



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**MEJORA EN EL PROCESO DE OPALIZACIÓN
DE VIDRIO**

Laura Marcela Pereira Rico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
química

Medellín, Colombia

2019



MEJORA EN EL PROCESO DE OPALIZACIÓN DE VIDRIO

Laura Marcela Pereira Rico

Informe de práctica para optar al título de:
Ingeniera química

Asesores:

Externo: Clara Isabel Londoño Restrepo. Ingeniera química.

Interno: Jorge Omar Gil Posada. Ingeniero químico.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería química
Medellín, Colombia
2019.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. MARCO TEÓRICO.....	4
4. METODOLOGÍA	4
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	5
5.1. Con respecto a la calidad utilizando el proceso frozen	5
5.2. Con respecto a la evaluación del consumo del insumo (proceso frozen).....	8
5.3. Con respecto al insumo vitri.....	8
5.4. Con respecto a la viabilidad económica.....	10
6. CONCLUSIONES	11
7. BIBLIOGRAFÍA	12

MEJORA EN EL PROCESO DE OPALIZACIÓN DE VIDRIO

RESUMEN

Actualmente, en la planta Colcerámica-La Estrella, se opalizan fichos de vidrio usando un insumo actual que es aplicado por medio de pantalla sobre la superficie del vidrio. El precio de este insumo nacional hace que el proceso de opalizado de vidrio tenga un alto costo y por lo tanto el uso de este tipo de semi elaborados se ve restringido al momento de realizar el diseño de los mosaicos, pues estos deben tener un precio asequible y competitivo en el mercado. Es por esto por lo que se han buscado alternativas para reemplazar el insumo actual por otro. En este caso se hicieron ensayos a nivel del laboratorio para verificar si el proceso frozen y vitri podrían reemplazar al proceso actual. Se realizó un estudio económico teniendo en cuenta el proceso frozen para compararlo con el proceso actual. El proceso vitri no es viable para reemplazar el actual, puesto que su tonalidad mate no es la deseada por la empresa, pero puede ser utilizado para decorar vidrio. El proceso de opalizado de vidrio por medio de ataque ácido da como resultado un alto margen de ganancia a comparación con el proceso que se realiza actualmente en la planta.

PALABRAS CLAVE: vidrio, frozen, vitri, insumo, opalizado.

1. INTRODUCCIÓN

El vidrio es un material cerámico no cristalino compuesto en gran proporción por átomos de silicio rodeados por oxígeno en redes tridimensionales, además de elementos que actúan como fundentes, opacificantes y colorantes [1]. Los fundentes actúan sobre la red formadora de la estructura base y hacen del vidrio un material altamente sensible a la corrosión [2]. Una de las principales características de este material es la transparencia que se puede alterar por medio de técnicas de opalizado, que permiten obtener una superficie opaca usada para generar efectos decorativos.

El mateado es una técnica que se utiliza para eliminar la transparencia del vidrio y se realiza por métodos mecánicos o químicos. Este último método, consiste en la implementación de soluciones compuestas por ácido que, al entrar en contacto con la superficie del vidrio, genera una reacción de corrosión que permite lograr un efecto opaco sobre el material. Este tipo de técnicas se vienen explorando desde el siglo XVIII, con el fin de modificar las propiedades técnicas del vidrio o acrecentar su aspecto estético [3].

El presente trabajo hace referencia al mejoramiento del proceso de opalizado de vidrio que se utiliza hoy en día en Colcerámica Planta la Estrella. Un vidrio opalizado es un vidrio que por medio de aplicación de sustancias pierde su brillo, obteniendo una apariencia mate u opaca.

El vidrio con esta característica se utiliza normalmente en mosaicos para decoraciones de interiores. Hoy, las personas se inclinan más hacia tendencias para la decoración de sus hogares y/o empresas, en las cuales los mosaicos se destacan. Por esto, cada día hay más interés por parte de las empresas de revestimientos que buscan innovar en sus productos y como el vidrio opalizado, juega un papel importante en algunos de estos, se desea encontrar un proceso en donde el efecto siga siendo significativo y más económico que los insumos actualmente usados en la empresa, puesto que esta tiene un costo bastante alto.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general: comparar el proceso del insumo actual con alternativas que sean efectivas y a la vez más económicas para el mejoramiento de opalización de vidrio.

