



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

SITEMA DE ESTUDIO MODULAR DE INGENIERÍA QUÍMICA

“SEMIQ”

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISPERSIÓN UTILIZANDO AGUA DE LAVADO
DE RESINAS EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS ACUOSAS”**

Tesis de Grado previa la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

Realizado por:

OSWALDO JAVIER SILVA ESCOBAR

Riobamba - Ecuador

2011

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Alvarez DECANO FAC. CIENCIAS	_____	_____
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR Esc. Ing. Qca.	_____	_____
Ing. Gonzalo Sánchez DIRECTOR DE TESIS	_____	_____
Ing. Mario Villacrés MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Ing. Hugo Calderón MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	_____
Tecn. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DOCUM.	_____	_____
NOTA DEL INFORME	_____	

Agradecimiento

Al culminar una de mis metas propuestas, quiero dejar constancia de mi más sincero agradecimiento a Dios por ser quien nos guía por el camino de la superación y nos bendice llenándonos la vida de satisfacciones.

Un reconocimiento muy especial a mis Profesores los Ingenieros: Gonzalo Sánchez, Mario Villacrés, Hugo Calderón y Anibal Brito, quienes me orientaron para el desarrollo y ejecución del presente trabajo de investigación.

A Pinturas Cóndor por ser la entidad que me ayuda a forjar mi vida profesional llenando mi vida de alegrías y satisfacciones.

Dedicatoria

Con mucho amor:

A mis hijas Cristel y Valentina que en compañía de mi esposa Paulina son el motor del sentimiento que me empuja a luchar y forjar los deseos de superación.

A mis padres quienes con su ejemplo y apoyo me han sabido llevar por el camino del bien e inculcar la constante búsqueda de la felicidad.

Oswaldo S.

Yo, Oswaldo Javier Silva Escobar soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

INDICE DE ABREVIATURAS

°C	grado centígrado
cps	centipoises
d	densidad
DQO	demanda química de oxígeno
g	gramo
INEN	instituto ecuatoriano de normalización
Kg.	kilogramo
Ku	unidades Krebs
L	litro
mL	mililitros
m³	metros cúbicos
Ns	unidades nort star
P1	peso 1 (kilos)
P2	peso 2 (kilos)
Ppv	peso papel vacío
Pf	peso final
Pm	peso muestra
rpm	revoluciones por minuto
ril	residuo industrial líquido
std	estándar
ton	tonelada
um	micrómetro
V	volumen

TABLA DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
RESPONSABILIDAD	
INDICE DE ABREVIATURAS	
	Pp:
RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
INTRODUCCIÒN.....	III
ANTECEDENTES.....	V
JUSTIFICACIÒN.....	VII
OBJETIVOS.....	VIII
CAPITULO I	Pp:
1. MARCO TEÓRICO.....	01
1.1. PINTURA.....	01
1.1.1. COMPOSICIÒN DE LAS PINTURAS.....	01
1.1.1.1. LIGANTES O RESINAS.....	03
1.1.1.2. PIGMENTOS.....	04
1.1.1.3. CARGAS - PIGMENTOS INERTES.....	06
1.1.1.4. SOLVENTES.....	07
1.1.1.5. ADITIVOS.....	08
1.1.2. CLASIFICACIÒN.....	10
1.1.2.1. CLASIFICACIÒN DE PINTURA SEGÚN LA RESINA O LIGANTE.....	10

1.1.2.2.	CLASIFICACION DE PINTURA SEGUNA LA FORMA DE PRESENTACIÓN.....	13
1.1.2.3.	CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN SU FUNCIÓN.....	14
1.1.2.4.	CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN EL DISOLVENTE.....	16
1.1.3.	FABRICACIÓN DE PINTURAS	16
1.1.4.	CONTROL DE CALIDAD DE LAS PINTURAS	19
1.1.5.	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PINTURAS ACUOSAS.....	20
1.2.	PROCESO DE DISPERSION DE PIGMENTOS	20
1.2.1.	ETAPAS EN EL PROCESO DE DISPERSIÓN	22
1.2.2.	FORMULACION DE LA PASTA DE DISPERSIÓN.....	25
1.2.3.	DISPERSIÓN DE PIGMENTOS EN AGITADOR	26
1.2.4.	INFORMACION OPERATIVA.....	27
1.2.4.1.	DISPERSOR.....	27
1.2.5.	EQUIPOS DE DISPERSIÓN POR IMPACTO VERSUS EQUIPOS QUE TRABAJAN POR FRICCIÓN	29
1.2.6.	EQUIPO DISPERSOR DE ALTA VELOCIDAD (HSD)	30
1.2.7.	CARACTERISTICAS DE LAS PARTÍCULAS.....	31
1.2.7.1.	TAMAÑO OPTIMO DE PARTÍCULA.....	31
1.2.8.	PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LA DISPERSION	33
1.3.	GENERACIÓN DE RESIDUOS	35
1.3.1.	GENERALIDADES	35
1.3.2.	FUENTES	35

1.3.3.	RECICLAJE	37
1.3.4.	OPCIONES DE GESTION AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE FABRICACION DE PINTURAS.....	38
1.3.4.1.	REUTILIZACION Y RECICLO	41

CAPITULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL	45
2.1.	MUESTREO DE AGUA DE LAVADO	47
2.2	MÉTODOS Y TÉCNICAS	47
2.2.1.	DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA DE DISPERSIÓN.....	52
2.2.1.1.	MT0011 DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD METODO DEL VISCOSIMETRO BROKFIELD (MODELO KU-1).....	52
2.2.1.2.	MT000X DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCION OLFATIVA.....	54
2.2.1.3.	MT0020 DETERMINACION DEL PH EN SOLUCIONES.....	55
2.2.1.4.	MT0002 DETERMINACIÓN DE LA FINURA Y LIMPIEZA DE DISPERSIÓN DE SISTEMAS PIGMENTO-VEHÍCULO	56

CAPITULO III

3.	CALCULOS Y RESULTADOS.....	58
3.1	CALCULOS.....	58
3.1.1.	CALCULO DE LA POTENCIA DE UNA BOMBA PARA EL TRANSPORTE DEL AGUA DE LAVADO HACIA EL PROCESO DE DISPERSIÓN	58
3.2	RESULTADOS	63

3.2.1.	RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PASTA DE DISPERSIÓN	63
3.2.1.1.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL PARAMETRO DE VISCOSIDAD	63
3.2.1.2.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL PARAMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA.....	66
3.2.1.3.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL PARAMETRO DE PH	69
3.2.1.4.	RESULTADOS OBTENIDOS DEL PARAMETRO DE LIMPIEZA	72
3.2.2.	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PRODUCTO TERMINADO	75

