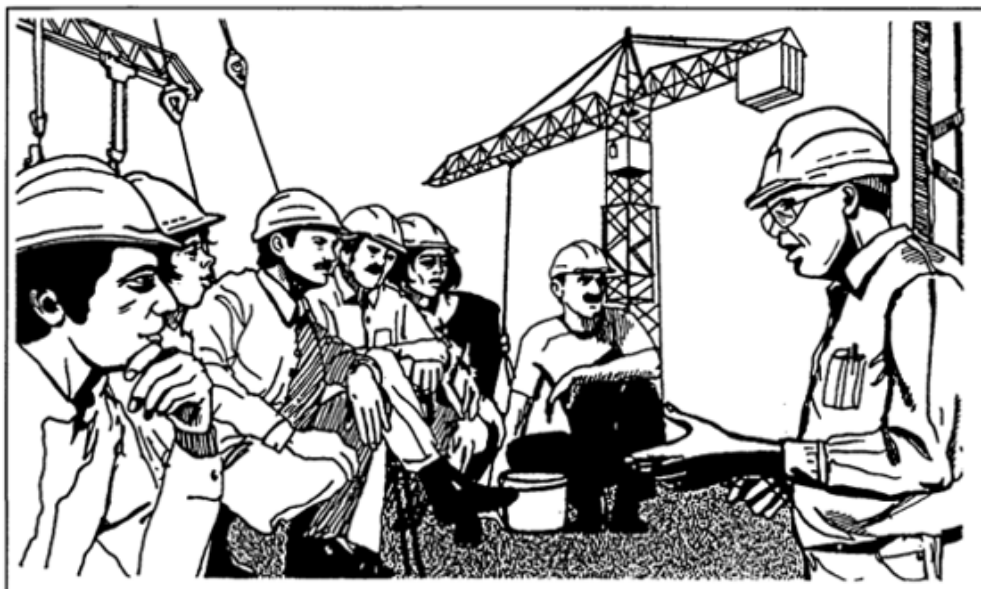
reconocer los riesgos y saber cómo superarlos. Se les debe mostrar la forma más segura de realizar su trabajo.

11.1.3. Trabajadores

Todo trabajador tiene el deber moral, a menudo también legal, de ejercer el máximo cuidado de su propia seguridad y la de sus compañeros. Existen varias maneras de lograr la participación directa de los trabajadores en el acondicionamiento de la obra, como por ejemplo:

- sesiones previas de instrucción (figura 1): reuniones de cinco a diez minutos con los supervisores antes de comenzar la tarea, que dan a estos y a los obreros la oportunidad de considerar los problemas de seguridad que pueden plantearse, y su posible solución. Es una actividad sencilla que puede evitar accidentes graves;
- control de seguridad: prueba que realizan los trabajadores para verificar la seguridad del medio ambiente antes de comenzar una operación, y les permite tomar medidas preventivas para corregir situaciones de riesgo que luego puedan ponerlos en peligro a ellos o a otros obreros.

Figura 1. Las sesiones previas a la tarea deben realizarse en forma regular



11.2. Organismos externos

11.2.1. Intervención del gobierno

En muchos países existen leyes y reglamentos que rigen las condiciones de trabajo en la industria de la construcción. Generalmente son controlados por inspectores de obra o laborales que a menudo también pueden aconsejar sobre su cumplimiento. Sin embargo, hasta en los países mejor reglamentados el número de inspectores es insuficiente para brindar una vigilancia de las obras día a día, aún si esa fuese su obligación.

11.2.2. Acuerdos internacionales

Las leyes y reglamentos nacionales se basan con frecuencia en convenios, acuerdos, declaraciones y programas internacionales, que han sido establecidos por distintos organismos de las Naciones Unidas, entre ellos la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En 1988 la OIT aprobó el Convenio sobre seguridad y salud en la construcción (No. 167) y la correspondiente Recomendación (No. 175), que constituyen un fundamento legal para crear condiciones de trabajo seguras y saludables.

11.3. Sustancia peligrosa

11.3.1. Cemento

Las mezclas de cemento son causa muy conocida de

afecciones de la piel. La proximidad del cemento húmedo puede provocar dermatitis por contacto tanto de tipo alérgico como irritante. La exposición prolongada al cemento fresco (por ejemplo si el obrero trabaja arrodillado o de pie en el cemento) puede causar quemaduras o llagas. Es preciso adoptar las siguientes precauciones:

- Trate de no aspirar polvo de cemento, ni el polvo que se desprende en el pulido de las superficies fraguadas de hormigón, que pueden contener gran cantidad de sílice, usando el adecuado equipo respiratorio protector.
- Proteja su piel con ropa de manga larga y pantalones largos, y botas y guantes de goma cuando sea necesario.
- Proteja sus ojos; si les entra algo de cemento enjuáguelos de inmediato con abundante agua tibia.
- Lave de inmediato el polvo o la mezcla de cemento fresco que se haya adherido a su piel.
- Limpie su ropa y sus botas después de trabajar.