2.2. Objetivos específicos:

- Encontrar dentro del proceso frozen un punto donde la solución genere mejor calidad del opalizado con respecto a la fórmula original y relacionar la calidad con la cantidad, teniendo en cuenta el límite de consumo que tenga la solución el sobre el opalizado.
- Validar a nivel de laboratorio la calidad de opalizado que se puede obtener en el vidrio utilizando el proceso vitri.
- Realizar un análisis de costos del proceso frozen, comparando con el costo obtenido del proceso actual realizado en planta.

3. MARCO TEÓRICO

El tema principal de este trabajo estará centrado en el proceso de opalización de vidrio y otros métodos alternativos para llegar a este. El concepto de opalizado puede definirse como la decoración obtenida a partir del ataque químico a la superficie del vidrio, haciendo que este obtenga un aspecto mate u opaco. (CALDAS, 2009)

Al método utilizado en la empresa se le llama insumo actual, un compuesto especialmente formulado que al contacto con la superficie del vidrio realiza una reacción química, en la cual se elimina su brillo (CORONA, 2016), pero por cuestiones económicas, han estado surgiendo proyectos para reemplazarlo. El más estudiado es el proceso frozen, que consiste en introducir el vidrio en una solución de dos compuestos químicos mezclados con agua y en un tiempo determinado se realiza el contacto de esta con la superficie del vidrio, haciendo que pierda su brillo. Por ahora no se han obtenido avances tan significativos y todavía se cuestiona como aplicar el proceso en planta.

Los métodos expuestos anteriormente, se aplican en el vidrio después de ser quemado en el horno, a diferencia de otro método donde “se utiliza una serigrafía que es una base opaca con vehículo, llamado también vitri” (Restrepo, 2019). Este se aplica junto con las adiciones de decoración del vidrio, se quemara y posteriormente, se obtiene un aspecto opaco.

Por motivos económicos se han propuesto ideas para reemplazar el insumo actual, sin embargo, no se han obtenido grandes avances; se desea realizar pruebas y análisis de como otro proceso superaría al actual con respecto a calidad, consumo y costos.

4. METODOLOGÍA

Para comparar el proceso del insumo actual con otras alternativas, es necesario realizar actividades a nivel de laboratorio, que se describen en la tabla 1, con el fin de determinar las condiciones necesarias para obtener fichos de vidrio opalizados de buena calidad y con una alta eficiencia en el proceso.

Tabla 1. Descripción de las actividades realizadas para la consecución de los objetivos específicos

OBJETIVO	ACTIVIDADES
Específico 1	Se realizaron ensayos a nivel de laboratorio para obtener una solución química más viable económicamente y a su vez, que tuviera la calidad de opalizado de la fórmula original
	Medir el consumo de insumos por ficho al momento de realizar el proceso de opalizado con el frozen
Específico 2	Se realizaron ensayos a nivel de laboratorio para determinar el alcance de calidad que se genera usando el vitri
Específico 3	Se tomaron los estándares reales del proceso de opalizado que se realiza actualmente en la planta (gran parte por equipo de Planta LE)
	Se midieron los estándares del nuevo proceso frozen

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1. *Con respecto a la calidad utilizando el proceso frozen*

Para el proceso frozen, se parte de una solución con un pH ácido que debe ser controlada a lo largo de la operación del mateado de vidrio. De acuerdo con la ficha técnica del proveedor del insumo, se debe agregar un 50% del componente A, un 21% del componente B y un 29% de agua para obtener el acabado deseado. El producto de la preparación de esta solución tiene un pH de 2 (ácida), una densidad de 0,98 g/ml, es de color blanco y tiene cristales suspendidos debido a la reacción de cristalización que se genera entre los reactivos antes mencionados. Además, los componentes A y B no son solubles en agua por lo cual se tiene presencia de sólidos con alta velocidad de sedimentación en la solución. Con estas características, es necesario un tiempo de 2 ± 1 minutos en el proceso de inmersión para lograr el efecto sobre los fichos de vidrio.