CAPITULO IV

4.	ANALISIS DE RESULTADOS	77
4.1	ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	77
4.2.	ANALISIS DEL BENEFICIO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL	79

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1.	CONCLUSIONES	84
5.2	RECOMENDACIONES	86

BIBLIOGRAFIA	87
--------------------	----

BIBLIOGRAFIA INTERNET	88
-----------------------------	----

ANEXOS	89
--------------	----

INDICE DE FIGURAS

Pp:

FIGURA:

1.2.2-1 DIAGRAMA DE FABRICACIÓN DE PINTURAS	26
1.2.6-1 DIAGRAMA DE LA POSICIÓN CORRECTA DEL DISCO Y DIMENSIONES OPTIMAS DEL CONTAINER EN TERMINOS DEL DIAMETRO DEL IMPELLER	30
1.2.6-2 DIAGRAMA DEL DISCO IMPELLER DEL HSD	30
2.2-1 PARTICIPACIÓN PORCENTUAL EN PESO DE ADITIVO FUNGICIDA PRESENTE EN LA FORMULACIÓN DE PINTURAS ARQUITECTONICAS.....	48
2.2-2 EFLUENTE MENSUAL DE AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5.....	50
3.1.1-1 DIAGRAMA DEL SISTEMA DE DISPERSIÓN DE UNA PINTURA ACUOSA UTILIZANDO AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5	62
4.1-1 COMPARATIVO DE LA VISCOSIDAD DE LOS ENSAYOS REALIZADOS.....	77
4.1-2 COMPARATIVO DEL PARÁMETRO DE LA PERCEPCIÓN OLFATIVA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS	78

INDICE DE FOTOS

Pp:

FOTO:

1.1.1.2-1 PIGMETOS PRIMARIOS	4
1.1.3-1 MOLINO PARA PIGMENTOS	17
1.2-1 ADICION DE PIGMENTOS EN EL PROCESO DE DISPERSIÓN.....	21
1.2.1-1 PROCESO DE DISPERSIÓN DE PIGMENTOS	24
1.2.4.1-1 DISPERSADOR (COWLES) USADOS EN EL LABORATORIO.....	28
2-1 REACTOR MQ5	45
2-2 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5	46

INDICE DE TABLAS

Pp:

TABLA:

2-1.	DIMENSIONES Y CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5.....	46
2.2-1.	CANTIDAD PORCENTUAL DE ADITIVO FUNGICIDA PRESENTE EN LA FORMULACIÓN DE PINTURAS ARQUITECTONICAS.....	48
2.2-2.	CANTIDAD MENSUAL DE AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DEL REACTOR MQ5.....	49
3.1.1-1.	DATOS INICIALES PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.....	58
3.2.1.1-1.	VISCOSIDAD DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO	63
3.2.1.2-1.	PERCEPCIÓN OLFATIVO DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO	66
3.2.1.3-1.	PH DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.....	69
3.2.1.4-1.	LIMPIEZA DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.....	72
3.2.2-1.	PARÁMETROS TOMADOS EN PRODUCTO TERMINADO DEL L.V.A. (500 TROP) REFERENCIA NORMA NTE INEN 1544:87-04.....	75
4.1-3.	KILOS DE AGUA A SER REEMPLAZADOS DE ACUERDO AL ENSAYO N° 1 EN UN LOTE DE 11000 LITROS DE LÁTEX VINIL ACRILICO.....	79

4.2-1.	COSTEO DE PINTURA LÁTEX VINIL ACRÍLICO ESTÁNDAR VERSUS ENSAYO N° 1 PARA UN LOTE DE VOLUMEN REAL DE 11000 LITROS.....	80
4.2-2.	AHORRO POR DEJAR DE TRATAR EL AGUA DE LAVADO.....	81

INDICE DE GRAFICOS

Pp:

GRAFICO:

3.2.1.1-1.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).....	63
3.2.1.1-2.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ENSAYO 1 (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).....	64
3.2.1.1-3.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ENSAYO 2 (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).....	64
3.2.1.1-4.	CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.....	65
3.2.1.2-1.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).....	66
3.2.1.2-2.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).....	67
3.2.1.2-3.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).....	67
3.2.1.2-4.	CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.....	68
3.2.1.3-1.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).....	69
3.2.1.3-2.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).....	70
3.2.1.3-3.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).....	70

3.2.1.3-4.	CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.....	71
3.2.1.4-1.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).....	72
3.2.1.4-2.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).....	73
3.2.1.4-3.	CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).....	73
3.2.1.4-4.	CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.....	74

RESUMEN

La presente investigación trata del diseño de un sistema de dispersión utilizando agua de lavado de resinas en la fabricación de pinturas acuosas en la empresa Pinturas Cóndor S.A. de la ciudad de Quito.

El método utilizado es el método experimental. Los elementos usados para el análisis son: el agua de lavado del reactor de resinas, pasta de dispersión; y materiales varios como: vasos de precipitación, envases lacados, probetas y equipos de laboratorio.

Se realizan ensayos mediante el reemplazo del 25%, 50% y 100% del agua de servicio local por el agua de lavado de los reactores de resinas vinil acrílicas, incluyéndolas dentro de la fase de dispersión en la elaboración de la pintura arquitectónica marca Látex Vinil Acrílico.

Estos ensayos revelaron que con el reemplazo del 25% de agua, fue técnicamente viable y económicamente factible, evidenciado por el ahorro mensual además de la importancia del aporte ambiental generado.

Por otro lado, y como resultado del cálculo realizado se determina que se requiere una bomba centrífuga con una potencia de 2.2 HP para el transporte del agua de lavado de resinas, desde el tanque reservorio hacia el sistema de dispersión del látex vinil acrílico..

En conclusión, al término del presente trabajo se determinó que, si es posible diseñar un sistema de dispersión mediante la utilización de agua de lavado de resinas acuosas, hacia el proceso de dispersión de una pintura arquitectónica.

Por todos los ensayos y resultados, se recomienda empezar la ejecución y puesta en marcha del proyecto.

SUMMARY

The experimental method was applied was experimental. The components used on this analysis were: washing water from the resin reactor, dispersion paste; and various materials such as: beakers, lacquered containers, test tubes and laboratory equipment.

Testing was conducted through the 25%, 50% and 100% replacement of water of local service provider with washing water from the vinyl acrylic resin reactors, including it during the dispersion stage in the fabrication of the Vinyl Acrylic Latex brand of architectural paint.

These tests revealed that the replacement of the 25% makes it technically and economically viable. This was demonstrated by the monthly savings alongside the important environmental contribution generated.

