

EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE
PEGANTES EN LA EMPRESA PEGAFORD

ELIAS SEBASTIAN FORERO CAMACHO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2015

EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE
PEGANTES EN LA EMPRESA PEGAFORD

ELIAS SEBASTIAN FORERO CAMACHO

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Químico

Directora:
PhD. DEBORA ALCIDA NABARLATZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA

2015

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen, por tantas bendiciones recibidas en este camino de aprendizaje, ya que a pesar de la soledad y las adversidades siempre la ayuda divina y celestial estuvo en mi vida por encima de todo.

A mis padres Ehas y Estella, que formaron en mi un ser con valores y principios fundamentales para salir adelante, encontrar mi felicidad, cumplir todos mis sueños y ser consciente de que soy el fruto de todos los esfuerzos y sacrificios que ellos hacen diariamente.

A mi hermano Julián, que a la distancia estuvo siempre pendiente de mí y a pesar de su corta edad, sus palabras de apoyo, cariño y sus ganas de verme en cada tiempo de vacaciones, fortalecieron mis ansias de continuar con mi proyecto de vida y formación personal.

A mi novia Viviana, aunque llegaste un poco sobre el tiempo en mi vida, eres la luz de mis ojos y la dueña de mis ilusiones, no tengo palabras para expresarte realmente cuanto te quiero, pero si te puedo decir sin temor a equivocarme que eres la respuesta a muchas oraciones y por eso quiero tenerte para siempre junto a mí. Este triunfo también es para ti amor de mi vida.

A mis amigos, parceros y compañeros Leonardo, Jorge, Dixon, Edwar, ya que gracias a sus cualidades y carismas, encontré en ellos personas de mucho valor, en las cuales siempre podré confiar y por ende un pedacito de ustedes hace parte de mi personalidad y estoy seguro de que más adelante nos volveremos a encontrar. Este triunfo también es para ustedes amigos del alma.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa PEGAFORD y en especial a mi padrino Alberto por tantas enseñanzas y consejos recibidos durante el desarrollo de la práctica.

A la escuela de Ingeniería química y a la Universidad Industrial de Santander por toda la formación académica y moral recibida durante esta etapa de mi vida.

A mi directora DEBORA ALICIA NABARILAZ, por todo su apoyo, dedicación y colaboración.

A todas las personas que han estado en mi vida y que directa o indirectamente me han apoyado y han creído en mí.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. OBJETIVOS.....	16
2. MARCO REFERENCIAL	17
2.1 PANORAMA NACIONAL Y MUNDIAL DEL SECTOR CERÁMICO.....	17
2.1.1 Descripción de PEGAFORD	17
2.1.2 Materias primas para la producción de pegantes	18
2.1.3 Descripción detallada del proceso productivo de pegantes	19
3. METODOLOGÍA	21
3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS.....	21
3.2 PROPUESTA PARA LA FORMULACIÓN DE PEGANTE	21
3.2.1 Propuesta para la formulación de pegante cerámico.....	21
3.2.2. Propuesta para la formulación de pegante porcelánico	22
3.2.3 Propuesta para la formulación de boquilla epóxica.....	23
3.3 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	23
3.3.1 Tiempo de Fraguado.....	23
3.3.2. Absorción de agua	24
3.3.3. Deslizamiento en superficies verticales	24
3.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS NUEVOS PRODUCTOS DE PEGAFORD Y LOS PRODUCTOS DE LAS EMPRESAS LÍDERES DEL MERCADO NACIONAL.....	24
3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN	25
4. RESULTADOS.....	26
4.1 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DEL PEGANTE CERÁMICO-PORCELÁNICO Y BOQUILLA EPÓXICA	26
4.1.1 Recopilación de datos.....	26
4.1.2 Propuestas para la formulación de pegantes.....	28

4.1.3 Determinación de las propiedades físicas y químicas de los pegantes formulados	32
4.1.4 Comparación entre los nuevos productos de PEGAFORD y los productos de las empresas líderes del mercado nacional	35
4.2 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DEL PEGANTE CERÁMICO-PORCELÁNICO Y BOQUILLA EPÓXICA	38
4.2.1 Inversión.	38
4.2.2 Costos de operación.	39
4.2.3 Evaluación económica.	39
5. CONCLUSIONES	42
6. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44
BIBLIOGRAFIA	48
ANEXOS	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de producción en la empresa PEGAFORD.	20
Figura 2. Diagrama ternario de composiciones para el pegante cerámico gris.	29
Figura 3. Diagrama ternario de composiciones para el pegante cerámico blanco.	30
Figura 4. Diagrama ternario de composiciones para el pegante porcelánico.	31
Figura 5. Diagrama ternario de composiciones para la boquilla epóxica.	32

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química para la fabricación de 100 Kg de pegante en PEGAFORD.	26
Tabla 2. Datos de producción en la planta de procesamiento.	28
Tabla 3. Datos de consumo y costos de materias primas.	28
Tabla 4. Composición química propuesta para la fabricación de 100 Kg de pegante cerámico gris.	29
Tabla 5. Composición química propuesta para la fabricación de 100 Kg de pegante cerámico blanco.	30
Tabla 6. Composición química propuesta para la fabricación de 100 Kg de pegante porcelánico.	31
Tabla 7. Composición química propuesta para la fabricación de 100 Kg de boquilla epóxica.	32
Tabla 8. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para cada tipo de pegante	33
Tabla 9. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.	36
Tabla 10. Datos obtenidos en la prueba de absorción de agua para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.	37
Tabla 11. Datos obtenidos en la prueba de deslizamiento en superficies verticales para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.	38
Tabla 12. Inversión Total	38
Tabla 13. Costos de operación	39
Tabla 14. Comportamiento de la inflación	39

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Descripción de las materias primas para la producción de pegantes	52
Anexo B. Etapas de proceso para la producción de pegantes	59
Anexo C. Descripción detallada de los análisis para la determinación de las propiedades físicas y químicas de los pegantes	62
Anexo D. Resultados que evalúan las propiedades físicas y químicas de los pegantes propuestos en PEGAFORD	66
Anexo E. Resultados que evalúan las propiedades físicas y químicas de los pegantes elaborados por la competencia	74
Anexo F. Cálculo de la Inversión	78
Anexo G. Costos de la producción de pegantes en la empresa PEGAFORD	82
Anexo H. Resultados Financieros de la producción de pegantes	85

RESUMEN

TÍTULO:

EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PEGANTES EN LA EMPRESA PEGAFORD*

AUTOR:

ELIAS SEBASTIAN FORERO CAMACHO**

PALABRAS CLAVES:

Estandarización; pegantes cerámicos; formulación química, estudio técnico; estudio económico; competencia, mercados.

DESCRIPCIÓN:

Se realizó la evaluación técnico-económica para realizar la estandarización de los pegantes cerámico gris, cerámico blanco, porcelánico y boquilla epóxica fabricados por la empresa PEGAFORD, con el objeto de mejorar las falencias que se presentan a nivel comercial por la falta de competitividad de sus productos, lo que genera una disminución progresiva en las utilidades del negocio. Por tanto, se deben obtener productos químicamente mejorados que logren competir con los precios del mercado vigente.

El documento inicia con la conceptualización del marco de referencia para contextualizar al lector sobre el sector de la construcción, la empresa PEGAFORD, las características más relevantes de los pegantes cerámicos y la descripción detallada del proceso productivo; siguiendo con la recopilación de datos de producción y consumo de materias primas, con el fin de proponer diferentes formulaciones químicas que permitan la determinación y evaluación de propiedades fisicoquímicas fundamentales para estos productos, tales como: tiempo de fraguado, absorción de agua y deslizamiento en superficies verticales.

Posteriormente, se procede a gestionar la comparación técnica entre los productos formulados y los productos elaborados por empresas con alto prestigio nacional, como lo son: PEGAMASTER y SIKA COLOMBIA para luego desarrollar el estudio económico y financiero que permita evaluar el grado de factibilidad y sostenibilidad del proyecto.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: PHD, Debora Alcida Nabarlatz

ABSTRACT

TITLE:

TECHNICAL-ECONOMIC ASSESSMENT FOR STANDARDIZATION OF ADHESIVES IN THE COMPANY PEGAFORD*

AUTHOR:

ELIAS SEBASTIAN FORERO CAMACHO**

KEYWORDS:

Standardization; ceramic adhesives; chemical formulation, technical study; economic study; competition; markets.

DESCRIPTION:

The technical and economic evaluation was performed for the standardization of ceramic glue gray, white ceramic, porcelain and epoxy nozzle manufactured by PEGAFORD, in order to improve the shortcomings presented commercially by the lack of competitiveness of their products, leading to a progressive decline in business profits. Therefore they must be obtained chemically enhanced products that achieve compete with current market prices.

The document begins with the conceptualization of the framework to contextualize the reader about the construction sector, the company PEGAFORD, the most important characteristics of ceramic adhesives and detailed description of the production process; Following data collection production and consumption of raw materials, in order to propose different chemical formulations that enable the identification and assessment of key physical and chemical properties for these products, such as setting time, water absorption and sliding surfaces vertical.

Then it proceeds to manage the technical comparison between formulated products and products made by companies with high national prestige, such as: PEGAMASTER and SIKA COLOMBIA then develop the economic and financial study to evaluate the degree of feasibility and sustainability draft.

* Degree project

** Faculty Physics-Chemicals Engineering. School of Chemical Engineering. Director: PHD, Debora Alcida Nabarlatz

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria cerámica es un campo prometedor a corto y largo plazo que propende por la realización de nuevos estudios para la creación de diversos productos, bajo el uso de la tecnología moderna. En primera instancia, la cerámica se produce en todo el mundo y su evolución está determinada por las características especiales de la industria, como lo son: la cultura, el conocimiento y la ubicación. Por otro lado, la cerámica está vinculada a las actividades humanas y se ha desarrollado a la par con la sociedad. Este hecho, junto con el crecimiento en la demanda de los productos cerámicos, estimula la competencia, basada en las características locales, tales como: la abundancia y calidad de materias primas, mano de obra y las fuentes de energía o conocimiento. Finalmente, los productos cerámicos artesanales se han convertido en productos industriales, fabricados en plantas de alta tecnología, basadas en la innovación, la calidad y el diseño [1].

La empresa PEGAFORD está dedicada a la manufactura de productos elaborados y semielaborados para la construcción dentro de los cuales su principal línea de productos son los pegantes cerámicos. En la zona de Boyacá y los llanos orientales la línea de pegantes cerámicos le aporta a la cifra total de ventas el 80%; mientras que otros complementos como boquillas y estucos plásticos aportan el 20% [2].

El mercado de los adhesivos cerámicos ha sido en los últimos años altamente competitivo en precios, por lo que la empresa ha tenido que hacer grandes esfuerzos por sostener los precios, debido principalmente a los elevados costos de las materias primas.

En este sentido, la empresa busca mejorar sus productos con el fin de cubrir las necesidades del mercado, mediante la implementación de nuevas formulaciones químicas en su proceso productivo. Esto se debe a que en dicha empresa, se

presentan falencias a nivel comercial por la falta de competitividad de sus productos, generando así una disminución progresiva en las utilidades del negocio.

Para ello, se plantea la estandarización de cada producto (pegante cerámico gris, pegante cerámico blanco, pegante porcelánico y boquilla epóxica), realizando tres formulaciones diferentes, que permitan determinar y evaluar sus propiedades fisicoquímicas (Tiempo de fraguado, Absorción de agua y Deslizamiento en superficies verticales) con el fin de obtener las principales características de una formulación óptima para cada tipo de producto y así poder aumentar la producción mediante el cambio del equipo mezclador que se utiliza actualmente en el proceso productivo. Esto traerá un beneficio económico para la empresa, debido a que se obtendrán productos químicamente mejorados que logren competir con los precios del mercado vigente.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer diferentes alternativas para la estandarización de cada uno de los productos fabricados en la empresa PEGAFORD, con el fin de mejorar sus propiedades fisicoquímicas, aumentar la capacidad de producción y promover su incursión en el mercado.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo del proceso utilizado por la empresa PEGAFORD, para la fabricación de pegante cerámico-porcelánico y boquilla epóxica.
- Proponer una serie de formulaciones químicas, que permitan esquematizar un diagrama ternario de composiciones para cada producto.
- Determinar y evaluar las principales propiedades fisicoquímicas de los pegantes cerámicos, tales como: Tiempo de fraguado, Absorción de agua y Deslizamiento en superficies verticales.
- Comparar los productos obtenidos en cada formulación, con productos fabricados por empresas de alto prestigio y aceptación en el mercado nacional.
- Evaluar el impacto económico de la estandarización de cada producto, como una nueva alternativa de ahorro económico tanto para la empresa como para el consumidor.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 PANORAMA NACIONAL Y MUNDIAL DEL SECTOR CERÁMICO

En el año 2014, el sector cerámico en el país creció un 10,43%. Esto se debe a que la construcción, específicamente el subsector de las edificaciones en el que participa la industria cerámica, creció el 5,4%. Otro factor que lo benefició fue el aumento en las exportaciones a países de la región andina y Estados Unidos, en objetos utilizados en construcción y remodelación, que aumentaron 20,7% con respecto a 2013. Las exportaciones a Venezuela crecieron 53%, a Estados Unidos 18% y a Ecuador 16%. Para desligarse de la volatilidad del ciclo de la construcción doméstica, las empresas líderes del sector, como Corona, Sika Colombia, Cerámica Italia, Alfagrés, Pegamaster Locería Colombiana, Ladrillera Santafé, Colombit y Eurocerámica, tienen un claro interés exportador que han podido concretar por la eficiencia en su producción, ubicando al sector cerámico como una de las mejores proyecciones en el país [2].

2.1.1 Descripción de PEGAFORD. La empresa PEGAFORD es una de las más destacadas del sector cerámico en el departamento de Boyacá, la cual está especializada en la producción, procesamiento y comercialización de yeso y pegante cerámico-porcelánico.

Esta compañía nace en el año 2009 en la ciudad de Sogamoso; actualmente la empresa cuenta con 10 empleados y está enfocada en el proceso de fabricación de pegante cerámico-porcelánico, desde la extracción de la arena sílice (materia prima) hasta el almacenamiento y distribución final de producto.

Este proceso comienza en los yacimientos de arena donde se extrae la arena sílice que posteriormente es llevada a la planta procesadora. En este lugar, se lleva a

cabo el proceso de tamizado, por medio de una máquina tamizadora que posee una batería de siete tamices ordenados de forma descendente con respecto a la abertura de malla. Debido al movimiento oscilatorio que realiza un eje sobre la máquina, se obtiene el producto final, con el fin de clasificarlo en las diferentes granulometrías permitidas por la Norma NTC 77 [3]. Esta planta cuenta con una capacidad de producción de 20 Ton/Día.

Asimismo, PEGAFORD cuenta con una bodega para el almacenamiento de materias primas, procesamiento y almacenamiento de pegantes con una capacidad de 16 Ton/Día; esta cadena productiva se encuentra ubicada en diferentes veredas aledañas al municipio de Sogamoso.