11.4. Equipos de protección personal (EPP)

11.4.1. ¿Por qué es necesario el EPP?

Las condiciones de trabajo en la construcción son tales que pese a todas las medidas preventivas que se adopten en la planificación del proyecto y el diseño de tareas, se necesitará algún tipo de equipo de protección personal (EPP), como por ejemplo cascos, protección de la vista y los oídos, botas y guantes, etc. Sin embargo, el uso de EPP tiene sus desventajas:

- Algunas formas de EPP son incómodas y hacen más lento el trabajo.

- Se necesita mayor supervisión para asegurar que los obreros usen el EPP.
- El EPP cuesta dinero.

Dentro de lo posible, es preferible eliminar el riesgo que proveer el EPP para prevenirlo.

Algunos elementos de EPP como los cascos y el calzado de seguridad son de uso obligatorio en las obras; la necesidad de otros elementos dependerá del tipo de tareas que Vd. realice. Recuerde además que la ropa de trabajo adecuada resguarda la piel.

11.4.2. Protección de la cabeza

Los objetos que caen, las cargas izadas por las grúas y los ángulos sobresalientes se dan por todas partes en una obra en construcción. Una herramienta pequeña o un perno que cae de 10 o 20 m de altura puede causar lesiones graves, hasta la muerte, si golpea a una persona en la cabeza desnuda. Las heridas en la cabeza se producen cuando el obrero trabaja o se desplaza inclinado hacia adelante, o cuando endereza el cuerpo después de haberse inclinado.

Los cascos de seguridad resguardan la cabeza efectivamente contra la mayoría de esos riesgos, y es preciso usar casco constantemente en la obra, sobre todo en las áreas donde se está realizando trabajo más arriba. Dichas zonas deben marcarse claramente con carteles a la entrada y en otros lugares apropiados (figura 2). La regla es válida para administradores, supervisores y visitantes. Deben usarse cascos aprobados según normas nacionales e internacionales. El barbijo sirve para sujetar el casco y hay que utilizarlo cuando sea necesario.

11.4.3. Protección de los pies

Las lesiones de los pies se dividen en dos categorías principales: las causadas por la penetración de clavos que no han sido sacados o doblados en la planta del pie, y las debidas a aplastamiento del pie por materiales que caen. Ambas pueden minimizarse usando calzado protector. La clase de botas o zapatos de seguridad dependerá de la índole del trabajo (por ejemplo, la presencia de agua subterránea en la obra), pero todo el calzado protector debe tener suela impenetrable y capellada con una puntera de acero.

Existe actualmente una gran variedad de calzado de seguridad, como por ejemplo:

- zapatos de cuero bajos y livianos para trepar;
- zapatos o botas de seguridad comunes para trabajo pesado;
- botas altas de seguridad, de goma o plástico, como protección contra las sustancias corrosivas, los productos químicos y el agua.



Figura 2. Zonas de cascos. Todas o casi todas las partes de una obra en construcción deben estar marcadas como zonas donde el uso de casco es obligatorio

11.4.4. Protección de las manos y la piel

Las manos son sumamente vulnerables a las lesiones accidentales, y en la construcción manos y muñecas sufren más lastimaduras que ninguna otra parte del cuerpo. Sufren heridas abiertas, raspaduras, fracturas, luxaciones, esguinces, amputaciones y quemaduras, que en su mayoría son evitables con mejores técnicas y equipo de trabajo manual, y con el uso de equipo protector adecuado como guantes o manoplas.

Entre las tareas riesgosas más comunes que requieren protección de las manos están las siguientes:

- operaciones que obligan al contacto con superficies ásperas, cortantes o serradas;

- contacto con, o salpicaduras de sustancias calientes, corrosivas o tóxicas, como bitumen o resinas;
- trabajo con máquinas vibratorias como perforadoras neumáticas, en las cuales es recomendable amortiguar las vibraciones;
- trabajo eléctrico en tiempo frío y húmedo.

Las afecciones de la piel son muy comunes en la industria de la construcción. La dermatitis por contacto es la más frecuente de ellas: causa picazón y enrojecimiento de la piel, que se vuelve escamosa y agrietada, y puede llegar a impedir el trabajo. El cemento fresco es uno de los principales peligros para la piel, pero también hay otras sustancias agresivas como el alquitrán y la brea, que pueden causar cáncer de piel por exposición prolongada, los diluyentes de pintura, los ácidos para la limpieza de mampostería y las resinas epoxy. Además de guantes, se recomienda el uso de cremas protectoras, camisas de manga larga pantalones largos y botas de goma.

11.4.5. Protección de la vista

Los fragmentos y esquirlas, el polvo o la radiación son causa de muchas lesiones de la vista en las siguientes tareas:

- el picado, corte, perforación, labrado o afirmado de piedra, concreto y ladrillo con herramientas de mano o automáticas;
- el rasqueteado y preparación de superficies pintadas o corroídas;
- el pulido de superficies con rectificadoras a motor;
- el corte y soldadura de metales.