On the other hand, and as a result of the calculation executed, it has been determined that a centrifugal pump with a power of 2.2 H.P. is necessary for the transportation of the resin washing water from the reserve tank to the vinyl acrylic latex dispersion system.

In conclusion, at the end of the analysis the possibility to design a dispersion system through the use of wash water from aqueous resins for the process of dispersion of an architectural paint was determined.

Due to the tests and results, the initiation and execution of the project is recommended.

.

INTRODUCCIÓN

La dispersión de pigmentos es una Operación Unitaria, que a pesar de implicar solo una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, es de suma importancia en diversos procesos industriales. La minimización de la contaminación debe ser también un objetivo de la industria, puesto que cada fase del proceso productivo ofrece posibilidades para trabajar aspectos ambientales.

La reutilización de residuos líquidos industriales RIL es una práctica muy extendida en numerosos países de manera que hoy día este tipo de aguas ha entrado a formar parte del proceso industrial y a ser consideradas como recursos hídricos alternativos que se toman en cuenta en todo tratamiento y para el cuidado del ambiente.

El desarrollo económico suele implicar la necesidad de disponer recursos hídricos adicionales para poder llevar a cabo las nuevas actividades industriales. El empleo posible de las aguas residuales industriales RIL se ha desarrollado en función de la implantación globalizada, y marcada por la ley en muchos países. En el Distrito Metropolitano de Quito, se ha implementado controles ambientales, sobre todo en las zonas industriales que buscan reducir los niveles de contaminación en la ciudad.

Pinturas Cóndor S.A., elabora una amplia gama de productos en las líneas arquitectónica, metalmecánica, repinte automotriz, madera, industrial, diluyentes y resinas y pegas.

En la planta de Resinas y Pegas se fabrican entre otras a las resinas vinil acrílicas, tanto para el consumo interno en la elaboración de pinturas al agua tipo emulsión (látex), como para la venta hacia fuera.

En este sentido existe una amplia oportunidad de ahorro de agua mediante el reciclado de la misma, la cual es utilizada en los procesos de la planta de producción. La mayor parte del agua residual en esta planta proviene del lavado de los reactores en donde se fabrican las resinas vinil acrílicas para la fabricación de pinturas arquitectónicas; actualmente ésta agua proveniente del lavado de los reactores se la envía directamente a la planta de tratamiento, para luego, ser liberada hacia la alcantarilla. La factibilidad de inclusión de esta agua dentro del proceso de dispersión en la fabricación de pinturas arquitectónicas, reduciría notablemente los costos de fabricación, con lo cual, la planta disminuye la compra y utilización de agua del servicio local, además del ahorro que conlleva realizar el tratamiento de aguas residuales.

Por todo lo mencionado anteriormente, se decidió darle un uso más adecuado a este material de desecho, fue por esto que el presente trabajo se centró en investigar la factibilidad para diseñar un sistema para conducir esta agua de lavado directamente al proceso de dispersión de una pintura arquitectónica (látex), sin afectación de este proceso. En tal virtud, los objetivos de esta investigación fueron: simular a nivel de laboratorio el proceso de dispersión utilizando agua de lavado de resinas en la fabricación de pinturas acuosas, definir la factibilidad técnica y económica para el transporte del agua de lavado directamente hacia la fase de dispersión de un látex y finalmente, identificar las variables de proceso en la fase de dispersión.

ANTECEDENTES

Pinturas Cóndor S.A. líder en el mercado ecuatoriano de pinturas y afines con una experiencia de más de 60 años, fue fundada como Cóndor Industria Química, para luego en el año de 1972 tomar su actual denominación Pinturas Cóndor S.A.

Desde esa fecha presenta un crecimiento acelerado dentro del mercado nacional e internacional de pinturas y afines. Bajo el mismo concepto se visualiza la construcción del Complejo Industrial en el sur de la ciudad de Quito, donde se construyeron las plantas de Pinturas, Resinas y Diluyentes. Con estas plantas industriales se comienza un proceso de sustitución de importaciones de materias primas.

Es pionera en el país en la consecución de implementar normas internacionales como ISO 9001 versión 2002, ISO 14001 versión 2004, Responsabilidad Integral 2002, Premio Nacional de la Calidad año 2005, OSHAS 18000, es miembro activo de la organización de productores de químicos del Ecuador APROQUE.

Cuenta con proveedores certificados para la adquisición de materias primas nacionales e importadas entregando así productos terminados de calidad los cuales son distribuidos y comercializados por cadenas de distribución.

La Organización posee una planta de tratamiento de aguas procedentes tanto del proceso productivo de la organización así como del producto resultante del lavado de tanques y reactores productores de resinas acuosas; precisamente estos residuos son los que se pretende recuperar incluyéndolo dentro del proceso de producción de un producto látex. De este trabajo no existen antecedentes previos que se hayan realizado

para reutilizar el agua de lavado de reactores o tanques de almacenamiento de productos acuosos.

La presente investigación se realiza en Pinturas Cóndor, hasta la determinación final del reemplazo adecuado de agua por la resultante del lavado de reactores, la verificación, validación e inclusión final dentro de la formulación de productos acuosos.

JUSTIFICACIÓN

Pinturas Cóndor S.A. produce la resina vinil acrílica usada en la fabricación de pinturas base acuosa, en un reactor con una capacidad de 10000 litros; cada quince días se realizan paradas programadas en la producción de esta resina para la limpieza del reactor.

Como resultado de dicha limpieza, se obtiene gran cantidad de agua de lavado (aproximadamente 15000 litros al mes), que en la actualidad es conducido directamente al tanque de tratamiento de agua, generando un gasto por este tratamiento.

Por su naturaleza, esta agua de lavado del reactor, es posible transportarla e incluirla dentro del sistema normal de dispersión en la fabricación de pinturas acuosas, con esto se evitaría enviar esta gran cantidad de agua de lavado al sistema de tratamiento, además del agua de suministro local que se dejaría de usar generando así un beneficio de tipo económico y ambiental.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Diseñar un sistema de dispersión utilizando agua de lavado de resinas en la fabricación de pinturas acuosas”

ESPECIFICOS:

- Simular a nivel de laboratorio el proceso de dispersión utilizando agua de lavado de resinas en la fabricación de pinturas acuosas.
- Identificar las variables de proceso en la fase de dispersión.
- Realizar el cálculo de la potencia de la bomba requerida para el transporte del agua de lavado, hacia el proceso de dispersión.
- Evaluar los beneficios económicos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. PINTURA

Es un recubrimiento orgánico, mezcla de varios componentes. Es un producto generalmente líquido que se aplica sobre una superficie, en la que al secarse (curado) forma una película que cumple con las funciones de protección, decoración, duración, belleza, color, etc. Los componentes de la pintura varían en gran manera en función del tipo de acabado que se requiera y de las condiciones de aplicación y secado.