2.1.2 Materias primas para la producción de pegantes. Los pegantes cerámicos son mezclas en polvo producidas a partir de formulaciones químicas a base de cemento, arena sílice y aditivos especiales que lo convierten en un pegamento ideal para la colocación de productos cerámicos, pavimentos, mármol, granito, revestimientos, azulejos, etc. Entre los aditivos especiales se encuentran éteres de celulosa y polvos de polímeros redispersables, siendo estos los productos claves que mejoran el rendimiento de los pegantes cerámicos para cualquier aplicación en el sector de la construcción.

Los pegantes cerámicos son de fácil aplicación, ofrecen gran rendimiento, tienen mejor adherencia y mayor impermeabilidad que un mortero de cemento común, no son tóxicos, no manchan y se pueden limpiar fácilmente con agua. Además, permiten realizar correcciones de posicionamiento debido a su lento fraguado inicial y posibilitan la colocación de cerámicas sobre superficies porosas como el concreto o superficies poco porosas como azulejos y cerámicas colocadas anteriormente. Debido a su gran capacidad humectante, al utilizar este tipo de pegantes, no es necesario mojar previamente la cerámica para su instalación. El tipo de pegante cerámico varía su composición según el material a pegar y la superficie sobre la

cual se colocan las cerámicas. Para conocer con más detalle las características de las materias primas utilizadas en la fabricación de pegantes cerámicos, ver anexo A.

2.1.3 Descripción detallada del proceso productivo de pegantes. Actualmente, en la empresa se producen cuatro productos principales, como lo son: pegante cerámico gris, pegante cerámico blanco, pegante porcelánico y boquilla epóxica.

El pegante cerámico elaborado en PEGAFORD está formulado a base de cemento (gris y blanco), arena sílice (amarilla y blanca) y aditivos químicos que son el resultado de la más avanzada tecnología en el uso de éteres celulósicos y resinas. Este producto ofrece una elevada capacidad de retención de agua, permite un control preciso de reología, lo que mejora su manipulación y resistencia a deslizamientos. Además, permite estabilizar el aire incorporado, aumenta la adherencia en diversos sustratos y posibilita un incremento en el tiempo abierto.

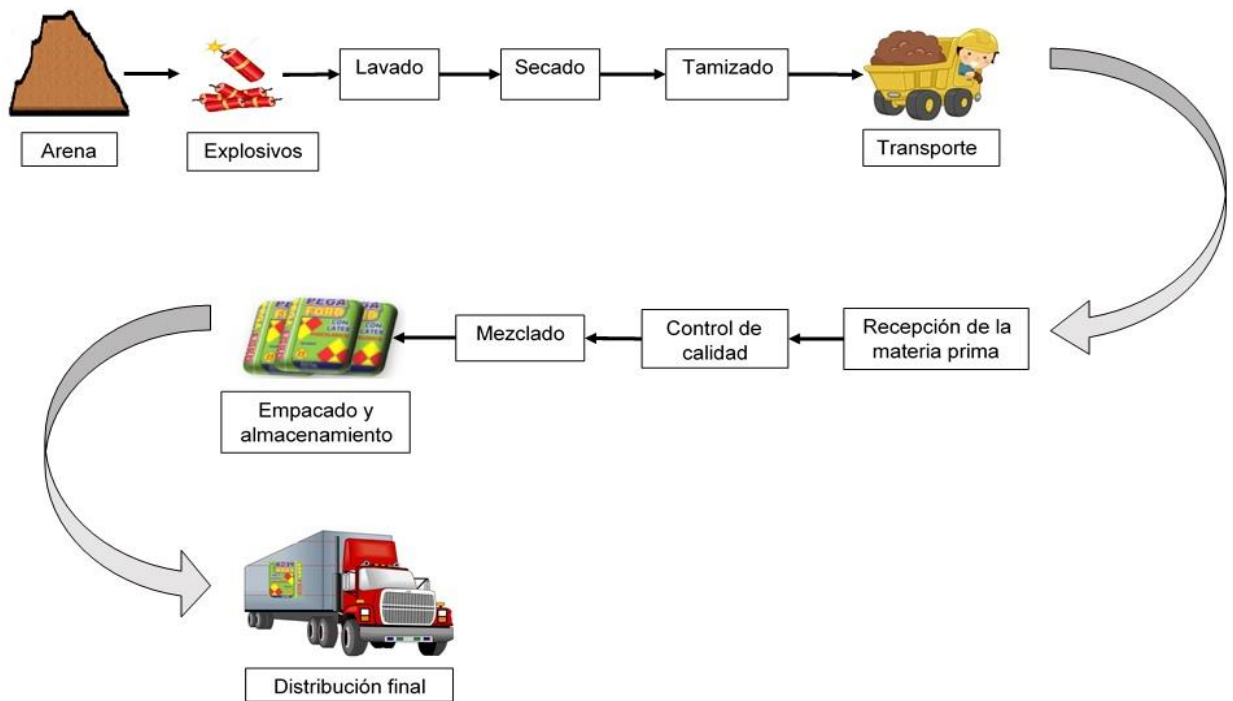
Por otro lado, el pegante porcelánico elaborado en la empresa es producto de una formulación a base de cemento pórtland blanco, arena sílice blanca y polímeros que mejoran las propiedades físicas del producto, desarrollado especialmente para instalaciones de pisos porcelánicos. Este producto combina los beneficios de desempeño de las emulsiones vinil-acrílicas con las ventajas, la conveniencia y la facilidad de manipulación y almacenamiento de los sistemas en polvo, sin que haya pérdida en su desempeño. Los polvos redispersables empleados en la fabricación de este pegante mejoran sus propiedades fisicoquímicas mediante el incremento de la adhesión en diversas superficies, junto con el aumento en la resistencia al agua y a la abrasión.

Finalmente, la boquilla epóxica elaborada es producto de una formulación a base de cemento pórtland blanco, arena sílice, polímeros y pigmentos orgánicos que mejoran las propiedades físicas del producto, desarrollado especialmente para relleno de juntas en pisos y paredes elaborados con baldosas porcelánicas.

Cabe resaltar que la empresa enfoca todos sus esfuerzos en la producción de pegante cerámico gris, debido a que es el producto con mayor demanda en el mercado Nacional. Actualmente, la empresa cuenta con una producción de pegante cerámico gris cercana a los 12.000 sacos X 25 kg / mes.

La producción de pegantes se resume en el proceso productivo mostrado en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de producción en la empresa PEGAFORD.



El proceso de producción de pegantes se realiza por lotes, ya que permite verificar y certificar la calidad del producto en cada etapa. Los detalles de cada etapa del proceso se muestran en el Anexo B.

3. METODOLOGÍA

3.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

La recopilación de los datos necesarios para desarrollar la evaluación técnica y económica es fundamental para predecir el grado de factibilidad en el proceso de estandarización de cada producto elaborado en PEGAFORD. Esta recopilación se divide en dos etapas:

- 1) Datos de las formulaciones y métodos utilizados actualmente: Se realiza un diagnóstico para determinar si en la empresa existe algún tipo de información ya sea informal o empírica con relación a la formulación y procedimiento de elaboración de pegante cerámico-porcelánico y boquilla epóxica, con el fin de identificar las formulaciones y métodos utilizados, formalizando la documentación pertinente en cuanto a fórmulas, procesos, materiales y equipos empleados.
- 2) Datos de consumo de materias primas: Se realiza una descripción de los proveedores de cada materia prima. Del mismo modo, se consignan los datos de consumo de cada materia prima, los cuales se establecen por las necesidades de la empresa y son producto de la cantidad promedio de sacos utilizados diariamente en PEGAFORD.

3.2 PROPUESTA PARA LA FORMULACIÓN DE PEGANTE

Se plantean diferentes formulaciones, modificando las variables que presentan mayor afectación en la composición química del pegante cerámico (gris y blanco), pegante porcelánico y boquilla epóxica.

3.2.1 Propuesta para la formulación de pegante cerámico. Para el desarrollo de esta formulación se toma arena sílice N° 40-50 (blanca y amarilla), cemento (blanco

y gris) y Mecelloce como las tres variables que afectan directamente la composición química de este producto. Además, se tienen en cuenta datos de estudios realizados que permiten predecir con más exactitud la cantidad de cada materia prima y así mejorar la formulación actual que se utiliza en la empresa [4]. A partir de esto, se establecen tres formulaciones, variando la relación arena sílice N° 40-50 / cemento (relación másica 1,5:1), arena sílice N° 40-50 / Mecelloce (relación másica 134:1) y cemento / Mecelloce (relación másica 42:1), con el fin de identificar las proporciones óptimas que permiten obtener las mejores propiedades fisicoquímicas en las condiciones de laboratorio, tales como: disminución del descuelgue y deslizamiento en paredes verticales, equilibrio en el tiempo de fraguado, incremento de la capacidad humectante y disminución de la absorción de agua. Por otro lado, la cantidad de impermeabilizante añadido en las formulaciones permanece constante.

3.2.2. Propuesta para la formulación de pegante porcelánico. Para el desarrollo de esta formulación se toma arena sílice blanca N° 40-70, cemento pórtland blanco y vinavil E06 PA como las tres variables que afectan directamente la composición química de este producto. Además, se tienen en cuenta datos de estudios realizados que permiten predecir con más exactitud la cantidad de cada materia prima y así mejorar la formulación actual que se utiliza en la empresa [5]. A partir de esto, se establecen tres formulaciones, variando la relación arena sílice blanca N° 40-70 / cemento pórtland blanco (relación másica 2,5:1), arena sílice blanca N° 40-70 / Vinavil E06 PA (relación másica 25:1) y sustituyendo el material Vinavil E06 PA por Redipol RDP 04 en la formulación original, con el fin de identificar las proporciones óptimas que permiten obtener las mejores propiedades fisicoquímicas en las condiciones de laboratorio, tales como: disminución del descuelgue y deslizamiento en paredes verticales, equilibrio en el tiempo de fraguado e incremento de la capacidad adherente y flexible. El producto debe ofrecer un elevado rendimiento y debe ser ideal para instalar porcelanatos y piezas de nula absorción con diferentes tamaños en pisos y paredes. Por otro lado, las cantidades

de impermeabilizante y Mecelloce (HEMC) añadidas en las formulaciones permanecen constantes.

3.2.3 Propuesta para la formulación de boquilla epóxica. Para el desarrollo de esta formulación se toma arena sílice blanca N° 250, cemento pórtland blanco y vinavil E06 PA como las tres variables que afectan directamente la composición química de este producto. A partir de esto, se establecen tres formulaciones, variando la relación arena sílice blanca N° 250 / cemento pórtland blanco (relación másica 2,1:1), arena sílice blanca N° 250 / Vinavil E06 PA (relación másica 27:1) y sustituyendo el material Vinavil E06 PA por Redipol RDP 04 en la formulación original, con el fin de identificar las proporciones óptimas que permiten obtener las mejores propiedades fisicoquímicas en las condiciones de laboratorio, tales como: disminución del descuelgue y deslizamiento en paredes verticales, equilibrio en el tiempo de fraguado y color uniforme (sin causar manchas que causan moho, humedad y/o variación de color). El producto debe ser fuerte, durable, resistente a grietas y debe cumplir con los requisitos de la norma ANSI A 118.3-1999 [6]. Por otro lado, las cantidades de impermeabilizante, Mecelloce (HEMC) y Dióxido de Titanio BLR 501 añadidas en las formulaciones permanecen constantes.

3.3 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

3.3.1 Tiempo de Fraguado. En este análisis se evaluará el tiempo necesario para que los diversos tipos de pegantes (Cerámico gris, Cerámico blanco, Porcelánico y Boquilla epóxica) fragüen por completo; es decir, el tiempo en que la placa cerámica ya no se desprenda de la superficie sobre la cual fue adherida, al ser sometida a un esfuerzo mecánico máximo de 27.000 kPa [6].

3.3.2. Absorción de agua. La absorción de agua es una medida de la porosidad que tiene cada pegante cerámico. Por ende, en esta prueba se determina la cantidad de agua que absorben las piezas cerámicas, sumergidas directamente en agua, al cabo de un tiempo determinado. Es importante mencionar que las piezas utilizadas en la prueba, deben tener un fraguado total en 21 días aproximadamente. Además, todos los ensayos se deben realizar a una temperatura ambiente de (21 a 25) °C y a una humedad relativa entre 45 y 55%. La circulación de aire en el área de trabajo debe ser menor a 0,2 m/s.

3.3.3. Deslizamiento en superficies verticales. El deslizamiento es definido como el descuelgue o desplazamiento que tiene una placa cerámica por su peso, cuando se coloca sobre el pegante fresco y es determinado bajo la Norma NTC 4381 [7]. Si el desplazamiento es inferior o igual a 0,5 mm después de mantener el sistema en posición vertical por un tiempo de (20 ± 2 minutos), el pegante tiene un deslizamiento reducido y se identifica con la letra T [7].

Los detalles de cada prueba se muestran en el Anexo C.

3.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS NUEVOS PRODUCTOS DE PEGAFORD Y LOS PRODUCTOS DE LAS EMPRESAS LÍDERES DEL MERCADO NACIONAL

Para realizar esta comparación, es necesario determinar y evaluar las propiedades físicas y químicas de los pegantes elaborados en SIKA COLOMBIA y PEGAMASTER de la misma manera como se caracterizaron los productos nuevos fabricados en PEGAFORD. De acuerdo a los datos obtenidos, se describen las características de cada pegante, y se someten a las mismas pruebas realizadas para los pegantes propios con fines de comparación (tiempo de fraguado, absorción de agua y deslizamiento en superficies verticales). En este punto, se obtendrán indicadores que revelan si los pegantes elaborados en PEGAFORD bajo las

formulaciones óptimas, cumplen con los objetivos planteados durante su diseño, en lo referente a calidad y funcionalidad, y son similares a los productos actualmente ofrecidos en el mercado.

3.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN

Finalmente se realiza un estudio económico donde se analiza la factibilidad de estandarizar cada producto, con el fin de evaluar su ejecución, comparar los precios de los productos nuevos con los precios del mercado actual y solucionar las falencias que presenta la empresa a nivel comercial por la falta de competitividad de sus productos. Para ello, se debe calcular la inversión (con base en las materias primas), costos de operación, estado de pérdidas y/o ganancias; generando así un flujo de caja que permita verificar los indicadores de impacto económico VAN y TIR.

4. RESULTADOS

4.1 ESTUDIO TÉCNICO DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DEL PEGANTE CERÁMICO-PORCELÁNICO Y BOQUILLA EPÓXICA

4.1.1 Recopilación de datos. Los datos de las formulaciones químicas de los productos elaborados actualmente en la empresa se presentan a continuación:

Tabla 1. Composición química para la fabricación de 100 kg de pegante en PEGAFORD.