Se tienen dos puntos de vista:

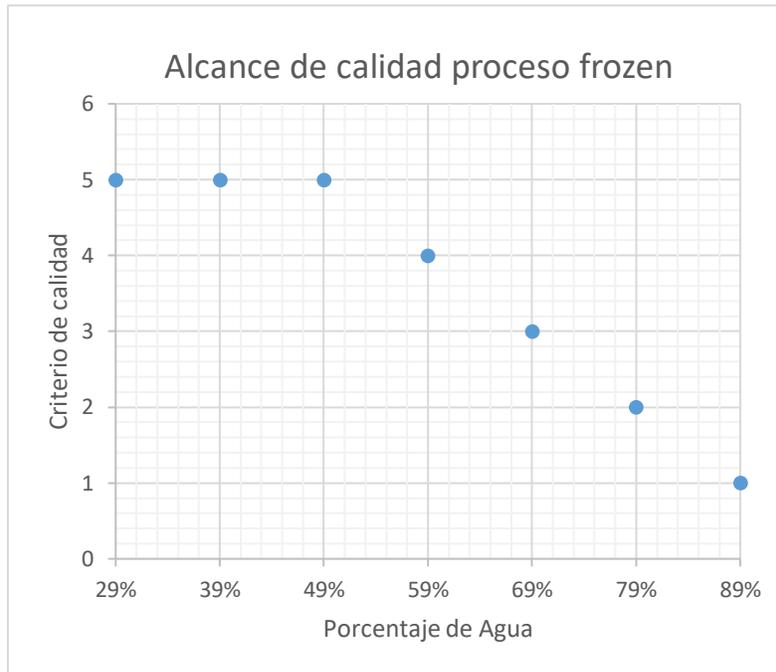
- Una forma sencilla fue utilizar los porcentajes originales de los compuestos A y B, y variar el porcentaje del agua, únicamente con el fin de observar el alcance que el proceso frozen tiene. Teniendo en cuenta el tiempo estimado por el proveedor. Se realizaron seis ensayos aumentando el porcentaje del agua un 10% en cada uno como se explica en la tabla 2:

Tabla 2. Porcentaje de agua utilizado en cada ensayo

Solución	Porcentaje Agua
1A (Original)	29%
2A	39%
3A	49%
4A	59%
5A	69%
6A	79%
7A	89%

Se tomó a criterio una escala de 0 a 5 para calificar el resultado obtenido en cada ensayo. Siendo 5: totalmente opalizado, 4: pocas pecas brillantes, 3: varias pecas brillantes, 2: ‘nube

brillante'', 1: pecas pequeñas opacas, 0: totalmente brillante. En la gráfica 1, se puede observar como el alcance que se obtuvo en calidad aumentado el porcentaje de agua.



Gráfica 1. Alcance de calidad proceso frozen

A continuación, se muestra cómo va decreciendo la calidad visualmente:

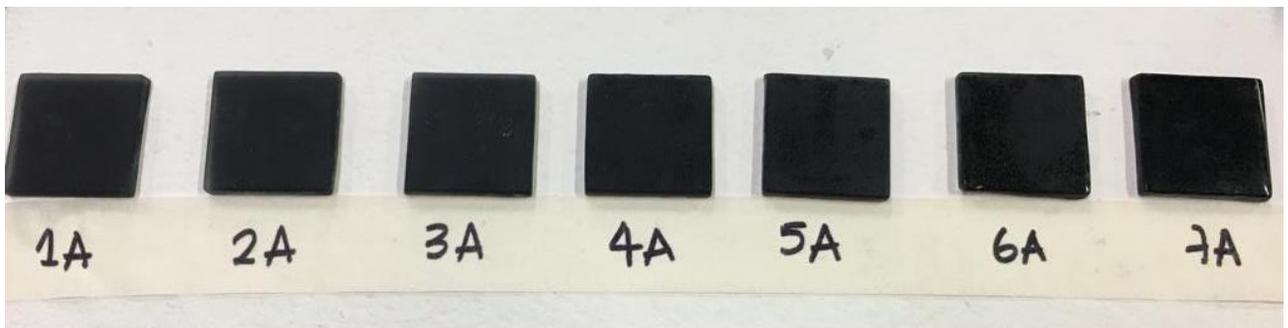


Figura 1. Alcance de calidad proceso frozen visual

Con respecto a lo anterior, se puede observar que se puede obtener un buen resultado de opalizado en el ficho de vidrio aumentando el porcentaje de agua solo hasta el 49%. Es una expectativa no tan alta, pero es viable usarla.