1.1. 1. COMPOSICIÓN DE LAS PINTURAS

La composición genérica de una pintura es la siguiente, aun cuando algunos tipos pueden no contener todos los ingredientes:

- Pigmentos.
- Cargas (no es imperativo).
- Ligante o resina.
- Disolvente (no es imperativo).
- Aditivos.

En el listado anterior se han indicado no imperativos en algunos productos.

La razón está en que existen recubrimientos en los cuales no se utilizan cargas, disolventes o ninguno de los dos. Veamos ahora la función de cada uno de ellos:

Los pigmentos: son compuestos orgánicos o inorgánicos cuya misión es proporcionar a la pintura color y poder de cubrición. Los pigmentos son opacos tanto en estado seco como húmedo.

Las cargas: son, en general, de naturaleza inorgánica, aportan cuerpo, materia sólida, y dan estructura, viscosidad y reología a la pintura. Las cargas son opacas cuando están secas pero son translucidas en estado húmedo.

Resinas o ligantes: son productos cuya misión es la de mantener unidas las partículas sólidas, pigmentos y cargas, una vez la pintura está seca. Según el tipo de resina utilizada la pintura tendrá unas características de secado y resistencias determinadas. La terminología en el campo de las pinturas y recubrimientos es variada y por ello no debe extrañarnos encontrar indistintamente los términos resina, ligante, polímero, etc.

Disolventes: se llama así al agua y otros productos de naturaleza orgánica cuya misión es la de dar a la pintura una viscosidad óptima según el método de aplicación que debe utilizarse. Los disolventes se utilizan además para solubilizar las resinas y regular la velocidad de evaporación. La utilización de disolventes que no disuelven al ligante es frecuente en la formulación de pinturas en este caso se les nombra como co-solventes.

Aditivos: son productos que se dosifican en pequeñas cantidades para facilitar el proceso de fabricación de la pintura, aportar unas características concretas a la pintura seca, crear las condiciones adecuadas para que el secado se produzca de forma correcta y para estabilizar la pintura en el periodo de almacenamiento.

Dentro de este grupo de productos encontramos humectantes y dispersantes, para facilitar el mojado de los pigmentos y cargas, y su posterior dispersión y estabilización; espesantes, que se utilizan para obtener una consistencia determinada; agentes

reológicos, para dar un comportamiento determinado a la pintura durante y después del proceso de aplicación; y todo un etcétera de productos con misiones muy concretas.

1. 1.1.1. LIGANTES O RESINAS

Son los verdaderos formadores de película , aglutinan a los pigmentos y son los responsables de adherir al sustrato y propiedades como brillo, dureza, flexibilidad y resistencia química. Es tal su importancia en una pintura que solemos decir que con un buen vehículo podrá formularse una pintura buena o regular, pero con un vehículo malo jamás se podrá formular una buena pintura.

Clasificación

Según el origen, básicamente se pueden clasificar en sintéticos ó naturales, aunque no es extraño encontrar combinaciones de ambos-entre los naturales podemos citar la resinas colofoniadammar, goma lacacaseina, asfaltos y breas, aceites vegetales. Entre los sintéticos incluimos a los alquídicos ó gliceroftálicos, ureas y melaminas acrílicos, vinílicos, a base de caucho sintético clorado etc., poliésteres, siliconas, epoxiesuretánicas, fenólicas, etc.

Propiedades: en general las resinas naturales mencionadas son relativamente económicas y fácilmente solubles, pero por su bajo peso molecular y estructura química producen películas de pobre performance y escasa resistencia química, mecánica y a la intemperie.

1.1.1.2. PIGMENTOS

Son partículas sólidas discretas, capaces de impartir color y poder cubritivo suspendidas en una sustancia ligante, para la preparación de tintas, pinturas ó plásticos, en la cual son relativamente insolubles. Cuando aplicados en una película mantienen inalterable su forma, insolubilidad y estructura, sin teñir el sustrato como lo haría por ejemplo una anilina.

Obviamente por su estructura química se pueden dividir en dos grandes grupos: orgánicos e inorgánicos.



FOTO 1.1.1.2-1 PIGMENTOS PRIMARIOS

Clasificación

Los pigmentos orgánicos han sido clasificados por la asociación de químicos textiles de los Estados Unidos, con un sistema o nomenclatura internacionalmente reconocida, llamada colour index. .Este sistema identifica a cada pigmento con un nombre único y un número particular, indicando en un muy completo grupo de libros características tales como la estructura química, fabricante, informaciones sobre seguridad para el

manipuleo y almacenamiento, en forma inequívoca. Por ejemplo el naranja DNA se llama para el colour index pigment orange 5 (Po 5) y el numero 12075.

El nombre del colour index para los pigmentos en forma abreviada es el siguiente:

P b - pigment blue (Azul)

P b k - pigment black (Negro)

P b r- pigment brown (Marrón)

P g - pigment green (Verde)

P m - pigment metal

P o - pigment orange (Naranja)

P v - pigment violet (Violeta)

P r - pigment red (Rojo)

P w - pigment white (Blanco)

P y - pigment yellow (Amarillo)

CUADRO 1.1.1.2-1 CLASIFICACION DE LOS PIGMENTOS

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES PIGMENTOS	
Pigmentos inorgánicos	<p>Amarillos de cadmio (CdS)</p> <p>Amarillos de cromo(PbCrO₄, PbSO₄)</p> <p>Azul ultramar (AlNaSiO₄, Na₂S)</p> <p>Luminiscentes: mezcla en distintas proporciones de sulfuro de zinc (ZnS) y sulfuro de cadmio (CdS) con plata o cobre como activadores</p>
Pigmentos orgánicos	<p>Amarillo de Holanda: bencidina tetrazoada + acido salicilico + bisulfato sodico</p> <p>Azul indantrona-indantreno</p> <p>Rojo de alizarina</p> <p>Verde de ftalocianina</p>

1.1.1.3. CARGAS - Pigmentos inertes

El formulador de pinturas usa frecuentemente extendedores ó cargas para reducir costo de ciertas formulas, y en algunos casos, para mejorar la performance de una pintura.