PEGANTE CERÁMICO GRIS	
MATERIAL	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Gris	24,75
Arena Sílice Amarilla N° 40-50	74,75
Impermeabilizante	0,1
Mecelloce (HEMC)	0,4
TOTAL	100
Agua a utilizar	25 L
PEGANTE CERÁMICO BLANCO	
MATERIAL	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Blanco	24,75
Arena Sílice Blanca N° 40-50	74,75
Impermeabilizante	0,1
Mecelloce (HEMC)	0,4
TOTAL	100
Agua a utilizar	25 L
PEGANTE PORCELÁNICO	
MATERIAL	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Portland Blanco	23,75
Arena Sílice Blanca N° 40-70	73,75

Vinavil E06 PA	2
Impermeabilizante	0,1
Mecelloce (HEMC)	0,4
TOTAL	100
Agua a utilizar	25 L
BOQUILLA EPOXICA	
MATERIAL	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Portland Blanco	28
Arena Sílice Blanca N° 250	65
Vinavil E06 PA	1,3
Mecelloce (HEMC)	0,2
Impermeabilizante	1
Dióxido de titanio BLR 501	4,5
TOTAL	100
Agua a utilizar	35 L

Fuente: Laboratorio de calidad PEGAFORD.

A continuación se describen los principales proveedores de las materias primas utilizadas para la fabricación de pegantes:

- Cemento: Este material es comprado de forma equitativa, tanto a la empresa Holcim Colombia S.A como al grupo Argos.
- Mecelloce (HEMC) y Redipol RDP 04: Estos materiales son comprados a la industria AQUATERRA S.A.
- Vinavil E06 PA y Dióxido de Titanio BLR 501 (Blanco): Estos materiales son comprados a la industria CONQUÍMICA S.A.
- Impermeabilizante SURTIAC-300GC: Este material es comprado a la empresa Surtiquímicos Colombia S.A.

Los datos de producción de los pegantes elaborados en PEGAFORD se resumen en la tabla 2. Adicionalmente, en la tabla 3, se recopiló la cantidad y precio de cada materia prima utilizada.

Tabla 2. Datos de producción en la planta de procesamiento.

PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD
Pegante Cerámico Gris	300.000	kg / mes
Pegante Cerámico Blanco	10.500	kg / mes
Pegante Porcelánico	28.500	kg / mes
Boquilla Epóxica	100	kg / día

Fuente: Laboratorio de calidad PEGAFORD.

Tabla 3. Datos de consumo y costos de materias primas.

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (Kg)	PRECIO (Pesos)	UNIDAD
Arena sílice amarilla N° 40-50	224.250	11.212.500	kg / mes
Arena sílice blanca N° 40-50	7.849	784.900	kg / mes
Arena sílice blanca N° 40-70	21.019	3.152.850	kg / mes
Arena sílice blanca N° 250	65	22.750	kg / día
Cemento Gris	74.250	35.640.000	kg / mes
Cemento Portland Blanco	7.441	5.952.800	kg / mes
Mecelloce (HEMC)	1.361	22.271.404	kg / mes
Vinavil E06 PA	601	4.898.150	kg / mes
Impermeabilizante SURTIAC-300GC	368	1.840.000	kg / mes
Dióxido de Titanio BLR 501 (Blanco)	108	648.000	kg / mes

Fuente: Laboratorio de calidad PEGAFORD.

4.1.2 Propuestas para la formulación de pegantes

4.1.2.1 Propuesta para la formulación de pegante cerámico

A continuación se describen las formulaciones y seguidamente se ubican por medio de puntos en un diagrama ternario de composiciones:

Tabla 4. Composición química propuesta para la fabricación de 100 kg de pegante cerámico gris.

PEGANTE CERÁMICO GRIS			
MATERIAL	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Gris	38,9	32,4	29,2
Arena Sílice Amarilla N° 40-50	60	67	70
Impermeabilizante	0,1	0,1	0,1
Mecelloce (HECM)	1	0,5	0,7
TOTAL	100	100	100
Agua a utilizar	25 L	25 L	25 L

Figura 2. Diagrama ternario de composiciones para el pegante cerámico gris.

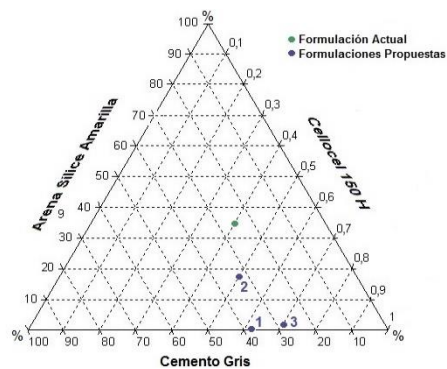
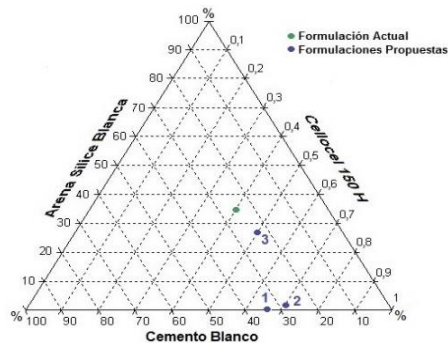


Tabla 5. Composición química propuesta para la fabricación de 100 kg de pegante cerámico blanco.

PEGANTE CERÁMICO BLANCO			
MATERIAL	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Portland Blanco	33,9	29,2	22,4
Arena Sílice Blanca N° 40-50	65	70	77
Impermeabilizante	0,1	0,1	0,1
Mecelloce (HECM)	1	0,7	0,5
TOTAL	100	100	100
Agua a utilizar	25 L	25 L	25 L

Figura 3. Diagrama ternario de composiciones para el pegante cerámico blanco.



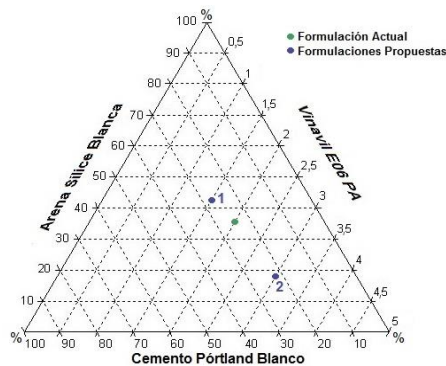
4.1.2.2 Propuesta para la formulación de pegante porcelánico

A continuación se describen las formulaciones y seguidamente se ubican por medio de puntos en un diagrama ternario de composiciones:

Tabla 6. Composición química propuesta para la fabricación de 100 kg de pegante porcelánico.

PEGANTE PORCELÁNICO			
MATERIAL	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Portland Blanco	28	20,5	23,75
Arena Sílice Blanca N° 40-70	70	76	73,75
Vinavil E06 PA	1,5	3	-----
Impermeabilizante	0,1	0,1	0,1
Mecelloce (HECM)	0,4	0,4	0,4
Redipol RDP 04	-----	-----	2
TOTAL	100	100	100
Agua a utilizar	25 L	25 L	25 L

Figura 4. Diagrama ternario de composiciones para el pegante porcelánico.



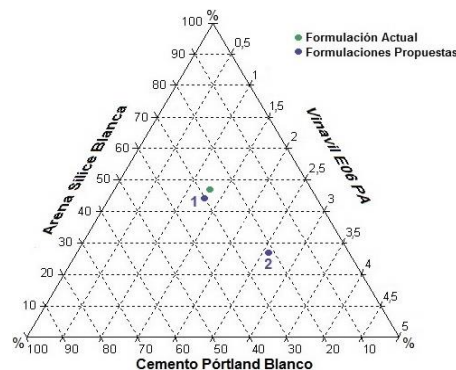
4.1.2.3 Propuesta para la formulación de boquilla epóxica

A continuación se describen las formulaciones y seguidamente se ubican por medio de puntos en un diagrama ternario de composiciones:

Tabla 7. Composición química propuesta para la fabricación de 100 kg de boquilla epóxica.

BOQUILLA EPÓXICA			
MATERIAL	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)	PORCENTAJE EN PESO (%)
Cemento Portland Blanco	30	21,7	28
Arena Sílice Blanca N° 250	63	70	65
Vinavil E06 PA	1,3	2,6	-----
Impermeabilizante	1,2	1,2	1,2
Mecelloce (HECM)	0,2	0,2	0,2
Dióxido de titanio BLR 501	4,5	4,5	4,5
Redipol RDP 04	-----	-----	1,3
TOTAL	100	100	100
Agua a utilizar	35 L	35 L	35 L

Figura 5. Diagrama ternario de composiciones para la boquilla epóxica.



4.1.3 Determinación de las propiedades físicas y químicas de los pegantes formulados

4.1.3.1 *Tiempo de fraguado.* El fraguado total de los pegantes cerámicos y porcelánicos se calcula en 21 días, a causa de su composición química. Sin embargo, desde las dos horas posteriores a su colocación, el pegante cerámico

blanco (elaborado con la formulación 2) y los pegantes porcelánicos (elaborados con las formulaciones 2 y 3) ofrecen elevada resistencia a esfuerzos aplicados para su desprendimiento de las superficies adheridas, tal como se evidencia en la tabla 8.

A diferencia de estos pegantes, la boquilla epóxica presenta un fraguado total a los 7 días y un fraguado permanente a la primera hora posterior a su colocación, debido a los efectos que ofrecen los aditivos añadidos en su formulación, tales como: impermeabilidad, adherencia y secado rápido.

Tabla 8. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para cada tipo de pegante

PRUEBA DE FRAGUADO			
TIEMPO	Pegante Cerámico Gris		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
2 horas	Se desprende	Se desprende	Se desprende
	Pegante Cerámico Blanco		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	Se desprende	No se desprende	Se desprende
	Pegante Porcelánico		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	Se desprende	No se desprende	No se desprende
	Boquilla Epóxica		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
	No se desprende	No se desprende	No se desprende

De acuerdo a lo anterior, es posible seleccionar una formulación que ofrezca un tiempo de fraguado óptimo para cada adhesivo.

A pesar de que las tres formulaciones propuestas para el pegante cerámico gris tienen el mismo tiempo de fraguado (entre tres y cuatro horas posteriores a su colocación), la formulación más adecuada para llevar a cabo la estandarización de este producto es la formulación 2, debido a que presenta el menor porcentaje en

peso de Mecellose (HEMC) y esto generaría ganancias inmediatas en las utilidades de la empresa.

Por otro lado, la formulación más adecuada para llevar a cabo la estandarización del pegante cerámico blanco es la formulación 2, debido a que presenta una elevada resistencia a su desprendimiento al cabo de las dos horas posteriores a su colocación.

Finalmente, la formulación más adecuada para llevar a cabo la estandarización del pegante porcelánico y la boquilla epóxica es la formulación 2 y 3 respectivamente, debido a que en primera instancia se cumple con los requisitos de adhesión y alta resistencia a la flexión que exigen los pegantes con polímeros redispersables de alto rendimiento (3% – 5% porcentaje en masa de VINAVID E06 PA) [8]. Mientras que con la boquilla estandarizada se generarían ganancias inmediatas en las utilidades del negocio, ya que se debe utilizar REDIPOL RDP 04 en vez de VINAVID E06 PA como polvo redispersable, generándose así un gran ahorro económico.

4.1.3.2 Absorción de agua. La principal cualidad de los éteres de celulosa es proporcionar un efecto retardante en la cinética de hidratación de los morteros secos premezclados para que se pueda establecer y desarrollar la fuerza máxima de cohesión entre sus partículas al momento de su aplicación, lo que aumenta la unión resistente del mortero. Por tanto, al maximizar la dosis y el peso molecular del éter utilizado, se minimiza este efecto [8]. Como en este proyecto se utiliza hidroxietilmetil celulosa (HEMC), a la hora de seleccionar un adhesivo para todo tipo de baldosas, es necesario establecer la frontera neutra en una capacidad de absorción de agua del 6% de acuerdo a los resultados establecidos en la tabla D 2. Así, los adhesivos con absorción igual o inferior al 6% (especialmente los elaborados con las formulaciones 2) se aconseja que sean utilizados para pegar baldosas sobre superficies tipo porcelanato – porcelanato (plano horizontal y vertical) para asegurar una correcta adherencia química. En cambio, los adhesivos con alta absorción de

agua (mayor al 8%) se aconseja que sean utilizados para pegar baldosas sobre superficies tipo porcelanato – concreto (plano horizontal) y superficies tipo cerámica – concreto en pisos y paredes debido a la elevada absorción/succión del soporte que absorberá el agua necesaria para la hidratación del adherente, lo cual compromete la adherencia final.

4.1.3.3 Deslizamiento en superficies verticales. El efecto espesante de los éteres de celulosa está fuertemente relacionado con su peso molecular. Cuando estos compuestos presentan elevadas viscosidades no sólo tienen una gran demanda de agua, sino que también reducen su resistencia al deslizamiento en superficies verticales y limitan el tiempo abierto de los adhesivos [8]. Por tanto, la mayoría de los adhesivos elaborados a partir de las formulaciones 2 (excepto el pegante cerámico blanco), presentan un desplazamiento inferior y/o igual a 0,5 mm y se los debe identificar con la letra T (NTC 4381:2000-08-30), como se evidencia en la tabla D 3. A raíz de esto, estas son las formulaciones más adecuadas para llevar a cabo la estandarización de los pegantes, debido a que cumplen con los requisitos mínimos de antideslizamiento en superficies verticales; mientras que las demás no cumplen con esta condición.

4.1.4 Comparación entre los nuevos productos de PEGAFORD y los productos de las empresas líderes del mercado nacional

4.1.4.1 Tiempo de fraguado. A la hora de seleccionar un adhesivo con un tiempo de fraguado adecuado, es necesario establecer un rango de fraguado entre media hora y dos horas, de acuerdo a los resultados establecidos en la tabla 9. Por tanto, los pegantes cerámicos formulados en este proyecto presentan un tiempo de fraguado mejor que los pegantes de la competencia.

Sin embargo, el pegante porcelánico y la boquilla epóxica formulados presentan un fraguado similar a los de la competencia. En consecuencia, teniendo en cuenta sólo esta prueba, a nivel de calidad y desempeño no se encuentra diferencia notoria entre estos productos.

Tabla 9. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.

PRUEBA DE FRAGUADO			
TIEMPO	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	Se desprende	No se desprende
TIEMPO	Pegantes formulados en PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
TIEMPO	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	No se desprende	No se desprende
TIEMPO	Pegantes propios de PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende

4.1.4.2 Absorción de agua. Al comparar los porcentajes de absorción de agua de los pegantes formulados en este proyecto con los pegantes de la competencia, se tiene que los pegantes cerámicos y el pegante porcelánico formulados presentan una absorción de agua relativamente baja. En cambio, la boquilla epóxica formulada presenta una absorción de agua que oscila alrededor del 5%, siendo muy similar a la que sufren los pegantes elaborados por PEGAMASTER y SIKA COLOMBIA, tal como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Datos obtenidos en la prueba de absorción de agua para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.

PRUEBA DE ABSORCIÓN DE AGUA			
% H ₂ O Absorbida promedio	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	10,62	20,69	5,64
	Pegantes formulados en PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	4,47	4,2	5,13
	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	13,38	10,53	5,52
	Pegantes propios de PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	8	6	5,6

En consecuencia, teniendo en cuenta sólo esta prueba, a nivel de calidad y desempeño, los pegantes formulados presentan menor cantidad de absorción de agua que los pegantes de la competencia. Por tanto, estos productos cumplen a cabalidad con una de las características más importantes de los pegantes, la cual dice lo siguiente: “*Los adhesivos cerámicos deben ofrecer la mayor retención de agua posible*” [16].