- Otra forma, fue que, a partir de la caracterización de la solución, se encontraron dos factores importantes a tener en cuenta en la construcción del proceso: tiempo y concentración. Se realizaron ensayos en donde se varió la concentración de la solución con el fin de tener un menor consumo de los insumos y se observó que entre menor es la concentración es necesario dejar actuar la solución por mayor tiempo.

En lugar de partir entonces, con las proporciones dadas por el proveedor, se partió de una solución con 38% del componente A, 16% del componente B y 44% de agua con un aumento

del tiempo de residencia de 2 minutos a 3 minutos. En la figura 2 se puede observar los resultados obtenidos al opalizar un ficho con la solución preparada de acuerdo con el proveedor (figura 2a) y al opalizarlo con una solución diluida (figura 2b).

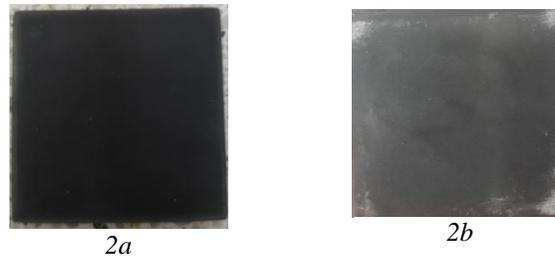


Figura 2. 2a. Ficho opalizado con una solución al 71% (concentración dada por el proveedor del insumo). **2b.** Ficho opalizado con una solución al 54%.

A partir de la figura 2 se puede observar la variación de la calidad del efecto al alterar la concentración de la solución, lo que no es beneficioso para el proceso, por lo que se decide continuar trabajando con las proporciones dadas por el proveedor. Lo que se busca con tener una solución más diluida, es tener una menor cantidad de sólidos sedimentados sobre la superficie del ficho de vidrio; esto es de suma importancia, pues entre más sólidos se tengan sobre el ficho mayor es la dificultad al momento de lavarlo debido a la gran adherencia que se da entre ambas superficies. Para evitar esto, se propone el uso de un agente suspensor como el bentone, que permita disminuir la velocidad de sedimentación de los sólidos. Se realizaron diversos ensayos en lo que se varió la cantidad de bentone agregada a la solución y se concluyó que un 7% de este compuesto permite alcanzar el objetivo planteado. Al realizar pruebas a la solución, se encuentra que este producto no varío el pH (se mantiene en 2), pues se esperaba que, al ser de un compuesto básico al entrar en contacto con la solución ácida, generara una neutralización afectando la solución y su efecto sobre los fichos. Sin embargo, al momento de realizar la operación de opalizado, la cantidad de sólidos que quedan sobre la superficie cuando se agrega y no se agrega el suspensor no varía como se puede observar en la figura 3 y además la calidad de los fichos se ve afectada como se muestra en la figura 4:

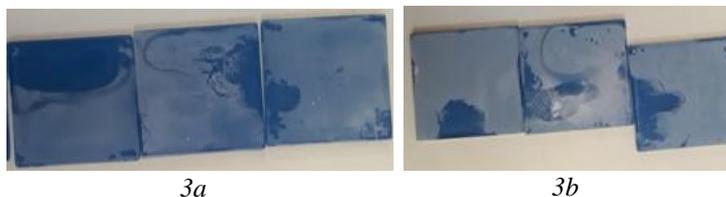


Figura 3. 3a. Sólidos sobre la superficie de vidrio luego de opalizar en una solución sin suspensor. **3b.** Sólidos sobre la superficie de vidrio luego de opalizar en una solución con 7% de bentone.



Figura 4. Calidad del ficho de vidrio luego de ser opalizado en una solución al 7% de bentone.