Los extendedores o cargas son extremadamente baratos, comparados por ejemplo con el bióxido de titanio ó los pigmentos de color que se requieren normalmente. La mayoría

son blancos ó casi blancos en seco, aunque se vuelven transparentes al humectarlos, y los hay de variada absorción de aceite, tamaño de partícula y configuración geométrica. Las cargas económicas como el carbonato de calcio de partícula gruesa, que se usan para rellenar volumen en un revestimiento, tienen un impacto casi nulo en el comportamiento. Otras cargas como los caolines hidratados ó calcinados incluso a veces mejoran la performance de una pintura y además permiten economizar el más caro bióxido de titanio, al maximizar la eficiencia de este. Algunas otras cargas producen mejoras aumentando la durabilidad de las pinturas de uso exterior, este es el caso de los que tienen una forma laminar como el talco y la mica. Otros como la sílice de tipo pirogénica y la tierra de diatomea se usan para ajustar condiciones reológicas y/o el brillo del "film", sin duda las cargas representan para el formulador un valor agregado.

1.1.1.4. SOLVENTES

Estos constituyen la parte volátil de las pinturas, su función básica es la de disolver la sustancia ligante y ajustar la viscosidad (consistencia) para permitir la aplicación de las pinturas, durante el proceso y después desde el film evaporan y no forman parte de la película seca o revestimiento. Como este tema se tocará más en profundidad en la tercera jornada simplemente diremos que los hay por su composición de dos tipos: orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos que son derivados del gas ó del petróleo, a su vez los podemos clasificar por su composición química en hidrocarburos alifáticos, aromáticos, terpénicos y nafténicos. Solventes oxigenados, alcoholes, estonias, glicoles y ésteres.

Por su función a su vez se los puede clasificar en solventes verdaderos, solventes latentes y diluyentes. Los inorgánicos son básicamente dos. A saber: el agua y el dióxido de carbono supercrítico.

1.1.1.5. ADITIVOS

Los hay y de muchas clases, se denominan así a una cantidad de productos, que representan un muy pequeño porcentaje en la formulación, y que sin embargo tienen un valor importante en las propiedades. Es difícil pretender hacer una clasificación por composición química, creemos que a los efectos de esta presentación es suficiente nombrar los tipos más importante por función y dando una descripción genérica de su composición, la que incluso a veces no es conocida por los formuladores, pues la misma no es siempre revelada por los fabricantes.

Secantes para sintéticos y pinturas oleoresinosas .Ej: octoatos metálicos

Antipiel para evitar la formación de piel en el envase durante el almacenamiento. Ej: compuestos quinónicos, oximas particularmente metil-etil-cetóxima

Humectantes-emulsionantes: para pinturas al agua para mejorar estabilidad en el envase y ajustar la aceptación de entonadores- ejno ionicos de lo a 40 moles de oxido de etileno.

Dispersantes: para mejorar la dispersión de pigmento para pinturas al agua - ej.: Poliacrilato de sodio, hexametáfosfato de sodio.

Nivelantes: Evitar "cascara de naranja", flotado de pigmentos (formación de celdillas de Benard) o efecto estriado al pintar por inmersión o afusión-ej fluidos de silicona de por ejemplo 100 centistokes de viscosidad, tensioactivos fluorocarbonados etc.

Espesantes para sistemas acuosos : ajustar propiedades reológicas, "drag", relación nivelación y chorreo-ej : organicos derivados de la celulosa como E-H-E-C-

Espesantes asociativos: (que reaccionan con grupos funcionales de las emulsiones) de tipo acrílico ó uretánicos.

inorgánicos : tierras como la bentonita y derivados que forman un gel en agua ó en solventes de diferentes polaridad.

Espesantes para sistemas al solvente: mejorar reología, evitar chorreo en capas gruesas ej: aceites de castor hidrogenados.

Antisedimentantes: evitar asentamiento duro,especialmente de pigmentos de alto peso específico durante el estacionamiento-ej-: lecitina de soja, derivados de aceite de castor, bentónas (derivados de montmorillonita tratada con sales de amonio cuaternario, que forman gel en solventes).

Antiespumantes: para evitar excesivo ingreso de aire en pinturas al agua durante el proceso de elaboración, evitar formación de burbujas durante la aplicación con rodillo-ej : aceites minerales emulsionados, alcoholes, aditivos de silicona.

Retardadores de fuego e intumescentes: evitar la rápida propagación en el caso de incendio de maderas, laminados y otros sustratos fácilmente inflamables- ej : anhídrido tetracloroftálico, compuestos halogenados, óxido de antimonio.

Plastificantes: los hay monoméricos y poliméricos y sirven para evitar por ejemplo que el film se agriete ante bruscos y continuos cambios de temperatura, ftalato de dioctilo, ftalato de di bencil burilo, poliésteres modificados con ácidos adípico ó sebacico

Biocidas (conservadores), bactericidas, fungicidas, alguicidas: evitar el deterioro por descomposición especialmente de pinturas al agua durante el almacenamiento, y/o el deterioro del film sobre las superficies, en interiores y exteriores- ej- isotia 701 inonas, tetracloro-isoftalonitrilo, alguicida, ejemplo : n'-(3,4- diclorofenil)-n,n--dimetil urea.

Buffers: ajuste de ph para mejorar estabilidad y/o evitar el flash rusting cuándo un látex se aplica sobre metales ferrosos ej . metaborato de bario, trietanolamina, 2 amina 2 metil 1 propanol, etc.

Coalescentes: permitir buena formación de film en pinturas al látex a bajas temperaturas, ej, butil cellosolve, dowanol pph, texanol.

Anticongelantes: evitar que las pinturas se congele "cuando viaja" o se la almacena a muy bajas temperaturas, ej, etilen glicol, propilenglicol.

1.1. 2. CLASIFICACIÓN

1.1.2. 1. CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN LA RESINA O LIGANTE

Pinturas al aceite :

El ligante está constituido por un aceite secante (Lino, Tung, ricino o castor deshidratado, etc, refinado (decolorado, neutralizado)) y generalmente tratado por

calentamiento (espesado o polimerizado). Son resistentes a la intemperie pero de secado lento (es necesaria la incorporación de secantes). Son de poco uso en la actualidad.

Pinturas oleorresinosas :

Los pigmentos están dispersos en un barniz, el que se obtiene por tratamiento térmico conjunto de un aceite secante y una resina de característica adecuadas. Esta resina puede ser natural o sintética, siendo las sintéticas las más empleadas. Secan más rápidamente que las anteriores y su resistencia a la intemperie es variable, dependiendo de las materias primas empleadas. Al igual que las anteriores son aconsejables para el pintado de materiales o estructuras expuestas a medios muy agresivos.

Esmaltes alquídicos :

El ligante es una resina alquídica. Tienen buena durabilidad al exterior cuando se fórmulan con este fin, son de secado rápido y compatibles con otras resinas (esmaltes alquid-fenólicos, alquid-vinílicos, etc.)

Pinturas fenólicas :

Para la elaboración del ligante se emplean resinas fenólicas puras o modificadas. Tienen buena resistencia al exterior (retención de brillo inferior al de las pinturas alquídicas) y una resistencia al agua mayor que la de los tipo mencionados anteriormente, pero menor retención de brillo.