Algunos procesos industriales entrañan también el riesgo de derrame, pérdida o salpicadura de líquidos calientes o corrosivos.

Algunos de estos riesgos se pueden eliminar de modo definitivo por medio de resguardos adecuados en las máquinas, extractores de aire y un mejor diseño de tareas. En muchos casos, como por ejemplo en el corte y labrado de piedra, la protección personal (uso de anteojos de seguridad o visera) es la única solución práctica. A veces los obreros conocen los riesgos que corren y sus consecuencias si sufren daño en los ojos, pero no utilizan protección. Ello se debe a que el equipo elegido les dificulta la visión, es incómodo o no está disponible de inmediato cuando lo necesitan (figura 3).

Figura 3. El equipo protector de la vista debe ser adecuado y cómodo y estar siempre disponible, para incentivar a los obreros a usarlo.



11.4.6. Protección respiratoria

Hay muchas tareas en las obras que acarrearán la presencia de polvos, emanaciones o gases nocivos, tales como:

- el manejo y la trituración de piedra;
- el arenado;
- el desmantelamiento de edificios que tienen aislación de asbesto;
- el corte y soldadura de materiales con revestimientos que contienen zinc, plomo, níquel o cadmio; el trabajo de pintura con pulverizador;
- el dinamitado.

11.4.6.1. Elección de la máscara adecuada

Cuando se sospeche la presencia de sustancias tóxicas en el aire, es preciso usar máscara respiradora. El tipo de máscara dependerá del riesgo y de las condiciones de trabajo, y los obreros deben recibir instrucción acerca de su uso, limpieza y mantenimiento. Las autoridades de salud y seguridad deben brindar información acerca de las distintas clases de respiradores y filtros.

Las máscaras más sencillas son filtros descartables de papel, pero sólo sirven como protección contra polvos molestos.

Hay tres tipos de media máscara con filtros (figura 4):

- para protegerse de las partículas en suspensión en el aire, como por ejemplo, el polvo de piedra, con un filtro grueso dentro del cartucho (nota: esos filtros tienen vida limitada y hay que cambiarlos según las necesidades);

- para protegerse contra gases y vapores, por ejemplo, cuando se usan pinturas que contienen solventes, con un filtro de carbón activado;
- un filtro combinado que tiene filtro de polvo y de gases. Hay que reponer los cartuchos regularmente.

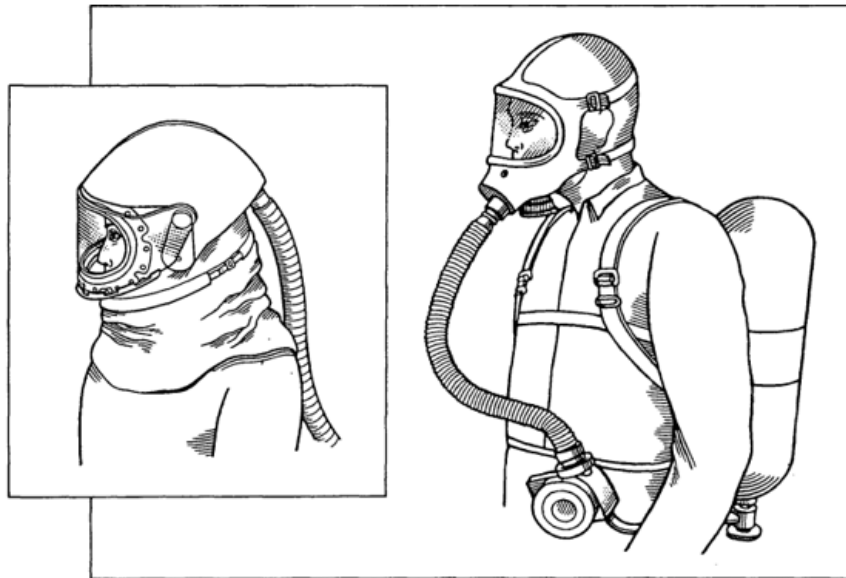
Las máscaras completas, que cubren todo el rostro, también pueden equiparse con estos filtros y proteger además los ojos y la cara.

La mejor protección siempre se consigue con un equipo independiente de respiración, de máscara completa, con presión positiva; se lo debe usar en los espacios cerrados o cuando se piense que el suministro de aire u oxígeno es insuficiente en el sitio de trabajo. El aire puede venir de un compresor con filtro, o de tanques de aire/oxígeno (figura 5). En los climas cálidos, el equipo de máscara completa es el más cómodo porque es de ajuste holgado en torno a la cara y el aire tiene efecto refrescante. Los obreros deben recibir instrucción en el uso de aparatos de respiración, y deben atenerse a las especificaciones del fabricante.

Figura 4. Tres tipos de media máscara con filtros



Figura 5. Aparato respirador independiente con suministro de aire con un compresor o tanques de aire



11.5. Primeros auxilios

Cuando ocurre un accidente en la obra y alguien resulta lesionado, se pueden adoptar las siguientes medidas:

- pedir la ayuda de una persona en la obra que esté capacitada para brindar primeros auxilios, o en casos de lesiones graves, llamar una ambulancia;
- prevenir que otros (Vd. inclusive) sufran percances similares;

- dar primeros auxilios de urgencia, aunque no sea Vd. socorrista entrenado;
- poner a su supervisor al tanto del accidente de inmediato.