4.1.4.3 Deslizamiento en superficies verticales. La mayoría de los adhesivos formulados en la empresa (excepto el pegante cerámico gris), presentan un desplazamiento inferior y/o igual a 0,5 mm y se los debe identificar con la letra T (NTC 4381:2000-08-30), como se evidencia en la tabla 11. En cambio, cuando se hace la misma prueba con los pegantes de la competencia (excepto la boquilla epóxica), al cabo de los primeros minutos varias baldosas sufren un deslizamiento pronunciado (hasta el punto de caer al piso), generándose así el incumplimiento de la norma establecida en esta prueba por parte de estos productos.

En consecuencia, teniendo en cuenta sólo esta prueba, a nivel de calidad y desempeño, los pegantes formulados presentan un deslizamiento adecuado dentro de la frontera establecida por la norma NTC 4381, mientras que los pegantes de la competencia no cumplen con lo anterior.

Tabla 11. Datos obtenidos en la prueba de deslizamiento en superficies verticales para los pegantes formulados comparados con los de la competencia.

PRUEBA DE DESLIZAMIENTO EN SUPERFICIES VERTICALES			
POSICIÓN [mm]	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
Máxima	9	1	0,5
	Pegantes formulados en PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	0,6	0,4	0,3
	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	7	1,5	0,5
	Pegantes propios de PEGAFORD		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
	2	1	0,5

4.2 ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROCESO DE ESTANDARIZACIÓN DEL PEGANTE CERÁMICO-PORCELÁNICO Y BOQUILLA EPÓXICA

4.2.1 Inversión. Para el cálculo de la inversión se evaluaron tres grupos por el método de Lang [9] y los resultados se encuentran en la Tabla 12. (Ver Anexo F).

Tabla 12. Inversión Total

Inversión Total	Inversión (Pesos)
Inversión Fija	54'317.952
Inversión en Diferidos	3'504.384
Inversión Total	57'822.336

4.2.2 Costos de operación. Las suposiciones tomadas para el cálculo de los costos de la producción de pegantes se encuentran de forma detallada en el anexo F y sus valores están resumidos en la tabla 13.

Tabla 13. Costos de operación

Costos Generales	Costos (COP/Año)
Costos materias primas	2.067'575.280
Costos servicios industriales	3'665.040
Costos por mantenimiento	2'190.240
Cargos por depreciación	4'380.480
Total	2.077'811.040

4.2.3 Evaluación económica. La evaluación económica permite evaluar la rentabilidad del proyecto, utilizando una serie de indicadores que tienen en cuenta elementos de inversión, costos e ingresos distribuidos en el tiempo, ayudando a escoger la mejor alternativa. Para realizar dicha evaluación se utilizaron los siguientes índices:

- El horizonte del proyecto se fijó en 5 años, con el promedio de la inflación que se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Comportamiento de la inflación

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Promedio
%	2,00	3,17	3,73	3,33	2,44	3,42	3,2	3,04

Fuente: Banco de la República [29].

- El precio de las materias primas varía de acuerdo al valor actual de la moneda que rige en su respectivo país de origen.
- El precio de los productos aumenta a razón de 1,0302, siendo éste el factor tendencia en el crecimiento de la inflación nacional, más 100 COP/ kg Año de acuerdo a los precios comerciales de la competencia.

- La tasa de interés del mercado se fijó en 18%, debido a que oscila entre un rango de 15 a 20%, teniendo en cuenta que los productos finales son para comercialización y distribución directa.
- En cuanto al impuesto de renta a las utilidades, se fijó en 35% como lo estipuló el Congreso de Colombia en el año 2012 [10].
- El área administrativa de la empresa revela que la cantidad inicial de ventas es el 90% del total de la producción mensual de cada producto y este valor se ha incrementado consecutivamente en 2,5% cada año.
- Para el cálculo del costo de materias primas de cada producto se han seleccionado las formulaciones 2 y 3, debido a que presentaron condiciones óptimas de calidad después de evaluar las diferentes propiedades fisicoquímicas.
- La empresa genera utilidades a partir del segundo año de funcionamiento con una ganancia de 50'114.770 COP/ Año con la inversión realizada en el primer año por un valor de 100'000.000 COP, generando así una TIR (Tasa interna de Retorno) de 23% y un VAN (Valor Actual Neto) de 22'829.479 COP. Los resultados se ilustran en el anexo H.
- El valor de salvamento se consideró en un 20% debido a que el proceso se implementó en una planta ya constituida y solo será tomado en cuenta el valor para equipos. El proyecto generará utilidades a partir del segundo año con una ganancia de 18'305.900 COP/Año para una inversión de 34'000.000 COP, la cual genera una TIR (Tasa Interna de Retorno) de 35% y un VAN (Valor Actual Neto) de 61'124.850 COP, de acuerdo a la tabla H 4. Lo anterior se cumple si la empresa realiza la estandarización de los pegantes cerámico gris, cerámico blanco y porcelánico empleando la formulación 2 en cada caso; mientras que para la boquilla epóxica es necesario utilizar la formulación 3. En consecuencia,

la empresa obtiene un ahorro económico inmediato en relación a la cantidad y el tipo de materias primas utilizadas actualmente.

5. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación técnico-económica para implementar la estandarización de los pegantes cerámico gris, cerámico blanco, porcelánico y boquilla epóxica en la empresa PEGAFORD, sustituyendo el polímero redispersable VINAVIL E06 PA por REDIPOL RDP 04 (materia prima para la elaboración de pegante porcelánico y boquilla epóxica) y cambiando el mezclador convencional por un mezclador planetario de eje vertical, en el proceso productivo actual.
- La evaluación de las principales propiedades fisicoquímicas de los pegantes junto con la investigación bibliográfica revelan que estos productos, en efecto, pueden sustituir a los productos fabricados actualmente en la empresa, debido a que cumplen con las condiciones óptimas de calidad y desempeño según lo estipulado por las Normas Técnicas Colombianas que rigen este sector de la construcción.
- Al realizar la comparación entre los pegantes elaborados en este proyecto con los pegantes fabricados por la competencia con alto prestigio nacional, se evidencia claramente que es posible ingresar al mercado nacional con estos nuevos productos, debido a las características de calidad, confiabilidad y funcionalidad que se les puede brindar a los clientes.
- El estudio económico revela la viabilidad del proyecto en términos financieros, mediante el cálculo del VAN y la TIR 61'124.850 COP y 35 % respectivamente; mostrando que al ser el VAN positivo y la TIR mayor a la tasa de interés fijo, el proyecto es viable para su implementación comercial. Además, con el incremento en la producción, es posible hacer un cambio en los precios de los productos con relación a la competencia, generando así un aumento considerable en las utilidades del negocio.

6. RECOMENDACIONES

- Es conveniente realizar nuevas investigaciones con respecto a las materias primas utilizadas en la fabricación de estos pegantes con el objeto de cambiar las formulaciones químicas, debido a que es posible obtener productos con mejores propiedades fisicoquímicas en cuanto a la parte de calidad, y con precios más asequibles por parte de los clientes en el área comercial.
- Las materias primas son el factor más influyente en este proyecto, ya que dichos insumos se hacen valiosos para la empresa durante el proceso de transformación. Por tanto, se deberán buscar los mejores proveedores en cuanto a la calidad de los materiales, precio, tiempos de entrega, unidades de empaque, etc. Asimismo, la presencia o ausencia en el país de industrias proveedoras, es un determinante de la productividad y un factor preponderante para que la industria tenga éxito en los mercados internos o externos.
- Estos productos exigen unas condiciones de preparación y aplicación, al tratarse de materiales especializados que requiere el uso de herramientas adecuadas. Por tanto, cada tipo de adhesivo tiene unas condiciones de mezcla establecidas por el fabricante, que deben respetarse escrupulosamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] PEREIRA, T-E., FERNANDES, J-A., DIZ, M-H. Competitiveness and Industrial Evolution: The Case of the Ceramics Industry. *Evolutionary and Institutional Economic Review*, 2011, vol. 7, No. 2, 333-354.
- [2] DINERO. Arcilla y cerámica [en línea]. [Citado el 25 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.dinero.com/caratula/edicion-impresa/articulo/arcilla-ceramica/33785>
- [3] ICONTEC. *Concretos, Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos*. Colombia, 2007, 2-8 (Norma Técnica Colombiana 77:2007-09-26).
- [4] MARANHÃO, F-L., LOH, K., VANDERLEY, M-J. The influence of moisture on the deformability of cement–polymer adhesive mortar. *Journal Construction and Building Materials*, 2011, Vol. 25, 2948-2954.
- [5] HE, D., WANG, P., LIU, P., LIU, X. Interface Bond Mechanism of EVA-Modified Mortar and Porcelain Tile. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2013, Vol. 25, No.6, 726-730.
- [6] AMERICAN NATIONAL STANDARD SPECIFICATIONS FOR THE INSTALLATION OF CERAMIC TILE. *Chemical resistant, water cleanable tile-setting and grouting epoxy and water cleanable tile-setting epoxy adhesive*. United States, 1999, 67-72 (ANSI A-118.8:1999).

- [7] ICONTEC. *Cerámicos, Especificaciones para morteros de ligante mezclado (Cemento Pórtland-Látex)*. Colombia, 2000, 8-10 (Norma Técnica Colombiana 4381:2000-08-30).
- [8] BAUMANN, R., TARANTUL, K., POWELL, C., WICHMANN, A. Interaction of Cellulose Ethers and Redispersible Polymer Powders in Cement Based Tile Adhesives. *Journal Cement and Concrete*, 2006, Vol. 33, 8-12.
- [9] JIMENEZ, A. *Diseño de procesos en ingeniería química*. Editorial Reverté S.A México. 2003, pag. 32.
- [10] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Nuevo impuesto de 9% a utilidades de empresas [en línea]. [Citado el 15 de Julio de 2015] Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/articulo-393196-congresoaprueba-nuevo-impuesto-de-9-utilidades-de-empresas>
- [11] CAHUANA MOJICA, A. Sílice: el aliado oculto y estratégico para el desarrollo empresarial de la industria nacional. Seminario de grado, Especialización en Alta Gerencia. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2014, 10-16.
- [12] UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Cemento Portland. [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.CementoPortland.GENERALIDADE S.B.pdf>
- [13] ARGOS. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.argos.co/colombia/productos>

- [14] CEMEX. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.cemexcolombia.com/Index.aspx>
- [15] HOLCIM. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html>
- [16] PANDA, H. Hydroxyethylcellulose as a Protective Colloid in Emulsion Polymerization. Chemical Weekly -Bombay, 2000, Vol. 45, No. 43, 133-138.
- [17] YIL-LONG CHEMICAL GROUP LTD. Celocell 150H. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.yil-long.com/TDS/celocel/TDS-100HB.pdf>
- [18] JENNI, A., HLZER, L., ZURBRIGGEN, R., HERWEGH, M. Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. Journal Cement and Concrete, 2005, Vol. 35, 35-50.
- [19] ZHU, H-M., WANG, P-M., ZHANG, G-F. Influence of vinyl acetate/ethylene copolymer powder on secondary efflorescence in Portland cement-based decorative mortar. Journal of Zhejiang University, 2015, Vol. 16, No 2, 143-150.
- [20] ELOTEX. Polímeros redispersables en polvo. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.elotex.com/pol%C3%ADmeros-redispersables-en-polvo>
- [21] SURTIQUIMICOS. Surtiac -300GC. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.ruedasnegocios.com/286/Imagesclient/ficha16907.pdf>

- [22] ABRAHÃO, R-TADEU. Estudo da dispersão de partículas de pigmento de dióxido de titânio em água. Trabajo de Doctorado en *Ingeniería Química*. São Paulo, Brazil: Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo, 2013, 21-49.
- [23] CALVO, J. Pinturas y barnices tecnología básica. Edición: No. 1, Editorial: Ediciones Diaz de Santos. Madrid, 2014, 157-184.
- [24] INTERCERAMIC. Sellador transparente para boquillas. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://interceramic.com/application/public/pdf/materiales-instalacion/ficha/FichaTecSelladorTransparente.pdf>
- [25] SCHWEIGGER, E. Manual de pinturas y recubrimientos plásticos. Edición: No. 1, Editorial: Ediciones Díaz de Santos. Madrid, 2005, 50-60.
- [26] TURTON, R., BAILLIE R., WHITING W., SHAEIWITZ J., Analysis, synthesis, and design of Chemical Processes, 2nd edition, Prentice Hall, 2002.
- [27] ISO. *Ceramic tiles, Determination of water absorption, apparent porosity, apparent relative density and bulk density*. Suiza, 1995, Parte 3 (ISO 10545-3:1995).
- [28] INSTITUT DE PROMOCIÓ CERÀMICA. *Adhesive Test Methods*. España, 2007, 2-3 (EN 1308 Determination of Slip: 2007).
- [29] BANCO DE LA REPÚBLICA. Tasa de inflación [en línea]. [Citado el 10 de Julio de 2015] Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>

BIBLIOGRAFIA

ABRAHÃO, R-TADEU. Estudo da dispersão de partículas de pigmento de dióxido de titânio em água. Trabajo de Doctorado en *Ingeniería Química*. São Paulo, Brazil: Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo, 2013, 21-49.

AMERICAN NATIONAL STANDARD SPECIFICATIONS FOR THE INSTALLATION OF CERAMIC TILE. *Chemical resistant, water cleanable tile-setting and grouting epoxy and water cleanable tile-setting epoxy adhesive*. United States, 1999, 67-72 (ANSI A-118.8:1999).

ARGOS. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. [Disponible en: <http://www.argos.co/colombia/productos.>]

BANCO DE LA REPÚBLICA. Tasa de inflación [en línea]. [Citado el 10 de Julio de 2015] [Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/ipc>]

BAUMANN, R., TARANTUL, K., POWELL, C., WICHMANN, A. Interaction of Cellulose Ethers and Redispersible Polymer Powders in Cement Based Tile Adhesives. *Journal Cement and Concrete*, 2006, Vol. 33, 8-12.

CAHUANA MOJICA, A. Sílice: el aliado oculto y estratégico para el desarrollo empresarial de la industria nacional. Seminario de grado, Especialización en Alta Gerencia. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2014, 10-16.

CALVO, J. Pinturas y barnices tecnología básica. Edición: No. 1, Editorial: Ediciones Diaz de Santos. Madrid, 2014, 157-184.

CEMEX. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.cemexcolombia.com/Index.aspx>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Nuevo impuesto de 9% a utilidades de empresas [en línea]. [Citado el 15 de Julio de 2015] Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/articulo-393196-congresoaprueba-nuevo-impuesto-de-9-utilidades-de-empresas>

DINERO. Arcilla y cerámica [en línea]. [Citado el 25 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.dinero.com/caratula/edicion-impresa/articulo/arcilla-ceramica/33785>

ELOTEX. Polímeros redispersables en polvo. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.elotex.com/pol%C3%ADmeros-redispersables-en-polvo>

HE, D., WANG, P., LIU, P., LIU, X. Interface Bond Mechanism of EVA-Modified Mortar and Porcelain Tile. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2013, Vol. 25, No.6, 726-730.

HOLCIM. Cemento [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. Disponible en: <http://www.holcim.com.co/productos-y-servicios/cemento.html>

ICONTEC. *Cerámicos, Especificaciones para morteros de ligante mezclado (Cemento Pórtland-Látex)*. Colombia, 2000, 8-10 (Norma Técnica Colombiana 4381:2000-08-30).