Es a partir de estos resultados que se busca generar un proceso de lavado donde el agua este a alta presión y permita remover los sólidos que quedan adheridos a la superficie, ya que si no se retiran se pueden generar efectos como manchas y parches que desencadenan en un mal acabado del producto. Se realizaron ensayos usando una hidrolavadora con suficiente presión y cantidad de agua para lograr un lavado completo del producto. Este proceso de lavado y su respectivo análisis, lo realizó el equipo de planta LE.

5.2. Con respecto a la evaluación del consumo del insumo (proceso frozen)

Para esto se prepararon 8 kg de la solución y se comenzó a opalizar fichos de vidrio hasta que el efecto no tuviera la calidad requerida; se obtuvo un consumo de 0,36 kg/m². Sin embargo, al ser la calidad un factor cualitativo se tiene un margen de error ligado a la subjetividad de la persona que realiza el proceso, por lo que se propone tener un tablero de fichos negros opalizados, donde se identifiquen fichos de buena y mala calidad. De esta forma, cuando la persona que esté realizando el proceso de opalizado detecte una variación en el efecto final del producto, puede validar con este tablero, opalizando un ficho negro en la solución y comparando con los patrones preestablecidos.

5.3. Con respecto al insumo vitri

Con una base de 20g de insumo, se realizaron tres ensayos. Teniendo en cuenta que este insumo se aplica como una serigrafía por pantallas sobre el vidrio crudo y decorado, lo que se varió fue la concentración del insumo (al 100, al 90 y al 85%), el número de hilos de la pantalla y se observó como cambiaba el efecto haciendo quema en el horno y en la mufla.

Una serigrafía está compuesta principalmente por tres componentes: uno o varios pigmentos de diferentes colores, una o varias bases que ayudan a que el pigmento adquiera una característica especial (sea fundente, dureza, entre otros) y un vehículo que es el medio con el que se va a diluir o generar una mezcla homogénea que nos facilita la aplicación en planta.

El vitri es una base serigráfica que le da al vidrio un aspecto opaco.



Figura 5. Vidrio crudo y decorado



Figura 6. Aplicación del vitri en pantalla sobre el vidrio crudo y decorado

Estos ensayos fueron netamente hechos para observar el efecto del insumo sobre el vidrio y si se podía lograr el aspecto opaco que se necesita sobre el vidrio. En la tabla 3, se puede observar los resultados obtenidos en cada ensayo, la concentración del insumo varía de manera descendente, es decir, siendo el primer ficho de la columna al 100% y el tercero al 85%.

Tabla 3. Ensayos del proceso vitri

N° Hilos	Horno	Mufla
68		
77		
90		

Como se puede observar el efecto de opalizado se ve mejor en los ensayos quemados en la mufla comparándolos con los quedamos en el horno, teniéndose un mejor resultado en el ensayo usando una pantalla de 90 hilos.

A continuación, se puede comparar el opalizado obtenido con el insumo del proceso vitri y del obtenido con el insumo actual:



Figura 7. Vidrio opalizado por vitri (90 H) y con el insumo actual

Con respecto a la figura anterior, se puede decir que al insumo de vitri le falta mucho para llegar al opalizado deseado en los fichos de vidrio, por lo que no sería viable utilizarlo como alternativa para reemplazar el insumo actual.

Se realizaron varios ensayos utilizando el insumo de vitri para decoración de vidrio y se obtuvieron resultados llamativos. A continuación, se puede observar lo mencionado.



Figura 8. Efectos vitri como decoración

5.4. Con respecto a la viabilidad económica

El estudio de la viabilidad económica del nuevo proceso frozen, parte de unos estándares que deben ser medidos y cuantificados tanto para el proceso actual como para el proceso que se busca implementar. El proceso cuenta con una etapa de organización de los fichos, inmersión en la solución ácida, lavado y secado de los fichos de vidrio.