Pinturas Bituminosas :

Son formuladas con betunes asfálticas con cortes de alquitrán de hulla. Son de color negro, poco resistentes a la acción de la intemperie pero muy resistentes al agua y reactivos químicos.

Pinturas de caucho clorado :

El ligante es una resina de caucho clorado, con un plastificante adecuado. Son muy resistentes al agua, a los agentes químicos y a la intemperie, secan muy rápidamente.

Pintura vinílicas :

Son las formuladas con copolímeros de cloruro-acetato de polivinilo y se caracterizan por su buena resistencia al agua, a los agentes químicos diluidos y a la intemperie.

Este tipo de pintura incluye tanto fondos anticorrosivos como pintura de terminación. Secan al aire muy rápidamente lo que hace muy difícil el pintado con pincel o rodillo de grandes superficies ; es este caso se aconseja el pintado a soplete.

Pinturas poliuretánicas :

Son formuladas con resinas poliuretánicas y se presentan normalmente para su uso en forma de dos componentes, la base pigmentada y el catalizador, o agente de curado, que deben ser mezclados antes de la aplicación.

El polímero se forma así "in situ" y la película tiene una resistencia muy grande , tanto al exterior como al agua y a los agentes químicos. Pueden ser pigmentadas en los colores más diversos y secan rápidamente.

Pinturas epoxídicas :

El ligante es una resina epoxídica formada por combinación (en el momento de su uso) de dos componentes (el peso molecular inicial es bajo y la polimerización ocurre como consecuencia de una reacción química entre los mencionados componentes). Secan rápidamente pero la reacción se completa solo después de algunos días, siendo cuando la película alcanza su máxima resistencia. Son deteriorables por la reacción solar, por lo que no se aconseja su utilización en exteriores. Pueden ser pigmentadas o incluir un betún asfáltico (pinturas epoxi bituminosas). Se pueden desarrollar formulaciones sin solventes. 100 % sólidos.

Pinturas emulsionadas:

El vehículo es una emulsión del ligante (polímeros o copolímeros vinil acrílicos, acrílicos, estireno acrílicos, alquids, poliuretanos, etc.)en agua.. Se diluyen en agua y al ser aplicadas posteriormente la emulsión se rompe al eliminarse el agua por secado, obteniéndose así una fase continua que forma una cubierta de buena resistencia, la que no debe ser soluble en agua, si la formulación es correcta. Se utilizan habitualmente en el pintado de mampostería o de madera, habiéndose desarrollado actualmente también pinturas anticorrosivas de este tipo.

1.1.2.2. CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN LA FORMA DE PRESENTACIÓN***Líquidas :***

Son todas aquellas que por su viscosidad pueden fluir fácilmente.

En pasta :

Son de una viscosidad relativamente alta y de un aspecto cremoso.

En polvo :

Todos sus componente se presentan como polvos finamente divididos.

1.1.2. 3. CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN SU FUNCIÓN***Masillas:***

Presentan aspecto de pasta, formuladas principalmente para ser aplicadas a espátula, aunque en la actualidad existen formulaciones diseñadas para su uso a soplete dadas su practicidad. Son de un contenido de sólido alto ya que su principal función es la de rellenar distintas imperfecciones.

Enduidos :

El nombre se asocia más a masilla para mampostería. Si bien su aspecto es de pasta generalmente tiene un fluidez mayor que una masilla, se emplean para uniformar grandes superficies ; dado su uso específico es muy importante que sean fácilmente lijables.

Imprimaciones :

Son las pinturas destinadas a la protección del acero durante el período de construcción de una estructura o como un fondo preparador para paredes, madera, etc.. Deben tener buena resistencia a la intemperie y ser compatibles con los sistemas de pintado que se

utilizarán posteriormente. Pueden ser elaboradas con pigmentos anticorrosivos en cuyo caso se llaman Imprimaciones Antióxicas.

Fijadores :

Son productos de un alto poder penetrante (hidrosoles) cuya principal función es impregnar una superficie floja llegando hasta la superficie interior firme, impidiendo o evitando que la pintura a aplicar posteriormente, no adhiera en la capa floja con peligro de desprendimiento. Se denominan también "Tie-coat" o "Bridge-coat" cuando funcionan como promotores de adhesión.

Selladores:

Sirven para el tratamiento de superficies absorbentes, cuando se quiere "tapar" o "sellar" sus poros, reduciendo así la absorción excesiva de pintura de acabado, que no solo aumenta el consumo sino que provoca defectos en el aspecto final del trabajo.

Antióxidos :

Son pinturas constituidas por un pigmento anticorrosivo y un ligante que por diferentes mecanismos contribuyen a proteger el acero contra la corrosión.

Acabados:

Constituyen la capa final y se aplican sobre las anteriores que son parte de un esquema; deben tener buena resistencia al medio agresivo (intemperie, agua o reactivos químicos, según el uso de la pintura). Pueden ser transparentes y/o pigmentados, en cualquier color y brillo.

1.1.2.4. CLASIFICACIÓN DE PINTURA SEGÚN EL DISOLVENTE

Base acuosa :

Son todas aquellas en que su principal disolvente es el agua, independientemente de que el ligante se encuentre en solución, dispersión, o emulsión.

Base solvente:

Son todas aquellas en que el disolvente está constituido por un solvente o mezcla de solventes orgánicos.

1.1.3. FABRICACIÓN DE PINTURAS

La fabricación de las pinturas consiste en efectuar la citada dispersión de los pigmentos y cargas en el vehículo y se desarrolla en las siguientes etapas:

Mezcla del pigmento con parte del vehículo

Esta mezcla se efectúa en agitadores de alta velocidad tipo Cowles. Estos últimos crean en sus alrededores una zona de turbulencia que produce un mojado eficaz del pigmento por parte del vehículo.

Dispersión del pigmento en el vehículo

La dispersión puede llevarse a cabo en molinos tipo "tres rodillos", cuyo efecto se basa en la diferente velocidad de los tres cilindros. También puede efectuarse en molinos "a bolas", que consisten en un cilindro que gira alrededor de su eje en posición horizontal

que contiene bolas de acero o porcelana, que al caer en cascada producen la dispersión. Por último merece citarse en esta etapa, los molinos de arena, basados en el mismo principio de choques o rozamiento de los molinos a bolas, pero con una eficacia mucho mayor debida al menor tamaño del medio de molienda con el consiguiente aumento en el número de choques.