ICONTEC. *Concretos, Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos*. Colombia, 2007, 2-8 (Norma Técnica Colombiana 77:2007-09-26).

INSTITUT DE PROMOCIÓ CERÀMICA. *Adhesive Test Methods*. España, 2007, 2-3 (EN 1308 Determination of Slip: 2007).

INTERCERAMIC. Sellador transparente para boquillas. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. Disponible en: <http://interceramic.com/application/public/pdf/materiales-instalacion/ficha/FichaTecSelladorTransparente.pdf>

ISO. *Ceramic tiles, Determination of water absorption, apparent porosity, apparent relative density and bulk density*. Suiza, 1995, Parte 3 (ISO 10545-3:1995).

JENNI, A., HLZER, L., ZURBRIGGEN, R., HERWEGH, M. Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. *Journal Cement and Concrete*, 2005, Vol. 35, 35-50.

JIMENEZ, A. *Diseño de procesos en ingeniería química*. Editorial Reverté S.A México. 2003, pag. 32.

MARANHÃO, F-L., LOH, K., VANDERLEY, M-J. The influence of moisture on the deformability of cement-polymer adhesive mortar. *Journal Construction and Building Materials*, 2011, Vol. 25, 2948-2954.

PANDA, H. Hydroxyethylcellulose as a Protective Colloid in Emulsion Polymerization. *Chemical Weekly -Bombay*, 2000, Vol. 45, No. 43, 133-138.

PEREIRA, T-E., FERNANDES, J-A., DIZ, M-H. Competitiveness and Industrial Evolution: The Case of the Ceramics Industry. *Evolutionary and Institutional Economic Review*, 2011, vol. 7, No. 2, 333-354.

SCHWEIGGER, E. *Manual de pinturas y recubrimientos plásticos*. Edición: No. 1, Editorial: Ediciones Díaz de Santos. Madrid, 2005, 50-60.

SURTIQUIMICOS. Surtiac -300GC. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. [Disponible en: <http://www.ruedasnegocios.com/286/Imagenclient/ficha16907.pdf>]

TURTON, R., BAILLIE R., WHITING W., SHAEIWITZ J., Analysis, synthesis, and design of Chemical Processes, 2nd edition, Prentice Hall, 2002.

UNIVERSIDAD DE OVIEDO. Cemento Portland. [en línea]. [Citado el 28 de Febrero de 2015]. [Disponible en: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion1.CementoPortland.GENERALIDADES.B.pdf>]

YIL-LONG CHEMICAL GROUP LTD. Celocell 150H. [en línea]. [Citado el 2 de Marzo de 2015]. [Disponible en: <http://www.yil-long.com/TDS/celocel/TDS-100HB.pdf>]

ZHU, H-M., WANG, P-M., ZHANG, G-F. Influence of vinyl acetate/ethylene copolymer powder on secondary efflorescence in Portland cement-based decorative mortar. Journal of Zhejiang University, 2015, Vol. 16, No 2, 143-150.

ANEXOS

Anexo A. Descripción de las materias primas para la producción de pegantes

1. Descripción de la arena sílice

El dióxido de silicio, es el componente principal de la arena (más del 98%) y se presenta en forma amorfa y cristalizada de color azul grisáceo con brillo metálico. Es un compuesto resultante de la combinación del Silicio con el Oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de Silicio y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable (SiO_2). La calidad de la arena sílice explotada en Colombia, es de alta pureza (95,01% de SiO_2), resultando atractiva en cualquier mercado.

La extracción de la arena sílice, se da con la explotación a cielo abierto en canteras y ríos, la cual se extrae de las rocas que se encuentran conformadas por grandes sedimentos de arena. Su explotación conlleva una serie de procesos (lavado, secado y cribado) para extraer la mayor concentración de sílice permitiendo su aplicación en la fabricación de pegante cerámico-porcelánico y boquilla epóxica.

Los principales usos industriales de la arena sílice derivan de sus importantes propiedades físicas y químicas, destacándose especialmente su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia.

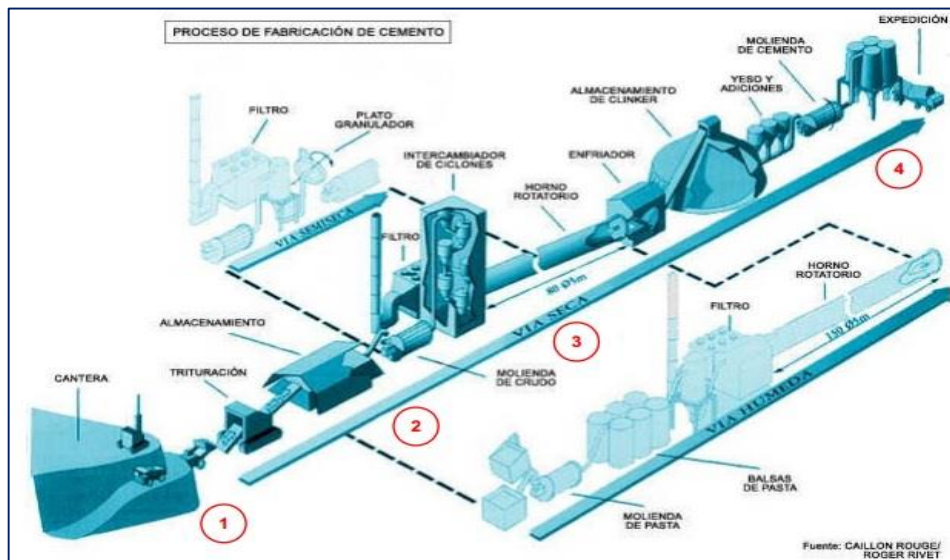
En el sector industrial, como material refractario, se usa en cerámicas, vidriado y esmaltados; como elemento fertilizante en forma de mineral primario rico en silicio en la agricultura; también, como elemento de aleación en fundiciones, en la fabricación de vidrio para ventanas y en la fabricación de pinturas.

La arena sílice en el territorio nacional es utilizada en las líneas comerciales como: pegantes, siliconas, silicatos y producción de cerámicas con los diferentes procesos de granulometrías para la separación de partículas con tamaños variables [11].

2. Descripción del cemento pórtland

Los cementos pórtland son sustancias adhesivas, naturales o artificiales, con las que se pueden formar masas plásticas, que son capaces de unir entre sí a fragmentos de materiales sólidos con una distribución granulométrica determinada, que generalmente recibe el nombre de agregado, formando un conjunto totalmente compacto. Asimismo, con la masa plástica de cemento pueden unirse distintas piezas entre sí, realizarse recubrimientos, realizar reparaciones, etc. La unión se produce mediante el endurecimiento del cemento desde el estado plástico [12]. Existen varias clases de cementos, ya que sus propiedades cambian dependiendo de las materias primas que se usen y los procesos que se utilicen para su producción. El proceso de fabricación se compone de cuatro etapas principales como se ilustra en la figura A 1.

Figura A 1. Proceso de fabricación del cemento



Fuente: Lección 1. Cemento Portland y sus generalidades [12].

2.1 Tipos de Cemento

Existen varias clases de cemento, sus propiedades y características varían dependiendo del porcentaje de dosificación que se aplique de cada materia prima. Las clases más comunes en Colombia son:

- Cemento Pórtland tipo 1: el cuál es el más comercializado en nuestro país, se conoce como cemento gris y es usado principalmente en estructuras y obras.
- Cemento Pórtland tipo 1 especial (o modificado): Es considerado un cemento más resistente que el tipo 1, es utilizado generalmente por empresas constructoras.
- Cemento Pórtland tipo 2: Es un cemento usado generalmente donde hay presencia de sulfatos (ejemplo: zonas cercanas al mar).
- Cemento Pórtland tipo 3: Es usado generalmente en prefabricados, y donde se requiere un rápido endurecimiento y buena resistencia.
- Cemento Pórtland tipo 4: se usa para estructuras grandes como presas de concreto, contiene aceptable resistencia a los sulfatos y a la humedad.
- Cemento Pórtland tipo 5: Contiene una alta resistencia a los sulfatos, es esencial para las construcciones que tienen contacto con el agua de mar.

Los tipos de cemento que más se comercializan en nuestro país son el cemento tipo 1 y tipo 3. El primero, se comercializa en sacos de 50 kg, y representa alrededor del 75% de la demanda total del país. Este tipo de cemento es el que se utiliza para la fabricación de pegante cerámico-porcelánico. El segundo es comercializado a granel (venta directa y grandes cantidades) y generalmente es para usos industriales, este representa aproximadamente el 20% de la demanda nacional. El restante 5% se divide en los otros tipos [12].

2.2 Proveedores principales de cemento

- Grupo Argos

El líder del mercado cementero en Colombia es Argos con más del 50% de participación. Argos es el cuarto productor de Latino América, con operaciones en Estados Unidos, Venezuela, Panamá, República Dominicana, y Haití, adicionalmente exporta a otros 18 países. En nuestro país, su presencia se encuentra principalmente en Antioquia, Valle del Cauca, y la costa Atlántica. Recientemente realizó una estrategia de unificar todas sus marcas como una sola, Cementos ARGOS, convirtiéndose en el único grupo cementero que ha realizado esta táctica en nuestro país. Actualmente, Argos cuenta con 14 plantas de cemento

en el continente americano, y 11 de ellas en Colombia. Con la implementación de una nueva planta en Cartagena, Argos cuenta con una capacidad instalada de 13.3 millones de toneladas por año [13].

- CEMEX Colombia S.A.

CEMEX inició operaciones en nuestro país en el año 1996 con la compra de Cementos Diamante, y Cementos Samper. Así, se convirtió en el segundo productor del sector, y asumió el liderato de los mercados más dinámicos, como Bogotá. Actualmente consta de 5 plantas cementeras (Tolima, Cundinamarca, y Los Santanderes), obteniendo de ellas una capacidad instalada de 4,8 millones de toneladas por año. Adicionalmente tiene operaciones de concreto y agregados. CEMEX es uno de los líderes mundiales de producción de cemento, con presencia en todos los continentes del mundo [14].

- Holcim Colombia S.A.

Es una empresa que pertenece el grupo Suizo Holcim y en la actualidad es uno de los principales productores de cemento en el mundo, con presencia en más de 70 países. Colombia cuenta con una sola planta de cemento (Cementos Boyacá) ubicada en Nobsa. Su mayor fortaleza es el mercado central del país, y actualmente tiene una capacidad instalada máxima de 1,8 millones de toneladas por año. También tiene operaciones de concreto y agregados [15].

3. Descripción de los aditivos químicos

3.1 Mecelloce (HEMC)

En la industria química, es conocida con el nombre de Hidroxi-etil-metil-celulosa y según el tipo, modificación y cantidad, es la encargada de manejar y controlar algunas propiedades en los adhesivos cerámicos, tales como: control reológico,

deslizamiento, fuerza de adhesión, retención de agua, tiempo abierto y trabajabilidad. Al mismo tiempo, sirve como un coloide protector en la polimerización en emulsiones y tiene un efecto retardante en la cinética de hidratación del cemento cuando hace parte de la composición química de los adhesivos cerámicos [16]. El producto Mecelloce (HEMC) es utilizado principalmente en pinturas y cerámicas de látex, materiales de construcción, productos químicos de campos petroleros y productos de limpieza y/o cuidado personal [17].

3.2. Vinavil E06 PA

En la industria química, es conocido con el nombre de Acetato de Vinilo - Etileno, el cual es un polvo redispersable (con características poliméricas orgánicas) que es usado para desarrollar adhesivos cerámicos empleados en baldosas tipo porcelanato, debido a que incrementan la adhesividad de la misma al sustrato. Si no se emplearan estos polímeros, sería muy difícil que el adhesivo actúe, debido a que el porcelanato presenta un recubrimiento en el área de contacto del adhesivo impidiendo que ocurra la función del pegue, provocando un alto deslizamiento y menor tiempo abierto [18].

La concentración del polímero redispersable en los adhesivos cerámicos puede ir desde un 0,30% hasta un 4%, dependiendo de la aplicación y requisitos de propiedades finales.

Debido a su alto contenido de etileno, el Vinavil E06 PA se caracteriza por una alta flexibilidad y una elevada resistencia alcalina. Este material presenta buenas propiedades de protección, firmeza a bajas temperaturas, resistencia a las fisuras por tensión, propiedades impermeables y resistencia a la radiación ultravioleta [19]. Durante su fabricación, se incorporan agentes anti-aglutinantes para asegurarse de que las propiedades del polvo se mantengan durante el almacenamiento y el procesamiento del mismo [20].

3.3 Impermeabilizante SURTIAC-300GC

Es un aditivo en polvo de nueva generación, recomendado para aplicar en climas con temperaturas mayores a los 20 °C. Es un impermeabilizante integral de concretos, morteros y prefabricados que reduce la eflorescencia y facilita la compactación de mezclas normales y semisecas con bajo contenido de humedad. Puede ser empleado en piezas con o sin pigmentación.

SURTIAC 300GC es usado especialmente para perfeccionar la producción de concretos y morteros normales o pigmentados, minimizando la formación de eflorescencias, obstruyendo la capilaridad y reduciendo la porosidad. Este aditivo promueve la resistencia al ataque químico y evita la carbonatación [21].

3.4 Dióxido de Titanio BLR 501 (Blanco)

El dióxido de titanio (TiO_2) se encuentra en la naturaleza en varias formas: rutilo (estructura tetragonal), anatasa (estructura octaédrica) y brookita (estructura ortorómbica). El dióxido de titanio rutilo y el dióxido de titanio anatasa se producen industrialmente en grandes cantidades y se utilizan como pigmentos y catalizadores en la producción de materiales cerámicos. El dióxido de titanio tiene gran importancia como pigmento blanco por sus propiedades de dispersión, estabilidad química y baja toxicidad [22].

El dióxido de titanio BLR 501 en polvo se utiliza principalmente para dar blancura y opacidad a algunos productos como pinturas y recubrimientos cerámicos, así como en plásticos, papel, tintas, comida y cosméticos [23].

3.5 Sellador transparente para boquillas INTERCERAMIC

Este producto proporciona repelencia al agua y reduce la contaminación acentuando el color natural de la boquilla. Está diseñado para reducir la penetración de agua, permitiendo la transmisión de vapor. Se usa como repelente de agua para mantener el color de las boquillas a base de cemento pórtland y puede ser utilizado en interiores y exteriores [24].

3.6 Redipol RDP 04

Es un tipo de emulsión redispersable en polvo polimerizada con VAC / VeoVa (Acetato de Vinilo / Éster Vinílico del ácido Versático). Cabe resaltar que el éster vinílico del ácido versático es usado en copolimerización con el acetato de vinilo a fin de disminuir la Tg (Temperatura de transición vítrea) y aumentar la resistencia hacia la hidrólisis y descomposición ultra violeta del copolímero resultante. Además, esta dispersión se caracteriza por su excelente poder aglutinante.

Redipol RDP 04 aumenta la adherencia entre morteros y sustratos, mejora las propiedades mecánicas y facilita la construcción de los mismos. Por otro lado, tiene una alta resistencia a la compresión y alta resistencia inicial [25].