11.5.1. Medidas de urgencia

Hay circunstancias en las que no es posible esperar la ayuda de un socorrista capacitado. Es preciso tomar medidas de urgencia para salvar la vida de la persona accidentada. He aquí lo que se puede hacer:

- chequear la respiración: dar vuelta a la persona, si yace boca arriba, y ponerla de lado para que no se ahogue con la lengua; tener cuidado de no causar lesiones cervicales (cuello);
- si la respiración se ha detenido, darle a la persona respiración artificial con el método boca a boca;
- detener las hemorragias ejerciendo presión directa sobre la herida, o levantando el miembro herido (no trate de aplicar torniquete);
- refrescar las quemaduras con agua durante unos diez minutos (nunca usar otra cosa que agua). Apagar las vestimentas que estén ardiendo haciendo rodar a la persona en el suelo o envolviéndola en una manta;
- usar agua abundante para lavar durante diez minutos las quemaduras causadas por sustancias corrosivas, o los ojos contaminados por productos químicos;
- en los estados de shock, acostar a la persona de lado, aflojarle la ropa si es ajustada y cubrirla con una manta para abrirla;
- inmovilizar los miembros fracturados atándolos con vendas y palos, si no hay tablillas adecuadas; hasta un periódico enrollado puede servir.

Lo que no debe hacerse:

- mover a la persona lesionada, a menos que sea para alejarla del peligro;
- sacar objetos extraños incrustados en su cuerpo;
- dar a la persona de beber - sólo mójele los labios o la lengua si se lo pide;
- mover un miembro fracturado;

Los cortes y abrasiones profundos corren riesgo de tétano y requieren atención médica. Las abrasiones o raspaduras significan mayor riesgo de infección que una herida abierta. Luego de detener la hemorragia, lave los cortes y raspaduras cuidadosamente con agua y jabón antes de cubrirlas con vendas. Asegúrese de tener las manos limpias. Lávese siempre las manos con jabón después de terminar.

11.5.2. Equipamiento y capacitación:

Las obras son sitios peligrosos y deben tener siempre equipo de rescate y primeros auxilios. Lo que se necesite dependerá del tamaño de la obra y del número de personas que trabajen en ella, pero debe haber por lo menos un botiquín bien equipado de primeros auxilios, una camilla y mantas. La camilla tiene que ser del tipo que se puede subir y bajar a pisos elevados. En las obras más grandes -y siempre que haya más de 200 personas empleadas- tiene que haber una sala o cobertizo de primeros auxilios, debidamente equipados.

En todas las obras en construcción de cierta importancia, por lo menos una persona de cada turno debe haber recibido formación en primeros auxilios al nivel exigido por la norma nacional.

11.5.3. Desplazamiento de una persona herida

En principio, nunca trate de mover a una persona herida a menos que haya un socorrista o un médico para darle instrucciones. No obstante, si la persona corre el riesgo de nuevas lesiones y hay que llevarla a un sitio seguro, levántela usando una camilla o una manta. Si está Vd. sólo y debe desplazar rápidamente a la persona para sacarla del peligro, arrástrela por la ropa llevando su cabeza hacia adelante.

11.5.4. Investigación

Después de un accidente, en la medida de lo posible deje el equipo de la obra tal como está, de manera que se puedan investigar las causas. Tampoco toque los objetos o implementos que tuvieron que ver con el accidente. Esto es importante para tomar las medidas necesarias para que el percance no se repita.

12.Recomendaciones

12.1. Recomendaciones para el cemento

Aquí tienes algunas recomendaciones relacionadas con las bolsas de cemento:

a) Marca de calidad

Es importante elegir una marca de cemento reconocida y de calidad. Investiga sobre las marcas disponibles en tu área y elige aquella que tenga buena reputación en términos de durabilidad y resistencia.

b) Tipo de cemento

Hay diferentes tipos de cemento disponibles en el mercado, como el cemento Portland ordinario (OPC) y el cemento Portland Pozzolana (PPC). Asegúrate de

elegir el tipo de cemento adecuado para tu proyecto, considerando los requerimientos específicos de resistencia y durabilidad.

c) Almacenamiento adecuado

Las bolsas de cemento deben almacenarse en un lugar seco y elevado del suelo para evitar la absorción de humedad. El contacto con la humedad puede afectar la calidad del cemento y comprometer su resistencia. Procura utilizar las bolsas en el orden en que fueron adquiridas para evitar que se almacenen durante mucho tiempo.

d) Inspección antes de la compra

Antes de comprar las bolsas de cemento, verifica que estén en buen estado. Revisa si hay signos de humedad, como bolsas dañadas, manchas o grumos en el cemento. Opta por bolsas intactas y evita aquellas que parezcan haber sido expuestas a la humedad.