A grandes rasgos, lo que sucede con el pigmento durante el proceso de dispersión, es lo siguiente: las partículas individuales del pigmento están agrupadas en forma de racimos rodeados de aire y con aire en los intersticios. En la mezcla con el vehículo estos racimos se mojan, pero todavía permanecen las partículas unidas entre sí y, en la dispersión, terminan por separarse rodeándose cada una de ellas del vehículo.



FOTO 1.1.3-1 MOLINO PARA PIGMENTOS

Adición del resto del vehículo

Después de la dispersión del pigmento es necesario agregar el resto de vehículo para completar la fórmula. No se dispersa con todo el vehículo porque debe efectuarse con una consistencia adecuada y con todo el vehículo resultaría demasiado líquido. Además es importante que la dispersión contenga solamente la cantidad de vehículo necesaria y no más, por razones de capacidad y tiempo (menos volumen = más cantidad de pintura dispersada por molino- en el caso de molinos a bolas: menor volumen = menor tiempo para efectuar la molienda- molino de arena o a cilindros-). La adición del resto del vehículo se efectúa en los tanques especiales de adelgazamiento, provistos de atmósfera de gas inerte para evitar la formación de capa y de un sistema de agitación a paletas para evitar la sedimentación o el asentamiento de la pintura.

Ajustes del color

Si bien en la fórmula está prevista la cantidad de concentrados de color que hay que agregar para obtener el tono de color de la pintura terminada, siempre es necesario efectuar pequeños toques para determinar de ajustarlo al tipo de patrón en vigencia. Este ajuste lo efectúan los coloristas basándose en indicaciones suministradas por el Centro de Color, quien mediante la utilización de una computadora determina con toda exactitud las modificaciones que deben efectuarse.

Control de calidad

Antes de proceder al envasamiento de una pintura ésta debe tener la aprobación del laboratorio de control de la producción, quien verifica si presenta las características estipuladas previamente por el laboratorio que las formuló; dichas características están

dadas por una serie de constantes físicas tales como: peso específico, viscosidad, sólidos, poder cubritivo, color, nivelamiento, secado, etc., cuyo conjunto permite un control sobre su fabricación y asegura una calidad constante para el producto.

Filtrado y envasamiento

Una vez aprobada la pintura por el Laboratorio de Control de la Producción, ésta es filtrada para eliminar cualquier partícula que pudiera encontrarse en ella y seguidamente es envasada en las máquinas automáticas destinadas a tal efecto.

Para lograr que la fábrica mantenga un rendimiento máximo en la elaboración de sus productos existe un plan básico de fabricación, preparado de antemano con el tiempo necesario para permitir el total aprovechamiento de los recursos industriales con que se cuenta y evitar horas de inactividad en los equipos.

1.1.4. CONTROL DE CALIDAD DE LAS PINTURAS

Están relacionadas a los requisitos o especificaciones que deben cumplir los productos antes de salir al cliente final.

La medición o control de estas características nos garantizarán que el producto se comporte acorde a las expectativas.

Dentro de las características más representativas describimos las siguientes:

- ✓ Determinación de la viscosidad método Brookfield KU-1 (Ver Anexo 1)
- ✓ Determinación de la densidad. (Ver Anexo 2)
- ✓ Determinación de la cubrimiento seco en carta de contraste. (Ver Anexo 3)

- ✓ Determinación de la resistencia al restregado (Ver Anexo 4)
- ✓ Determinación del pH (Ver Anexo 5)
- ✓ Determinación de la blancura (Ver Anexo 6)
- ✓ Determinación de la limpieza (Ver Anexo 7)
- ✓ Determinación de la porcentaje de sólidos. (Ver Anexo 8)

De todos estos parámetros y algunos más que pueden faltar, algunos son controlados lote a lote y otros son controlados por medio de auditorias debido a que sus tiempos de control son muy elevados y no se puede demorar la permanencia del producto en los tanques.

1.1.5. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PINTURAS ACUOSAS

Para producir pintura látex se combinan agua, dispersante, aminos (estabilizador), diluyentes y pigmentos para formar una pasta. Según el tamaño de la tanda que se fabrique, la dispersión y la predisposición se pueden combinar en una sola operación. Se agregan ingredientes adicionales al tanque original o bien se los mezcla con la pasta que ha sido transferida a tanques de asentamiento. Las tandas terminadas se almacenan en tanques abiertos hasta que se las envase para el consumidor.

1.2. PROCESO DE DISPERSION DE PIGMENTOS

El proceso de dispersión de polvos en líquidos es utilizado en muchas industrias: pinturas, papel, tintas, textiles, adhesivos, farmacéutica, etc. Todas estas industrias usan aditivos químicos para incrementar o acelerar el proceso de dispersión; este proceso es,

esencialmente, un proceso mecánico usado para distribuir en forma homogénea las partículas del sólido en un medio y estabilizan el sistema contra la sedimentación.



FOTO 1.2-1 ADICION DE PIGMENTOS EN EL PROCESO DE DISPERSIÓN

Trataremos de ver las diferencias existentes entre la mayoría de los productos comerciales y relacionarlas con las otras propiedades que son influenciadas por los dispersantes.

Veamos, ahora, que es una dispersión. Este término es utilizado para referirse al proceso de incorporación de un sólido a un medio líquido de modo tal que el producto final consiste en finas partículas distribuidas a través del medio. Los dispersantes de pigmentos son usados para incrementar la velocidad a la cual se realiza este proceso.

1.2.1 ETAPAS EN EL PROCESO DE DISPERSIÓN

Se considera que hay tres etapas en el proceso de dispersión:

a. Mojado del polvo, que involucra el desplazamiento del aire que se encuentra en las superficies de las partículas en los grumos de pigmento. En este proceso, la capa de aire es reemplazada por una capa monomolecular del medio ligante (cuando la dispersión es hecha en el ligante) o por agua / dispersante (cuando se realiza una molienda).

b. Ruptura de esos grumos, es la segunda etapa de la dispersión, donde las partículas de pigmento ya mojadas, son rotas en pequeñas partículas, normalmente acompañado de energía mecánica.

c. Estabilización: cuando hay ausencia de fuerzas repulsivas, las partículas dispersas tienen la tendencia natural a reducirse, en número, debido a las fuerzas atractivas. La reducción en el número de partículas es denominada floculación. La función principal de un dispersante es mantener estas partículas dispersas en el estado defloculado.

Durante el acercamiento entre dos partículas, de pigmento dispersadas, existen tanto fuerzas repulsivas como atractivas. Las atractivas son:

London - van der Waals: fuerzas intermoleculares resultantes de las interacciones de los dipolos de las partículas. Son las fuerzas atractivas dominantes en las dispersiones coloidales. Son fuerzas más débiles y, sus propiedades dependen de las partículas y del medio de dispersión

Puentes poliméricos, en el caso de polímeros adsorbidos

Puente hidrógeno: actúan a distancia menor que las de London - van der Waals pero son más fuertes.