Anexo B. Etapas de proceso para la producción de pegantes

1- Extracción de arena sílice: En los yacimientos de arena, se extrae este producto utilizando materiales explosivos (ANFO), bajo las normativas legales que aprueba la licencia ambiental de cada yacimiento. Luego, la arena sílice es transportada desde el yacimiento hacia la planta tamizadora, por medio de transporte terrestre a granel. Una vez que ingresa a la planta, la arena es descargada en el tanque principal para continuar con la etapa de lavado.

2- Lavado: La arena sílice es lavada por medio de agua lluvia que es recogida en varios pozos con una profundidad de diez metros cada uno aproximadamente. El agua es impulsada por diferencia de presión desde cada pozo hacia el tanque principal por medio de una motobomba Diésel 4X4 pulgadas. Luego, el agua empuja la arena hacia el tanque de descarga a través de un canal por efecto de presión y gravedad. Este tanque tiene una capacidad de recepción de 30 toneladas y cuenta con una pared de mallas (Nº 100 y Nº 200) que permite la salida de agua hacia un pozo de lodos y retiene la mayor cantidad de arena. En esta etapa es importante destacar que el agua se recircula constantemente, y cuando el pozo de lodos llega al tope de su capacidad, este se drena y se deja a la intemperie por varios días hasta que el material sólido pase totalmente al fondo del pozo por decantación, con el fin de clarificar el agua.

3- Secado: Cuando se ingresa la arena sílice al horno secador, esta debe tener una humedad inferior a 12%. De esta forma, la arena es depositada en una tolva de recepción, luego es transportada hacia el interior del horno por una banda transportadora que es accionada por medio de un moto-reductor de 2 hP de fuerza.

4- Tamizado: El proceso de tamizado se lleva a cabo por medio de una máquina tamizadora que posee una batería de siete tamices ordenados de forma descendente con respecto a la abertura de malla. Debido al movimiento oscilatorio que realiza un eje sobre la máquina (impulsado por un motor eléctrico monofásico

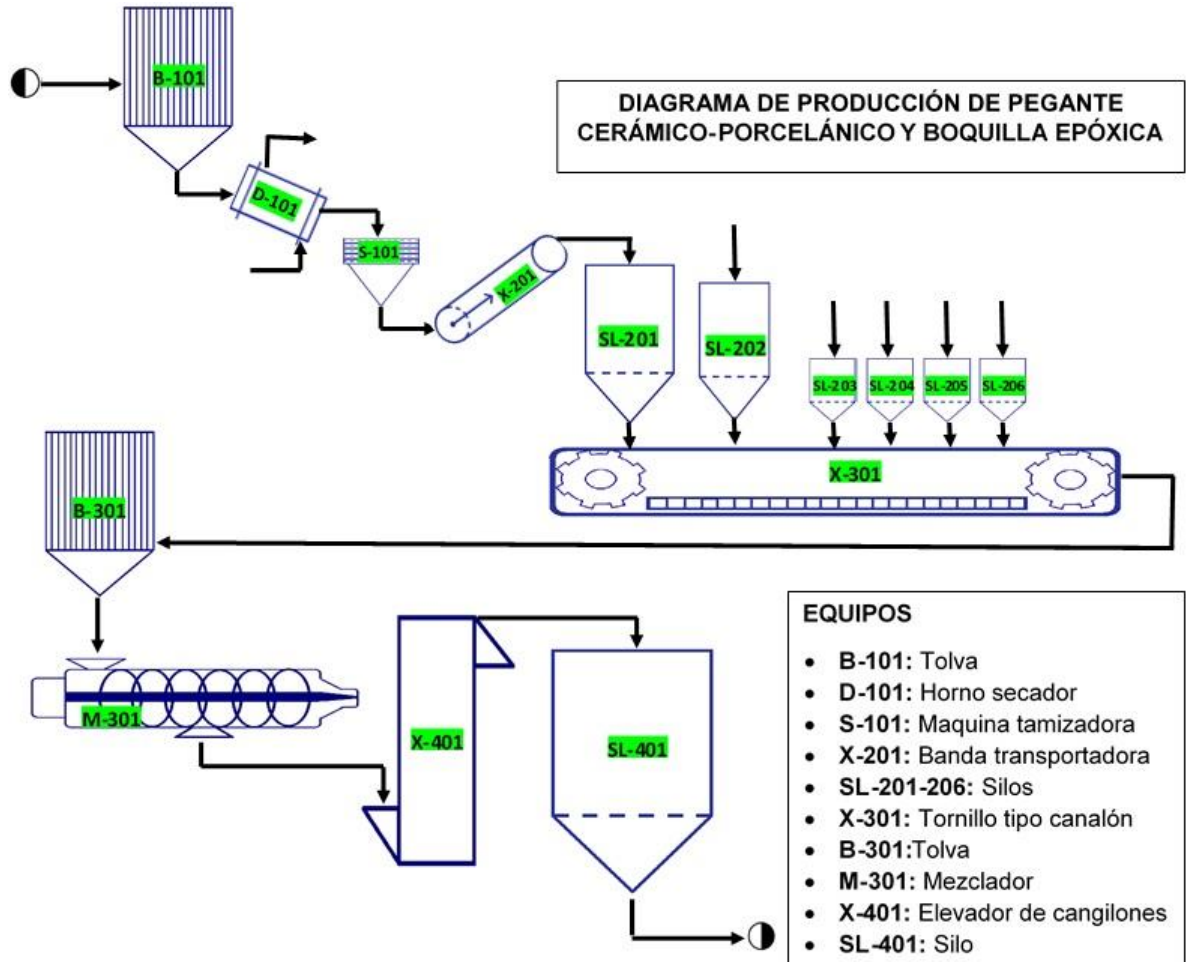
de 2 hP de fuerza), se obtiene el producto final, clasificado en las diferentes granulometrías permitidas por la Norma NTC 77. En este punto, cabe resaltar que la arena sílice utilizada para la producción de pegantes es la obtenida entre las mallas N° 40 y N° 250.

5- Recepción de la materia prima y Control de calidad: En esta etapa, se transporta y se almacena la arena sílice en el silo respectivo (SL 201). Luego, se hace una revisión de calidad del cemento (verificando la fecha de vencimiento y el buen estado del empaque), en seguida se carga al silo (SL 202) de acuerdo a la figura B 1. Paralelamente, se realiza el mismo procedimiento con los aditivos químicos. Por otro lado, de acuerdo a la formulación del producto deseado, se dosifica el peso de cada material en las respectivas básculas de pesaje. Terminado este proceso, los materiales se descargan en un tornillo sin fin tipo canalón, el cual los transporta hacia el mezclador para continuar con la siguiente etapa.

6- Mezclado: Esta etapa comienza con la carga de los materiales al equipo mezclador (durante cinco minutos), el cual está provisto de un eje rotatorio (accionado por un motor eléctrico trifásico de 5 hP de fuerza); alrededor del cual se encuentran adheridas una serie de aspas de forma helicoidal que garantizan un mezclado adecuado. Este equipo cuenta con una capacidad de diseño de 1250 Kg. Sin embargo, se opera por seguridad con el 80% de su capacidad (1000 Kg) [26], durante veinte minutos (tiempo ideal de mezclado), obteniéndose así 2 lotes/h de producto final con base en la formulación utilizada.

7- Empacado y Almacenamiento: Se desaloja el material del mezclador (durante cinco minutos), por medio de un elevador de cangilones hacia el silo de producto terminado (SL 401), para luego proceder al empacado, al peso y al sellado de cada saco (en presentaciones de 10 Kg y 25 Kg) por medio de las máquinas selladoras. Finalmente, se ubica el producto empacado en estibas de madera para su posterior distribución.

Figura B 1. Diagrama PFD para la producción de pegantes en la empresa PEGAFORD.



8- Distribución final: De acuerdo a los principales clientes (ferreterías, bodegas y obras civiles), el producto es cargado y transportado por los camiones de la empresa hacia su destino final.

Anexo C. Descripción detallada de los análisis para la determinación de las propiedades físicas y químicas de los pegantes

1- Tiempo de fraguado

Para la realización de este análisis, se necesitan los siguientes materiales y equipos: llana dentada, 36 placas cerámicas, 5 Kg de pegante (los cuatro tipos), batidora industrial, recipiente de plástico, espátula y cronómetro.

A continuación se describe el procedimiento a seguir.

Inicialmente se prepara el pegante (los cuatro tipos) con la cantidad de agua sugerida en cada formulación, mediante agitación mecánica hasta obtener una mezcla homogénea y libre de grumos. Luego, se aplica una capa delgada de cada adhesivo sobre las placas, usando la llana dentada de borde recto. Al cabo de esto, se aplica una capa más gruesa y se peina con la llana, dejando estrías de 6 mm x 6 mm a lo largo de cada placa. Posteriormente, las placas se colocan sobre el piso y la pared. A medida que transcurre el tiempo (dentro de las primeras cuarenta y ocho horas), estas se deben revisar, hasta observar a simple vista un fraguado total. Finalmente, se determina el tiempo de fraguado para cada adhesivo.

Se realiza esta prueba a tres placas cerámicas, por cada formulación propuesta.

2- Absorción de agua

Para llevar a cabo este análisis, se necesitan los siguientes materiales y equipos: báscula de pesaje, 24 moldes de hierro (dimensiones 8 X 16 X 4 cm), 5 Kg de pegante (los cuatro tipos), batidora industrial, recipiente de plástico, espátula, caneca para contener agua, paño de tela y cronómetro.

A continuación se describe el procedimiento a seguir.

Inicialmente se prepara el pegante (los cuatro tipos) con la cantidad de agua sugerida en cada formulación, mediante agitación mecánica hasta obtener una

mezcla homogénea y libre de grumos. Luego, se moldea cada pieza cerámica en el molde de hierro y se deja en reposo hasta completar su fraguado.

Se pesa cada pieza en la báscula y se registra como M1. A su término, se introducen las piezas en agua y se mantienen sumergidas totalmente durante media hora. Al cabo de este tiempo, las piezas se retiran y se procede a eliminar el exceso de agua que hay en la superficie de cada una, utilizando un paño seco. Luego, se pesa cada pieza y se registra este peso como M2.

Con esta información, se calcula el valor de la absorción inicial, mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{M2-M1}{M1} * 100 \quad (1)$$

Donde, M1 es el peso inicial y M2 es el peso final.

Se introducen nuevamente las piezas cerámicas en agua por un tiempo de dos horas. Luego, se repite el procedimiento anterior de secado y pesado para posteriormente realizar el cálculo de absorción final y absorción media utilizando la relación (1).

Se realiza esta prueba a dos piezas cerámicas, por cada formulación propuesta y los resultados se expresan en porcentaje de agua absorbida (% H₂O Absorbida) respecto a la masa en seco de las piezas, según la norma ISO 10545-3 [27].

3- Deslizamiento en superficies verticales

Para realizar este análisis, se necesitan los siguientes materiales y equipos: 36 placas cerámicas (dimensiones 10 X 10 cm), 5 Kg de pegante (los cuatro tipos), regla metálica, cinta de enmascarar (25 mm de ancho), calibrador pie de rey (con exactitud de 0,01 mm), 36 pesos (50 ± 0,1 Newton), 72 espaciadores hechos de acero inoxidable (dimensiones 25 mm X 25 mm), batidora industrial, recipiente de plástico, espátula, balde para contener agua, paño de tela, llana dentada y cronómetro.

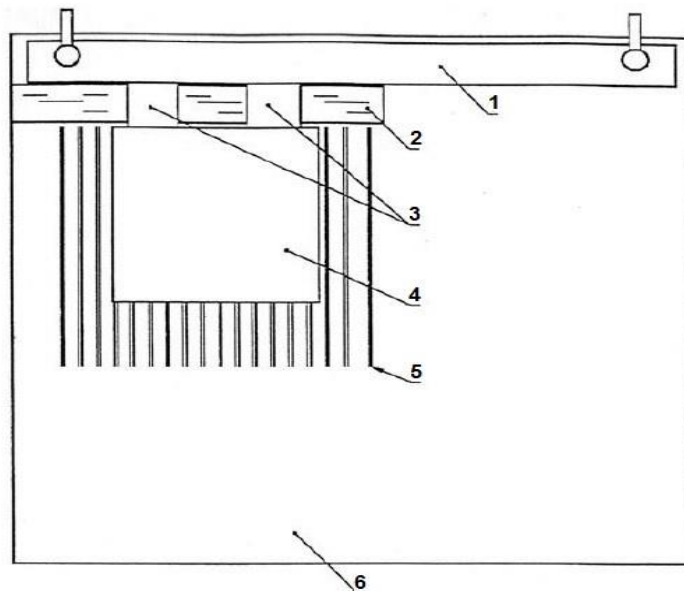
A continuación se describe el procedimiento a seguir.

Inicialmente se asegura la regla metálica en la parte superior de la pared de concreto de manera que su borde inferior sea horizontal cuando la placa sea levantada a su posición vertical. En seguida, se posiciona la cinta de enmascarar debajo de la regla metálica.

Se prepara el pegante (los cuatro tipos) con la cantidad de agua sugerida en cada formulación, mediante agitación mecánica hasta obtener una mezcla homogénea y libre de grumos. Al cabo de esto, se aplica una delgada capa de pegante a la pared de concreto por medio de la llana lisa. Luego, se aplica una capa más gruesa de pegante en la superficie de la pared, de tal forma que sólo cubra el borde inferior de la cinta. En este punto, se peina el pegante en ángulos rectos a la regla con una llana dentada que tiene dientes de 6 mm X 6 mm.

Se remueve inmediatamente la cinta, se posicionan los espaciadores contra la regla y después de (2 ± 1 minutos) se colocan las placas contra los espaciadores, como se muestra en la figura 8 y se carga cada una con un peso de ($50 \pm 0,1$ Newton) por (30 ± 5 segundos).

Figura C 1. Colocación de la placa cerámica para la prueba de deslizamiento en superficies verticales.



- | | |
|---|---|
| 1. Regla metálica | 4. Placa cerámica de dimensiones: 10 cm X 10 cm |
| 2. Cinta de enmascarar de 25 mm de ancho | 5. Pegante |
| 3. Espaciadores de dimensiones: 25 mm X 25 mm | 6. Pared de concreto |

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4381:2000-08-30 [7].

Se remueven los espaciadores y se mide la distancia entre la regla metálica y cada placa con el calibrador pie de rey. Inmediatamente y con mucho cuidado, se levanta cada placa a una posición vertical. Después de (20 ± 2 minutos) se vuelve a medir la abertura, como antes, a su punto máximo. El deslizamiento máximo de una placa cerámica bajo su propio peso es la diferencia entre las dos lecturas [28].

Se realiza esta prueba a tres placas cerámicas, por cada formulación propuesta y se informan los resultados en milímetros.