e) Manipulación adecuada

Al mover o transportar las bolsas de cemento, asegúrate de hacerlo con cuidado para evitar dañarlas. Evita golpear o dejar caer las bolsas, ya que pueden romperse y comprometer la calidad del cemento.

f) Mezcla adecuada

Sigue las instrucciones del fabricante en cuanto a la proporción de agua y cemento para obtener una mezcla adecuada. Utiliza herramientas de mezclado

apropiadas, como una hormigonera, para asegurar una distribución uniforme de los materiales.

g) Utiliza el cemento dentro de su vida útil

El cemento tiene una vida útil limitada, por lo que es recomendable utilizarlo dentro de un período determinado, generalmente indicado por el fabricante. Utilizar cemento vencido puede afectar la calidad y resistencia del concreto.

Recuerda que es importante seguir las recomendaciones específicas del fabricante y las normas de construcción de tu país o región. Estas recomendaciones generales te ayudarán a maximizar la calidad y durabilidad del cemento, pero siempre es recomendable consultar fuentes especializadas y profesionales en caso de dudas o proyectos específicos.

12.2. Recomendaciones ambientales

Los materiales utilizados en la construcción suelen estar hechos de sustancias tóxicas que contaminan la capa de ozono y dañan el aire. Además, la producción de estos productos supone un mayor consumo de recursos renovables y no renovables debido a la extracción ilimitada de materias primas y al agotamiento de los recursos fósiles.



Uno de los mayores problemas en cualquier proceso o tarea constructiva, por grande o pequeña que sea, es siempre la aparición de exceso de material. También conocido como "mermas", genera todo tipo de basura, desechos y desechos tóxicos, que a su vez se convierten en algo muy simple: contaminación.

Para combatir y prevenir la reducción del impacto ambiental dentro de este ámbito, es necesario contemplar tres aspectos fundamentales:

- el control del consumo de recursos.
- la reducción de las emisiones contaminantes.
- la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo.

13. Conclusiones

13.1. Tracy del Pilar Arróspide Bernaldo

De acuerdo a todo lo aprendido en este informe, sea las definiciones, clases, tipos, podemos empezar a poder elegir los mejores materiales para una construcción, podemos empezar a analizar, también hemos podido investigar sobre artículos científicos de acuerdo a nuestra carrera y que nos muestran que

podemos ver más allá y empezar a buscar una nueva forma de aplicación a una construcción, que la ciencia nunca termina.

Este informe está hecho para poder aplicarlo a nuestra vida diaria como ingenieros civiles, ver una construcción sea de un puente, edificio, carretera, entre otros, con el fin de analizar sea los materiales que utilizaron o las fallas que tiene y las cuales podríamos solucionar, tener en cuenta aspectos como la localización, tipo de suelo, el material empleado o el material que deberían de utilizar, medidas, cálculo, diseño de mezclas, todo en general.

Este informe también pudimos adicionar nuestro propio material número 1 de Química, demostrando que nuestros informes van a ir evolucionando, añadiendo más información, todo se conecta en estos informes.

Aprendimos de las Normas Técnicas Peruanas y con ello podemos cuestionarnos si realmente las construcciones en nuestro país siguen esas normas y si en caso no las siguen, nosotros mostraremos el cumplimiento de estas, con el fin de dar la mayor seguridad a las familias que estén y compartan en esa edificación.

13.2. Braulio Rubén Bulege Utrilla

Para concluir este informe podemos decir que el uso del cemento y el asfalto en la ingeniería civil ha sido fundamental para el desarrollo y la construcción de infraestructuras en todo el mundo. Ambos materiales ofrecen características y propiedades únicas que los hacen adecuados para diferentes aplicaciones.

El cemento, especialmente en su forma de concreto, ha sido ampliamente utilizado en la construcción de estructuras duraderas, como edificios, puentes y presas. Su resistencia, versatilidad y disponibilidad lo convierten en un material indispensable en la ingeniería civil. Además, el cemento es un

recurso sostenible, ya que puede ser reciclado y reutilizado en otros proyectos, lo que contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Por otro lado, el asfalto se ha convertido en el material predominante para la construcción de carreteras y pavimentos en todo el mundo. Su capacidad para soportar cargas pesadas, resistir el desgaste y adaptarse a diferentes condiciones climáticas lo hacen ideal para proporcionar superficies de rodadura seguras y duraderas. Además, el asfalto es un material flexible, lo que permite la construcción de carreteras y calles que se adaptan a los movimientos del suelo, evitando deformaciones y grietas.

Por lo tanto, es importante tener en cuenta que tanto el cemento como el asfalto tienen impactos ambientales significativos. La producción de cemento genera emisiones de dióxido de carbono, contribuyendo al cambio climático, mientras que la extracción y refinación del petróleo para producir asfalto también tiene impactos negativos en el medio ambiente. Es fundamental que la industria de la ingeniería civil trabaje en el desarrollo de alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente.