Como modelo de cálculo de los costos del proceso, se debe tener en cuenta tanto el valor de los insumos y mano de obra como el tiempo que lleva producir una determinada cantidad del producto. Como materia prima, los insumos requeridos para el proceso frozen tienen un costo de \$43.790 el kg,

mientras que el insumo actual tiene un valor de \$194.198 el kg. Aunque para el nuevo proceso se incurre en un costo adicional relacionado con la mano de obra necesaria para la preparación de la solución, que es de aproximadamente \$1.105 por cada kg que se prepare, la reducción del costo como insumo de casi el 77% permite que el proceso siga siendo rentable desde el punto de vista de materia prima.

Por otro lado, están los costos relacionados con el tiempo que lleva el proceso de opalizado de vidrio. En la tabla 4, se presenta el paralelo entre el tiempo que toma el proceso de opalizado actual y el que se estima se demore el proceso frozen, basados en ensayos realizados en la línea.

Tabla 4. Valor del proceso de opalizado de vidrio actual y el nuevo proceso a implementar. (Datos suministrados por equipo de planta LE)

CONCEPTO	Insumo actual	Frozen
Tarifa Opalizado (\$/h)	\$ 52.293	\$ 52.293
Estándar Opalizar (h/m ²)	0,22	0,05
Estándar Lavar (h/m ²)	0,47	0,1
Costo proceso (\$/m ²)	\$ 36.082	\$ 7.837

A partir de la tabla 4 se puede observar que el costo del nuevo método como proceso es casi una quinta parte del costo que conlleva el proceso actual, lo que sumado al costo de la materia prima da como resultado una reducción del 82%. Para lograr los resultados obtenidos en la tabla 4, se debe cumplir con tiempos y estándares en cada una de las etapas del proceso como se muestra en la tabla 5, en donde se puede observar que los tiempos de las etapas no varían con el formato, pero la cantidad de fichos que se deben opalizar en cada uno de esos tiempos si cambia con la dimensión del ficho.

Tabla 5. Tiempo objetivo para cada una de las etapas del proceso con relación a la cantidad de fichos que se van a opalizar.

Formato Fichos	Cantidad por bandeja	Tiempo en cada etapa (min)			
		Organización	Inmersión	Lavado	Secado
4,8x4,8	36				
2,3x4,8	77	1	2	0,95	5
2,3x2,3	143				

Actualmente en planta la Estrella, se opalizan alrededor de 20 m² de fichos al mes, esto tiene un costo con el proceso actual de \$1'608720 y con el nuevo proceso se busca reducir este costo a \$286.777. Esta reducción también se ve claramente en el tiempo requerido para opalizar dicha producción al mes, pues con el insumo actual son necesarias 14 horas, lo que se traduce en casi dos turnos, mientras que con el proceso frozen se reduce el tiempo para opalizar los mismo 20 m² a 3 horas.

6. CONCLUSIONES

El proceso vitri no es viable para reemplazar el proceso actual, puesto que su tonalidad mate no es la deseada por la empresa, pero puede ser utilizado como insumo para decorar vidrio con un aspecto mate.

El proceso de opalizado de vidrio por medio de ataque ácido da como resultado un alto margen de ganancia en comparación con el proceso que se realiza actualmente en la planta. Es un proceso de alto cuidado en el que implementos como guantes y caretas son de vital importancia para garantizar la seguridad de la persona encargada del opalizado de los fichos de vidrio. Es un proceso viable tanto

técnica como económicamente, en donde tanto la etapa de inmersión como la de lavado son de vital importancia para asegurar la calidad del producto, por lo que se necesitan métodos de control para lograr, predecir y prevenir daños en la producción.

En el proceso se generan dos residuos que deben ser tratados con el fin de no ocasionar perjuicios a nivel ambiental. El agua utilizada en el proceso de lavado debe ser neutralizada una vez alcance su tiempo de vida útil, con el fin de no oxidar las tuberías por las que se transporta hacia la planta de tratamiento de agua. Por otro lado, cuando la solución ácida pierde su efecto, se genera una pasta hidratada que debe ser retirada del tanque y dispuesta según lo indicado por el área ambiental.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Tercera. PWS publishing company.
- [2] M. A. Corzo and N. Valentín, Conservación de vidrieras históricas: análisis y diagnóstico de su deterioro : restauración. Getty Conservation Institute, 1997.
- [3] F. Orgaz Orgaz and I. Jimenez Calvo, “El proceso de mateado del vidrio,” Bol. la Soc. española cerámica y Vidr., vol. 21, pp. 163–173.