**Anexo D. Resultados que evalúan las propiedades físicas y químicas de los
pegantes propuestos en PEGAFORD**

1- Tiempo de fraguado

Como esta prueba se realiza a tres placas cerámicas por cada formulación propuesta, a continuación se presenta el dato promedio de cada grupo de placas:

Tabla D 1. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para cada tipo de pegante

PRUEBA DE FRAGUADO			
TIEMPO	Pegante Cerámico Gris		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	Se desprende	Se desprende
12 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
24 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
48 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
TIEMPO	Pegante Cerámico Blanco		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	No se desprende	Se desprende
12 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
24 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
48 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
TIEMPO	Pegante Porcelánico		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende

2 horas	Se desprende	No se desprende	No se desprende
12 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
24 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
48 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
TIEMPO	Boquilla Epóxica		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
12 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
24 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende
48 horas	No se desprende	No se desprende	No se desprende

Figura D 1. Prueba de fraguado en piso porcelanato (dimensiones 60 cm X 60 cm) utilizando pegante cerámico gris.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD

Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura D 2. Prueba de fraguado en piso porcelanato (dimensiones 60 cm X 60 cm) utilizando pegante porcelánico.



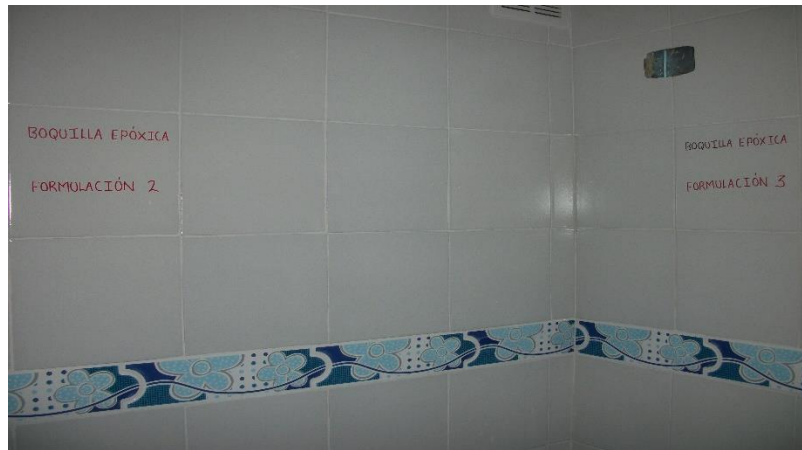
Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura D 3. Prueba de fraguado en pared sobre superficie cerámica-concreto (dimensiones 25 cm X 20 cm) utilizando pegante cerámico gris.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura D 4. Prueba de fraguado en pared sobre superficie cerámica-concreto (dimensiones 25 cm X 20 cm) utilizando boquilla epóxica.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura D 5. Prueba de fraguado en pared sobre superficie cerámica-concreto (dimensiones 26 cm X 22 cm) utilizando pegante cerámico blanco.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura D 6. Prueba de fraguado en pared sobre superficie cerámica-concreto (dimensiones 26 cm X 22 cm) utilizando pegante porcelánico.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD

Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

2- Absorción de agua

Como se realiza esta prueba a dos piezas cerámicas por cada formulación propuesta, a continuación se presenta el dato promedio de cada par de piezas:

Tabla D 2. Datos obtenidos en la prueba de absorción de agua para cada tipo de pegante

PRUEBA DE ABSORCIÓN DE AGUA			
	Pegante Cerámico Gris		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
M1 [g]	609	671	664
M2 (½ hora) [g]	628	693	687
M2 (2 horas) [g]	652	709	706
% H ₂ O Absorbida 1	3,12	3,28	3,46
% H ₂ O Absorbida 2	7,06	5,66	6,33
% H ₂ O Absorbida promedio	5,09	4,47	4,89
	Pegante Cerámico Blanco		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
M1 [g]	787	692	735
M2 (½ hora) [g]	841	711	772

M2 (2 horas) [g]	885	724	781
% H ₂ O Absorbida 1	6,86	2,75	5,03
% H ₂ O Absorbida 2	12,45	4,62	6,27
% H ₂ O Absorbida promedio	9,66	3,68	5,65
	Pegante Porcelánico		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
M1 [g]	762	738	698
M2 (½ hora) [g]	815	758	738
M2 (2 horas) [g]	841	780	763
% H ₂ O Absorbida 1	6,95	2,71	5,73
% H ₂ O Absorbida 2	10,37	5,69	9,31
% H ₂ O Absorbida promedio	8,66	4,2	7,52
	Boquilla Epóxica		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
M1 [g]	835	897	907
M2 (½ hora) [g]	879	931	951
M2 (2 horas) [g]	907	955	979
% H ₂ O Absorbida 1	5,27	3,79	4,85
% H ₂ O Absorbida 2	8,62	6,47	7,94
% H ₂ O Absorbida promedio	6,95	5,13	6,40

Figura D 7. Moldes para la prueba de absorción de agua utilizando todos los pegantes.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Autor del Proyecto

Figura D 8. Prueba de absorción de agua utilizando todos los pegantes.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD
Realizado Por: Autor del Proyecto

3- Deslizamiento en superficies verticales

Como se realiza esta prueba a tres placas cerámicas por cada formulación propuesta, a continuación se presenta el dato promedio de cada grupo de placas:

Tabla D 3. Datos obtenidos en la prueba de deslizamiento en superficies verticales para cada tipo de pegante

PRUEBA DE DESLIZAMIENTO EN SUPERFICIES VERTICALES			
POSICIÓN [mm]	Pegante Cerámico Gris		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Inicial	1	4	2
Final	7	4,5	6
Máxima	6	0,5	4
POSICIÓN [mm]	Pegante Cerámico Blanco		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Inicial	3	2	1
Final	15	2,6	3
Máxima	12	0,6	2
POSICIÓN [mm]	Pegante Porcelánico		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Inicial	2	3	2
Final	4	3,4	3
Máxima	2	0,4	1
POSICIÓN [mm]	Boquilla Epóxica		
	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Inicial	1	1	1
Final	1,5	1,3	1,5
Máxima	0,5	0,3	0,5

Anexo E. Resultados que evalúan las propiedades físicas y químicas de los pegantes elaborados por la competencia

1- Tiempo de fraguado

Como esta prueba se realiza a tres placas cerámicas por cada tipo de pegante, a continuación se presenta el dato promedio de cada grupo de placas:

Tabla E 1. Datos obtenidos en la prueba de fraguado para los pegantes de PEGAMASTER y SIKA COLOMBIA

PRUEBA DE FRAGUADO			
TIEMPO	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	Se desprende	No Se desprende
12 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
24 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
48 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
TIEMPO	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
10 min	Se desprende	Se desprende	Se desprende
½ hora	Se desprende	Se desprende	Se desprende
2 horas	Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
12 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
24 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende
48 horas	No Se desprende	No Se desprende	No Se desprende

2- Absorción de agua

Como se realiza esta prueba a dos piezas cerámicas por cada tipo de pegante, a continuación se presenta el dato promedio de cada par de piezas:

Tabla E 2. Datos obtenidos en la prueba de absorción de agua para los pegantes de PEGAMASTER y SIKA COLOMBIA

PRUEBA DE ABSORCIÓN DE AGUA			
	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
M1 [g]	824	725	895
M2 (½ hora) [g]	905	815	905
M2 (2 horas) [g]	918	935	986
% H ₂ O Absorbida 1	9,83	12,41	1,18
% H ₂ O Absorbida 2	11,42	28,96	10,17
% H ₂ O Absorbida promedio	10,62	20,69	5,64
	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
M1 [g]	721	831	896
M2 (½ hora) [g]	800	898	900
M2 (2 horas) [g]	835	939	991
% H ₂ O Absorbida 1	10,97	8,06	0,45
% H ₂ O Absorbida 2	15,81	12,99	10,60
% H ₂ O Absorbida promedio	13,38	10,53	5,52

Figura E 1. Prueba de absorción de agua utilizando los pegantes de PEGAMASTER Y SIKA COLOMBIA.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD

Realizado Por: Autor del Proyecto

3- Deslizamiento en superficies verticales

Como se realiza esta prueba a tres placas cerámicas por cada tipo de pegante, a continuación se presenta el dato promedio de cada grupo de placas:

Tabla E 3. Datos obtenidos en la prueba de deslizamiento en superficies verticales para los pegantes de PEGAMASTER y SIKA COLOMBIA

PRUEBA DE DESLIZAMIENTO EN SUPERFICIES VERTICALES			
POSICIÓN [mm]	Pegantes de PEGAMASTER		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
Inicial	2	3	1
Final	11	4	1,5
Máxima	9	1	0,5
POSICIÓN [mm]	Pegantes de SIKA COLOMBIA		
	Pegante Cerámico	Pegante Porcelánico	Boquilla Epóxica
Inicial	2	2	1
Final	9	3,5	1,5
Máxima	7	1,5	0,5

Figura E 2. Deslizamiento en superficies verticales cerámica-concreto utilizando pegantes de PEGAFORD.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD

Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Figura E 3. Deslizamiento en superficies verticales cerámica-concreto utilizando pegantes de PEGAMASTER Y SIKA COLOMBIA.



Fuente: Cuarto de pruebas PEGAFORD

Realizado Por: Gerardo Díaz (Maestro de Construcción)

Anexo F. Cálculo de la Inversión

- **Inversión**

Es aquella que se realiza en bienes tangibles y se utiliza para garantizar la operación del proceso. La inversión fija está constituida entre otras por: la construcción de las instalaciones, maquinaria y equipo, vehículos, etc. La inversión fija se clasifica en depreciable (sujeta a la depreciación) y no depreciable (no sujeta a la depreciación). Para el caso específico de este proyecto, no se presenta inversión fija no depreciable debido a que no se debe invertir en un terreno y/o construcción para la fabricación de los nuevos pegantes [9].

- **Maquinaria y Equipo**

En la Tabla F 1 se presenta el costo del equipo mezclador requerido para realizar la estandarización de los pegantes. Este mezclador planetario de eje vertical es accionado por un motor de 2 hP de fuerza y tiene una capacidad de producción de 2 m³ X lote /h. Además, es adecuado para mezclar productos como mortero seco, pegantes en polvo para cerámicas, boquillas para pisos, masillas, arenas para moldes de fundición, vidrio, productos químicos, fertilizantes y demás productos en polvo que requieran una mezcla homogénea en poco tiempo.

Cabe resaltar que como PEGAFORD cuenta con los equipos descritos en el diagrama PFD de la figura 3, sus costos no se incluyen dentro de la inversión fija. A su vez, se tuvo en cuenta que la ciudad de Bogotá D.C queda a 230 Km de Sogamoso y la maquinaria no supera 5 Toneladas en peso, por lo que se consultó en el área financiera de PEGAFORD asignándole un precio de 270.000 COP por el transporte del equipo, el cual se llevará en uno de los vehículos de la empresa. La cotización realizada del equipo se muestra en la Figura F 1.

Tabla F 1. Cotización del equipo.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario (COP)	I.V.A	Valor Total (COP)	% I.V.A
1	Planetario MP Ref 0050	\$37'530.000	\$6'004.800	\$43'534.800	16
Total				\$43'534.800	

Fuente: Domat Ltda.

Al costo total, se le adicionan 6% por instrumentación y control, 10% por tuberías y un 10% por instalaciones eléctricas tal como se presenta en la Tabla F 2 [9].

Tabla F 2. Costo total de maquinaria y equipos.

Ajustes al proceso	Inversión (Pesos)
Equipos Utilizados + Envío	43'804.800
Instrumentación y Control (6%)	2'628'288
Tuberías (10%)	4'380.480
Instalaciones Eléctricas (8%)	3'504.384
Costo total de maquinaria y equipos	54'317.952

Fuente: Área de transporte PEGAFORD y Autor del Proyecto

- **Inversión en diferidos**

Es la inversión que se realiza por la compra de servicios necesarios para la puesta en marcha del proceso. Corresponde al 8% sobre el costo total de maquinaria y equipos [9], presentándose en la Tabla F 3.

Tabla F 3. Inversión en diferidos.

Activo	Inversión (Pesos)
Puesta en marcha (8%)	3'504.384
Total diferidos	3'504.384

Figura F 1. Cotización del equipo



COTIZACION No: FA-7012

Cliente: PEGAFORD
 Dirección: SOGAMOSO
 Contacto: SEBASTIAN FORERO
 E-mail: sebastian.pegaford@gmail.com

NIT:
 Teléfono:
 Celular: 3144126334
 Fecha: 02/07/2013



Descripcion	Cant.	Precio Und.	Total.
Mezclador de eje vertical planetario 375/250, con recubrimiento en lámina antidesgaste, con capacidad de 100 lt de hormigon vibrado por bache, sistema de reducción de 7.5 HP, con soporte a piso.	1	\$ 37.530.000,00	\$ 37.530.000,00
Descarga hidraulica independiente con motor de 1,5 HP, con bomba auxiliar manual, paletas de mezcla en fundición NY-Hard, anillo semicircular para agua-aditivos, SIN CUADRO ELECTRICO NI ARRANCADOR.			
Subtotal			\$ 37.530.000
IVA 16%			\$ 6.004.800
Total			\$ 43.534.800

Condiciones comerciales	
Forma de pago:	50 % con la orden de compra, 50 % a la entrega.
Tiempo de entrega:	30 días
Sitio de entrega:	Nuestras instalaciones en Bogotá.
Validez de la oferta:	30 días.
Montaje:	El montaje corre por cuenta del cliente, con la asesoría del fabricante. Para el arranque del equipo se enviará un técnico por 1 día sin ningún costo de mano de obra, siendo por cuenta del cliente los tiquetes, la alimentación y el hospedaje.
Garantía:	DOMAT LTDA entrega una garantía por escrito de un año por defectos de fabricación y fallas de funcionamiento, no incluye partes eléctricas ni electrónicas.

FABIAN A. RIVEROS C.
 Director Comercial
 Cel: (57) 313 8801934
fabian.riveros@domatlt.com

Fuente: Domat Ltda.

- **Inversión en capital de trabajo**

Corresponde al conjunto de recursos necesarios para la operación en forma normal del proyecto durante un ciclo productivo. Debido a que las materias primas son los insumos principales para llevar a cabo el proyecto de estandarización de pegantes, se tiene como indicador de la empresa que el capital de trabajo de inventarios equivale al 1% sobre el valor total de las ventas y un 0,5 % por cartera, lo que equivale en días de rotación a 35 días [9].

Tabla F 4. Inversión en capital de trabajo.

Capital de trabajo	Inversión (Pesos)
Puesta en marcha	119'676.820
Total	119'676.820

Anexo G. Costos de la producción de pegantes en la empresa PEGAFORD

- **Materia Prima**

Para el caso específico de este proyecto, los costos de las materias primas utilizadas en el proceso de estandarización de pegantes se evidencian en la tabla 3. En este punto es importante notar que el costo del transporte de cada materia prima está incluido dentro de los costos totales descritos anteriormente. Además, el costo del Redipol RDP 04 sustituto del Vinavil E06 PA se evidencia en la tabla G 1.