Para terminar, el uso del cemento y el asfalto en la ingeniería civil ha sido esencial para la construcción de infraestructuras sólidas y duraderas. A pesar de sus impactos ambientales, estos materiales continúan siendo indispensables en la actualidad. Sin embargo, es necesario seguir investigando y promoviendo alternativas más sostenibles para reducir su impacto en el medio ambiente y garantizar un desarrollo más sostenible en el futuro.

13.3. Milenka Margot Apumayta Castro

De acuerdo al informe de tipos de asfalto, se da a conocer como conclusión a lo siguiente:

Para mejorar la resistencia de los asfaltos, es mejorar las características del mismo, ellos se consiguen modificando el

asfalto con otros materiales que mejoren el comportamiento de este material, como es el caso de los polímeros, lo cual es origen a nuevos asfaltos denominado asfaltos modificados.

Las emulsiones y los asfaltos son de gran importancia en el mundo de la construcción y principalmente en el medio carretero, la cuestión de obtener buenos resultados en su uso, se basa en el correcto apego a las normas que rigen su fabricación, transporte, mezclado y aplicación de los mismos..

13.4. Jonathan Jesús Abanto Adrianzen

Después de llevar a cabo una exhaustiva investigación sobre el asfalto y la aplicación de aditivos en este material, me complace presentar esta conclusión que resume los hallazgos clave y las implicaciones de nuestro informe.

El asfalto, como material ampliamente utilizado en la construcción de carreteras y pavimentos, ha demostrado ser altamente versátil y duradero. Sin lugar a dudas, el asfalto es uno de los materiales más fundamentales y ampliamente utilizados en la construcción de infraestructuras viales. Su capacidad para resistir cargas pesadas, su durabilidad y su facilidad de aplicación lo convierten en una elección popular en proyectos de pavimentación y carreteras. El asfalto es el elemento vital que conecta ciudades, facilita el transporte de bienes y personas, y desempeña un papel crucial en el desarrollo económico de una región.

A lo largo de los años, el asfalto ha evolucionado en respuesta a los desafíos presentados por las condiciones climáticas cambiantes y las necesidades de un tráfico cada vez mayor. La investigación y la innovación en este campo han llevado al desarrollo de diferentes tipos de asfalto, como el modificado con polímeros o el caucho reciclado, con propiedades mejoradas que se adaptan a situaciones específicas. Estas mejoras han

permitido la construcción de carreteras más resistentes, duraderas y seguras.

Sin embargo, incluso con sus propiedades mejoradas, el asfalto sigue siendo vulnerable a factores como el envejecimiento, la fatiga y los daños causados por el clima y la carga constante. Aquí es donde la aplicación de aditivos en el asfalto se vuelve relevante y emocionante. Los aditivos son una forma de mejorar aún más las características del asfalto, superando sus limitaciones y abriendo nuevas posibilidades para su rendimiento y longevidad.

La aplicación de aditivos en el asfalto ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la resistencia, la elasticidad, la cohesión y la capacidad de carga del material. Los aditivos poliméricos, en particular, han mostrado resultados prometedores al fortalecer la estructura del asfalto y hacerlo más resistente al agrietamiento y al envejecimiento. Esto se traduce en carreteras más duraderas que requieren menos mantenimiento y reparación a lo largo del tiempo.

Además de su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas del asfalto, los aditivos también juegan un papel importante en su respuesta a las condiciones climáticas. Los aditivos modificadores de viscosidad pueden hacer que el asfalto sea más resistente a altas temperaturas, evitando su deformación y ablandamiento excesivos. Por otro lado, los aditivos mejoradores de adherencia garantizan un mejor agarre de los neumáticos incluso en condiciones de lluvia intensa, lo que mejora significativamente la seguridad vial.

Es importante destacar que la aplicación de aditivos en el asfalto no solo busca mejorar su rendimiento, sino también abordar preocupaciones ambientales y de sostenibilidad. Los aditivos de caucho reciclado, por ejemplo, ofrecen una forma de reutilizar materiales desechados, reduciendo así la cantidad de

neumáticos desechados en vertederos y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales.

En conclusión, el asfalto es un elemento esencial en la construcción de infraestructuras viales y su continua mejora es vital para garantizar la durabilidad y la seguridad de nuestras carreteras. La aplicación de aditivos en el asfalto ofrece una solución prometedora para superar las limitaciones del asfalto convencional y mejorar su rendimiento en términos de resistencia, durabilidad y respuesta a las condiciones climáticas. Los aditivos, como los polímeros y los materiales reciclados, han demostrado ser eficaces para fortalecer la estructura del asfalto, prevenir el agrietamiento y el envejecimiento, y garantizar un mejor agarre de los neumáticos.

Al adoptar estratégicamente la aplicación de aditivos en proyectos de construcción de carreteras y pavimentos, podemos esperar una notable mejora en la calidad y la vida útil de nuestras infraestructuras viales. Esto se traduce en carreteras más seguras y eficientes, reducción de costos de mantenimiento a largo plazo y una menor huella ambiental.