ANEXO

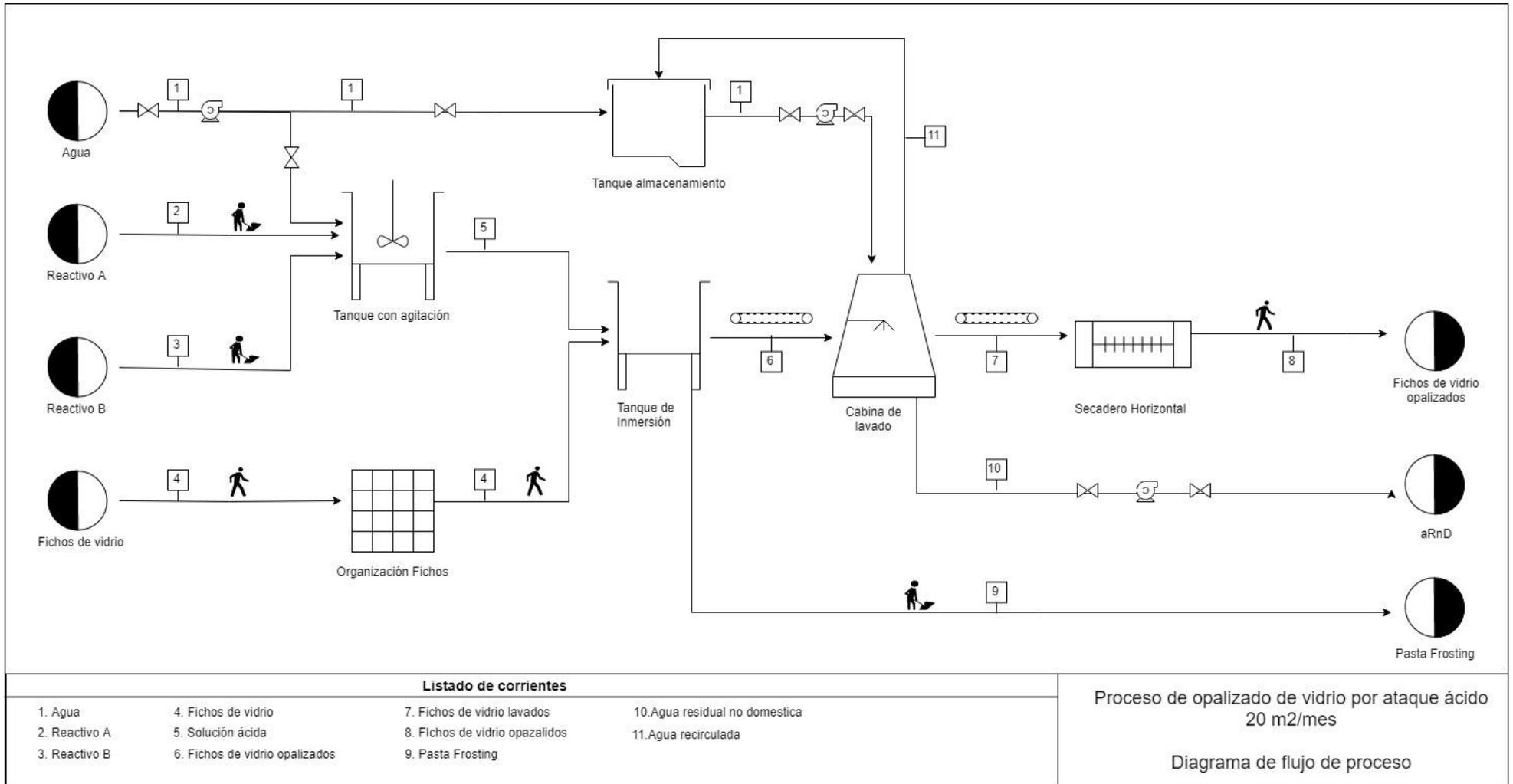


Figura 1a. Diagrama de flujo del proceso de opalizado de vidrio por ataque ácido. (Diagrama hecho por el equipo de planta LE)