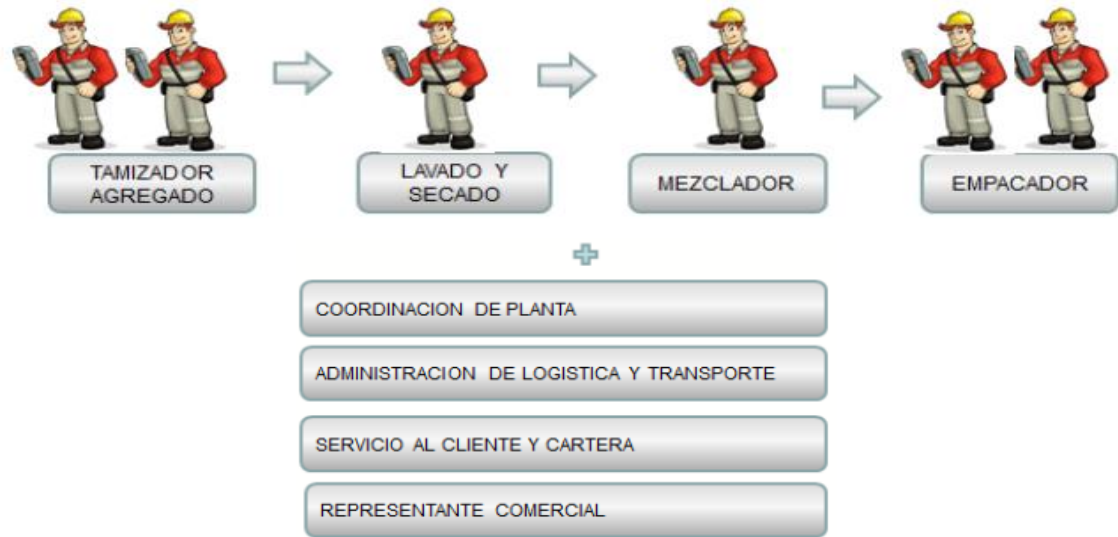
Tabla G 1. Costos de materia prima sustituta.

Materia Prima	Costo Kilogramo (Pesos)	Consumo por Lote (Kg)	Costos (COP/mes)
Redipol RDP 04	8.700	3,3	5'254.800
Transporte	150		90.600
Total			5'345.400

- **Mano de obra**

Debido a que se va hacer uso de las jornadas de trabajo rutinarias para realizar el proceso de estandarización de pegantes y se va hacer el cambio del mezclador actual, no se requiere la contratación de un nuevo operario que esté a cargo del equipo. Actualmente PEGAFORD cuenta con 6 personas en el área de operaciones y 4 personas en el área administrativa y comercial. La planta opera 6 días a la semana (De lunes a sábado), en turnos de 8 horas al día, cubriendo así en su totalidad todos los procesos llevados a cabo. A continuación se presenta la distribución de talento humano de la planta:

Figura G 2. Talento humano de la empresa PEGAFORD



- **Servicios Industriales**

Corresponde al valor destinado a gastos de energía eléctrica, acueducto y alcantarillado. Para la determinación de consumo de dichos servicios, se tuvo en cuenta los valores de consumo en el proceso actual de fabricación de pegantes. Además, este valor se ajustó a los datos de producción en el proceso de estandarización del presente estudio. En la tabla G 4 se presenta con más detalle el costo de los servicios industriales.

Tabla G 4. Costos de servicios industriales para la estandarización de pegantes.

Servicios Industriales	Unidades	Cantidad por Lote	Costo Unitario (Pesos)	Costo Anual (Pesos)
Energía Eléctrica	Kw/h	1,26	456	3'300.000
Acueducto	m ³	0,025	1200	254.844
Alcantarillado	m ³	0,025	520	110.196
Total				3'665.040

Fuente: Secretaría PEGAFORD

- **Costo por mantenimiento**

Se toma como valor el 5% del costo de la maquinaria y equipo [9]. Ver tabla G 5.

Tabla G 5. Costo por mantenimiento.

Costo por mantenimiento	Costo (Pesos)
Costo por mantenimiento (5%)	2'190.240
Total	2'190.240

- **Cargos por depreciación**

En la tabla G 6 se presenta el valor correspondiente y el porcentaje empleado para el cálculo de los cargos por depreciación [9].

Tabla G 6. Cargos por depreciación.

Concepto	Inversión Inicial (Pesos)	Tasa (%)	Depreciación Anual (Pesos)
Maquinaria y Equipo	43'804.800	10	4'380.480
Total			4'380.480

Anexo H. Resultados Financieros de la producción de pegantes

Tabla H 1. Flujo de caja y rentabilidad para los primeros cinco años de funcionamiento de la empresa.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Caja y Rentabilidad						
Flujo de Operación		96.527.296	81.970.257	97.566.725	108.282.165	119.457.100
Flujo de Inversión	-100.000.000	-186.653.561	-12.190.452	-11.489.912	-11.600.145	-12.306.809
Flujo de Financiación	100.000.000	0	-16.159.519	-17.019.156	-22.529.292	-28.271.954
Flujo de caja para evaluación	-100.000.000	-90.126.265	69.779.805	86.076.813	96.682.020	107.150.291
Flujo de caja descontado	-100.000.000	-76.378.191	50.114.770	52.389.006	49.867.510	46.836.380
Criterios de Decisión						
Tasa mínima de rendimiento a la que aspira el emprendedor	18%					
TIR (Tasa Interna de Retorno)	22,86%					
VAN (Valor actual neto)	22.829.475					
PRI (Periodo de recuperación de la inversión)	1,85					
Duración de la etapa improductiva del negocio (fase de implementación) en meses	6 mes					
Nivel de endeudamiento inicial del negocio, teniendo en cuenta los recursos del fondo emprendedor. (AFE/AT)	0,00%					
Periodo en el cual se plantea la primera expansión del negocio (Indique el mes)	0 mes					
Periodo en el cual se plantea la segunda expansión del negocio (Indique el mes)	0 mes					

Tabla H 2. Matriz financiera de la estandarización de pegantes.

	Un.	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Variables Macroeconómicas							
Inflación	%		4,00%	3,25%	3,01%	3,02%	3,04%
Devaluación	%		8,00%	2,28%	4,55%	2,74%	0,87%
IPP	%		4,00%	3,25%	3,01%	3,02%	3,02%
Crecimiento PIB	%		5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
DTF T.A.	%		8,63%	7,94%	7,08%	6,33%	5,59%
Ventas, Costos y Gastos							
Precio Por Producto							
Precio Saco de pegante cerámico Gris X 25	\$/ unid.		7.500	7.800	8.054	8.296	8.547
Precio Saco de pegante cerámico Blanco X 2	\$/ unid.		11.500	11.960	12.349	12.721	13.105
Precio Saco de pegante porcelánico X 25 Kg	\$/ unid.		18.000	18.720	19.329	19.911	20.512
Precio Caja de Boquilla Epóxica	\$/ unid.		5.000	5.200	5.369	5.531	5.698
Precio	\$/ unid.		0	0	0	0	0
Unidades Vendidas por Producto							
Unidades Saco de pegante cerámico Gris X 2	unid.		192.000	196.800	201.720	206.763	211.932
Unidades Saco de pegante cerámico Blanco	unid.		17.016	17.441	17.877	18.324	18.782
Unidades Saco de pegante porcelánico X 25	unid.		31.032	31.808	32.603	33.418	34.254
Unidades Caja de Boquilla Epóxica	unid.		94.200	96.555	98.969	101.443	103.979
Unidades	unid.		0	0	0	0	0
Total Ventas							
Precio Promedio	\$		7.973,9	8.292,9	8.562,8	8.820,6	9.086,9
Ventas	unid.		334.248	342.604	351.169	359.949	368.947
Ventas	\$		2.665.260.000	2.841.175.344	3.006.981.489	3.174.979.625	3.352.574.058
Rebajas en Ventas							
Rebaja	% ventas		0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Pronto pago	\$		0	0	0	0	0
Costos Unitarios Materia Prima							
Costo Materia Prima Saco de pegante cerám	\$/ unid.		6.896	7.172	7.405	7.628	7.859
Costo Materia Prima Saco de pegante cerám	\$/ unid.		8.576	8.919	9.209	9.487	9.773
Costo Materia Prima Saco de pegante porcel	\$/ unid.		13.627	14.172	14.633	15.074	15.529
Costo Materia Prima Caja de Boquilla Epóxic	\$/ unid.		1.855	1.929	1.992	2.052	2.114
Costo Materia Prima	\$/ unid.		0	0	0	0	0

Costos Unitarios Mano de Obra						
Costo Mano de Obra Saco de pegante cerám	\$ / unid.	300	312	322	332	342
Costo Mano de Obra Saco de pegante cerám	\$ / unid.	300	312	322	332	342
Costo Mano de Obra Saco de pegante porcel	\$ / unid.	300	312	322	332	342
Costo Mano de Obra Caja de Boquilla Epóxic	\$ / unid.	400	416	430	442	456
Costo Mano de Obra	\$ / unid.	0	0	0	0	0
Costos Variables Unitarios						
Materia Prima (Costo Promedio)	\$ / unid.	6.185,8	6.433,2	6.642,6	6.842,6	7.049,1
Mano de Obra (Costo Promedio)	\$ / unid.	328,2	341,3	352,4	363,0	374,0
Materia Prima y M.O.	\$ / unid.	6.513,9	6.774,5	6.995,0	7.205,7	7.423,1
Otros Costos de Fabricación						
Otros Costos de Fabricación	\$		221.200.000	228.398.883	235.277.446	242.378.375
Costos Producción Inventariables						
Materia Prima	\$	2.067.575.280	2.204.041.597	2.332.665.704	2.462.990.247	2.600.759.118
Mano de Obra	\$	109.694.400	116.934.567	123.758.669	130.672.987	137.982.261
Materia Prima y M.O.	\$	2.177.269.680	2.320.976.164	2.456.424.373	2.593.663.234	2.738.741.379
Depreciación	\$	5.782.234	5.782.234	5.782.234	5.782.234	5.782.234
Agotamiento	\$	0	0	0	0	0
Total	\$	2.183.051.914	2.326.758.398	2.462.206.607	2.599.445.468	2.744.523.612
Margen Bruto	\$	18,09%	18,11%	18,12%	18,13%	18,14%

Gastos Operacionales							
Gastos de Ventas	\$		180.000.000	124.800.359	123.905.361	123.613.974	123.621.730
Gastos Administración	\$		35.000.000	36.400.105	37.856.218	39.370.580	40.945.521
Total Gastos	\$		215.000.000	161.200.464	161.761.579	162.984.554	164.567.252
Capital de Trabajo							
Cuentas por cobrar							
Rotación Cartera Clientes	días		35	35	35	35	35
Cartera Clientes	\$	0	259.122.500	276.225.381	292.345.423	308.678.575	325.944.700
Provisión Cuentas por Cobrar	%		1%	1%	1%	1%	1%
Inventarios							
Invent. Prod. Final Rotación	días costo		15	15	15	15	15
Invent. Prod. Final	\$	0	90.960.496	96.948.267	102.591.942	108.310.228	114.355.151
Invent. Prod. en Proceso Rotación	días		0	0	0	0	0
Invent. Prod. Proceso	\$	0	0	0	0	0	0
Invent. Materia Prima Rotación	días compras		5	5	5	5	5
Invent. Materia Prima	\$	0	28.716.323	30.611.689	32.398.135	34.208.198	36.121.654
Total Inventario	\$		119.676.820	127.559.955	134.990.077	142.518.426	150.476.805
Inversiones (Inicio Periodo)							
Terrenos	\$	0	0	0	0	0	0
Construcciones y Edificios	\$		0	0	0	0	0
Maquinaria y Equipo	\$	57.822.336	0	0	0	0	0
Muebles y Enseres	\$		0	0	0	0	0
Equipo de Transporte	\$		0	0	0	0	0
Equipos de Oficina	\$		0	0	0	0	0
Semovientes pie de Cria	\$	0	0	0	0	0	0
Cultivos Permanentes	\$	0	0	0	0	0	0
Total Inversiones	\$		0	0	0	0	0
Otros Activos							
Valor Ajustado	\$	0	0	0	0	0	0
Estructura de Capital							
Capital Socios	\$	34.000.000	34.000.000	34.000.000	34.000.000	34.000.000	34.000.000
Capital Adicional Socios	\$		0	0	0	0	0
Obligaciones Fondo Emprender	\$	0	0	0	0	0	0
Obligaciones Financieras	\$	0	0	0	0	0	0

Dividendos						
Utilidades Repartibles	\$	0	160.293.297	159.983.102	219.298.533	286.219.617
Dividendos	%	50%	50%	50%	50%	50%
Dividendos	\$	0	88.646.649	44.168.227	51.741.829	59.331.456

Tabla H 3. Estado de pérdidas y ganancias en el proceso de estandarización de pegantes.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ESTADO DE RESULTADOS					
Ventas	2.665.260.000	2.841.175.344	3.006.981.489	3.174.979.625	3.352.574.058
Devoluciones y rebajas en ventas	0	0	0	0	0
Materia Prima, Mano de Obra	2.177.269.680	2.320.976.164	2.456.424.373	2.593.663.234	2.738.741.379
Depreciación	5.782.234	5.782.234	5.782.234	5.782.234	5.782.234
Agotamiento	0	0	0	0	0
Otros Costos	0	221.200.000	228.398.883	235.277.446	242.378.375
Utilidad Bruta	482.208.086	293.216.946	316.376.000	340.256.711	365.672.071
Gasto de Ventas	180.000.000	124.800.359	123.905.361	123.613.974	123.621.730
Gastos de Administracion	35.000.000	36.400.105	37.856.218	39.370.580	40.945.521
Provisiones	2.591.225	171.029	161.200	163.332	172.661
Amortización Gastos	0	0	0	0	0
Utilidad Operativa	264.616.861	131.845.453	154.453.220	177.108.825	200.932.158
Otros ingresos					
Intereses	0	0	0	0	0
Otros ingresos y egresos	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	264.616.861	131.845.453	154.453.220	177.108.825	200.932.158
Impuestos (35%)	87.323.564	43.508.999	50.969.563	58.445.912	66.307.612
Utilidad Neta Final	177.293.297	88.336.453	103.483.658	118.662.913	134.624.546

Tabla H 4. Flujo de caja y rentabilidad para los primeros cinco años a partir de la estandarización de pegantes.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de Caja y Rentabilidad						
Flujo de Operación		272.990.320	50.475.151	116.887.655	132.084.828	148.441.141
Flujo de Inversión	-34.000.000	-378.799.320	-24.986.016	-23.550.163	-23.861.501	-25.224.505
Flujo de Financiación	34.000.000	0	-88.646.649	-44.168.227	-51.741.829	-59.331.456
Flujo de caja para evaluación	-34.000.000	-105.809.000	25.489.135	93.337.492	108.223.327	123.216.636
Flujo de caja descontado	-34.000.000	-89.668.644	18.305.900	56.808.079	55.820.388	53.859.127
Criterios de Decisión						
Tasa mínima de rendimiento a la que aspira el emprendedor	18%					
TIR (Tasa Interna de Retorno)	34,84%					
VAN (Valor actual neto)	61.124.850					
PRI (Periodo de recuperación de la inversión)	0,70					
Duración de la etapa improductiva del negocio (fase de implementación) en meses	6 mes					
Nivel de endeudamiento inicial del negocio, teniendo en cuenta los recursos del fondo emprender. (AFE/AT)	0,00%					
Periodo en el cual se plantea la primera expansión del negocio (Indique el mes)	0 mes					
Periodo en el cual se plantea la segunda expansión del negocio (Indique el mes)	0 mes					