A medida que continuamos avanzando en la investigación y la aplicación de aditivos en el asfalto, es importante seguir evaluando y adaptando nuestras prácticas para garantizar un equilibrio entre el rendimiento mejorado y la sostenibilidad. Los estudios de viabilidad económica, el análisis de ciclo de vida y la consideración de las condiciones y necesidades específicas de cada proyecto son fundamentales para una implementación exitosa.

En resumen, la aplicación de aditivos en el asfalto ofrece una oportunidad emocionante para superar las limitaciones del material convencional y mejorar su rendimiento en términos de resistencia, durabilidad y respuesta a las condiciones climáticas. Con una selección adecuada de aditivos y una implementación estratégica, podemos construir carreteras más seguras, duraderas

y sostenibles que impulsen el desarrollo económico y mejoren la calidad de vida de las personas. La investigación y la innovación en este campo continúan abriendo nuevas posibilidades y desafíos, y es fundamental seguir explorando y aplicando estas soluciones para un futuro vial mejorado y más resiliente.

13.5. Jhonny Adrián Arca Rujel

En conclusión, tanto el cemento como el asfalto son materiales ampliamente utilizados en la construcción y pavimentación de infraestructuras. Cada uno de ellos tiene características y aplicaciones específicas.

El cemento es un material utilizado principalmente en la construcción de estructuras de concreto, como edificios, puentes y carreteras. Se obtiene mediante la mezcla de caliza, arcilla y otros materiales en un horno a altas temperaturas. El cemento hidratado forma una pasta que, al endurecer, se convierte en concreto resistente y duradero. Es un material ideal para soportar cargas pesadas y proporcionar resistencia a la compresión.

El asfalto, también conocido como betún o alquitrán, se utiliza principalmente en la pavimentación de carreteras y calles. Se obtiene mediante la destilación del petróleo crudo y se mezcla con agregados pétreos (grava, arena) para formar la mezcla asfáltica. El asfalto proporciona una superficie lisa y resistente a la intemperie, capaz de soportar el tráfico vehicular. Además, su flexibilidad permite adaptarse a las deformaciones causadas por cambios de temperatura.

Ambos materiales tienen ventajas y desventajas según su aplicación específica. El cemento es adecuado para estructuras de concreto, proporcionando resistencia y durabilidad, pero puede ser más costoso y requerir más tiempo de fraguado. Por otro lado, el asfalto es más flexible y rápido de aplicar en pavimentos, pero puede requerir un mantenimiento más frecuente debido al desgaste y a las condiciones climáticas.

En resumen, el cemento es ideal para construcciones de concreto y estructuras que requieren resistencia, mientras que el asfalto es adecuado para la pavimentación de carreteras y calles, brindando una superficie lisa y duradera. La elección entre ambos materiales dependerá de las necesidades y requerimientos específicos de cada proyecto de construcción o pavimentación.

14. Referencias bibliográficas

Aditivos – CAH Asfaltos. (s/f). Cahasfaltos.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <https://cahasfaltos.com/aditivos/>

Aditivos La Modificacion del Asfalto. (s/f). E-asfalto.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <http://www.e-asfalto.com/aditivos/aditivos.htm>

Ángel, M., Barbudo, S., & Chinchón, S. (s/f). Core.ac.uk. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>

Arquitectura, A. (2012, diciembre 2). *Tipos de asfalto*. Portal de arquitectura Arqhys.com; Manuel V. <https://www.arqhys.com/arquitectura/asfalto-tipos.html>

Asfalto. (s/f). Ferrovial. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <https://www.ferrovial.com/es/recursos/asfalto/>

Asfalto Natural. (s/f). Construmatica.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

https://www.construmatica.com/construpedia/Asfalto_Natural

Asfaltos Modificados. (s/f). E-asfalto.com. Recuperado el 2 de julio de

2023, de <http://www.e-asfalto.com/modificados/modificados.htm>

Asfaltos modificados. (2021, octubre 24). TDM Perú.

<https://www.tdm.com.pe/products-asfaltos-asfaltos-modificados/>

Bayona, F. A. O. (2017). *CURSO BASICO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA INGENIEROS CIVILES UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL*.

https://www.academia.edu/34894460/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES_UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIERIA_FACULTAD_DE_INGENIERIA_CIVIL

¿Cómo se fabrica la mezcla asfáltica? | *El Caminero Vlogs*. (2022, abril 8).

Componentes y procesos químicos Del cemento. (s/f). Docplayer.Es.

Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://docplayer.es/20734479-Componentes-y-procesos-quimicos-del-cemento.html>

De capacitación, M. (s/f). *Seguridad, salud y bienestar en las obras de construcción*. Ilo.org. Recuperado el 2 de julio de 2023, de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/instructionalmaterial/wcms_218620.pdf

De la cocción, E. F. P. la M. C. del P. R., & Sinterización, H. (s/f). *Composición del cemento Portlan.-.* Upv.es. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <http://personales.upv.es/fbardisa/Pdf/Composici%C3%B3n%20Cementos.PDF>

Ecoasfaltadm, P. (2018, febrero 15). *¿Cómo es el proceso de fabricación de pavimento asfáltico?* Ecoasfalt. <https://www.ecoasfalt.es/como-es-el-proceso-de-fabricacion-de-pavimento-asfaltico/>

Elementos constructivos. (2015, marzo 31). ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS. <https://cementoyasfalto.wordpress.com/2015/03/31/proceso-de-produccion-de-mezcla-asfaltica/>

Encofrados. (2022, noviembre 2). *Materiales o Ligantes Asfálticos*.

Encofrados.org; Encofrados.

<https://encofrados.org/materiales-o-ligantes-asfalticos/>

IMPACTO AMBIENTAL DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN. (s/f).

Cmicac.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://cmicac.com/2018/12/13/impacto-ambiental-durante-el-proceso-de-construccion/>

Inacal establece requisitos para el almacenamiento y transporte del

cemento envasado o a granel. (s/f). Gob.pe. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/602389-inacal-establece-requisitos-para-el-almacenamiento-y-transporte-del-cemento-ensado-o-a-granel>

Instituto Nacional de Calidad. (s/f). Gob.pe. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.gob.pe/institucion/inacal/informes-publicaciones/1515837-listado-de-normas-tecnicas-peruanas-que-se-encuentran-referidas-en-dispositivos-de-caracter-obligatorio>

Item Type, info:eu-repo/semantics/bachelor Thesis Authors, Pacheco, F.,

Nehme, R. T., & Eduardo, M. (s/f). *Aplicación de herramientas Lean Construction para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en el sector económico A/B en Lima*. Edu.pe.

Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337140/Tesis%20Ing.%20Civil%20Tolmos%20Figueroa.pdf?sequence=1>

Las desventajas de asfalto. (s/f). Journalisimo.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de <https://www.journalisimo.com/XYELQnAR/>

Maquinaria pavimentos asfálticos. (s/f). Slideshare.net. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://es.slideshare.net/construccionpesada1/maquinaria-pavimentos-asfálticos-40616358>

natural. (2021, agosto 26). *Qué máquinas para el asfalto utilizamos*.

Asfaltos y Construcciones Involucra, S.L.

<https://www.involucrasl.es/que-maquinas-para-el-asfalto-utilizamos/>

Online, C. (s/f). *Información técnica de los Aditivos para asfaltos*.

Cosmos Online. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.cosmos.com.mx/wiki/aditivos-para-asfaltos-cx4x.html>

Piqué, T. M., & Vázquez, A. (2012). No title. Org.mx.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-30112012000100004&script=sci_abstract&lng=pt

PRODUCCION DE MEZCLAS ASFALTICAS, COMO SE HACE? (2018, noviembre 2).

¿Qué maquinaria se utiliza para la construcción de calles y carreteras? (2023, marzo 27). EasyAlquiler.

<https://easyalquiler.com/blog/que-maquinaria-se-utiliza-para-la-construccion-de-calles-y-carreteras/>

Reglamento, N. (s/f). "REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES"

INDICE. Org.pe. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<http://www.capregionalaqp.org.pe/document/REGLAMENTO-NACIONAL-DE-EDIFICACIONES-ACTUALIZADO-02-MAYO-2019-V.pdf>

Suárez, E. (2019, agosto 12). *El Asfalto - Usos y sus Características*.

IngeCivil; admin.

<https://www.ingecivil.net/2019/08/12/el-asfalto-usos-y-sus-caracteristicas/>

Tipos de cementos y morteros. (s/f). Chryso.Es. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.chryso.es/news/364/Tipos+de+cementos+y+morteros>

Tipos de ligantes asfálticos y sus aplicaciones en pavimentos flexibles.
(2020, abril 4).

Vise, C. (s/f-a). [Infografía] *Breve historia del asfalto.* Com.mx.

Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://blog.vise.com.mx/infografia-breve-historia-del-asfalto>

Vise, C. (s/f-b). *Usos más comunes del asfalto en ingeniería.* Com.mx.

Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://blog.vise.com.mx/ usos-m%C3%A1s-comunes-del-asfalto-en-ingenier%C3%ADa>

Wikipedia contributors. (s/f). *Asfalto.* Wikipedia, The Free Encyclopedia.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Asfalto&oldid=15163109>

(S/f-a). Geologiaweb.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

https://geologiaweb.com/materiales/asfalto/#Tipos_de_asfalto_y_sus_componentes

(S/f-b). Arkiplus.com. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.arkiplus.com/ventajas-del-asfalto/>

(S/f-c). Gob.pe. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3241618/NORMAS%20OBLIGATORIAS%202023%20-%20FEBRERO.pdf.pdf?v=1677182769>

(S/f-d). Gob.pe. Recuperado el 2 de julio de 2023, de

<https://www.indecopi.gob.pe/documents/51771/7911673/Reporte+sobre+Mercado+de+Adquisici%C3%B3n+de+Cemento/01b2dc19-6ffe-7a69-2b55-f0f12000df33>