Fuerzas atractivas electrostáticas o Coulombicas: asociadas a cargas opuestas en las superficies de las partículas.

Las fuerzas repulsivas son:

Fuerzas de repulsión electrostática entre las partículas cargadas. El mecanismo para estabilizar una dispersión, donde dominan las fuerzas repulsivas es conocido como “estabilización electrostática” o “coulombica”. Este tipo de estabilización es posible cuando las partículas dispersas poseen una carga eléctrica homogénea; esta carga puede ser desarrollada en distintas formas.

Los siguientes son tres mecanismos que usualmente contribuyen:

- Disociación de grupos iónicos en la superficie de las partículas
- Adsorción de sólo un tipo de iones o adsorción de iones de cargas opuestas de diferente magnitud.
- Cuando los componentes disueltos están presentes en cantidades desiguales.

Según la teoría de DLVO, las partículas dispersadas están sujetas a tres fuerzas que influyen en la posibilidad de que dos partículas colisionen. Estas son:

- Fuerzas atractivas de London-van der Waals.
- Repulsión electrostática entre la doble capa eléctrica de la misma carga.
- Repulsión entrópica.

La interacción entre dos partículas está determinada por la sumatoria total de las fuerzas dividido la distancia entre las partículas. Si la atracción excede las fuerzas de repulsión, la dispersión no será estable.

La parte inicial y de mayor costo en tiempo y mano de obra es la dispersión de los pigmentos. Para que el pigmento se disperse correctamente deben ocurrir los siguientes procesos:

- Mojado de toda la superficie del pigmento con vehículo.
- Desagregación de los aglomerados hasta el tamaño de partícula especificado.
- Estabilización de las partículas con el vehículo para prevenir que se reagrupen.



FOTO 1.2.1-1 PROCESO DE DISPERSIÓN DE PIGMENTOS

Para la dispersión o molienda de los pigmentos se emplean diferentes equipos, según conveniencia o disponibilidad: los dispersores cinéticos ("Cowles"), los molinos de esferas, ya sea verticales u horizontales, los molinos de bolas o los molinos de cilindros.

El proceso de dispersión comienza con la carga del vehículo, el agregado de solventes y aditivos con el agitador girando a baja velocidad. A continuación se agregan sucesivamente los diferentes tipos de pigmento, empezando con los de más difícil mojado. A medida que se va espesando la masa, se aumenta la velocidad del dispersor para facilitar la incorporación de la totalidad de los pigmentos y cargas minerales. La dispersión continúa por 15 a 20 minutos, y debido a la fricción interna la temperatura de la masa tiende a aumentar, lo cual en forma controlada, resulta beneficioso para el proceso.

En el caso de los barnices la etapa de dispersión de pigmentos no está presente.

1.2.2. FORMULACION DE LA PASTA DE DISPERSIÓN

Cuanto mayor sea la viscosidad de pasta tanto mayor son las fuerzas de rozamiento que se produce. Esta es la razón por la cual, al formar bases de molienda, se ha de procurar obtener la viscosidad, y al agitador debe estar en la velocidad mas alta.

La fricción interna, ocasiona un aumento considerable de la temperatura en la dispersión. Aún cuando esto sea necesario para la humectación de la superficie del pigmento por el ligante, sin embargo, las altas temperaturas producen pérdidas relativamente altas del disolvente. Por las dos razones citadas es siempre recomendable

procurar emplear la concentración más alta posible de resina. Con ello se consigue simultáneamente la Dispersión es decir se evita el reaglomeramiento de los pigmentos.

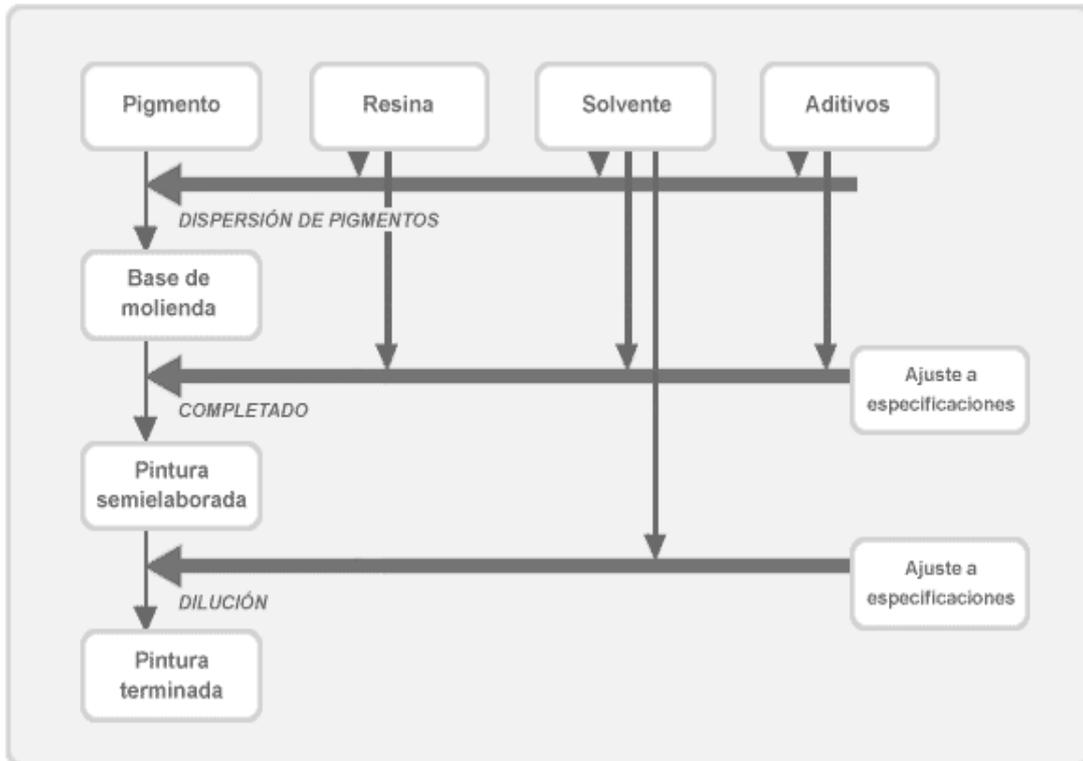


Fig 1.2.2-1 DIAGRAMA DE FABRICACION DE PINTURAS

1.2.3. DISPERSIÓN DE PIGMENTOS EN AGITADOR.

En el caso de los pigmentos orgánicos de la determinación del punto óptimo de dispersión sirve para establecer la receta de partida para los otros ensayos, para ello se va adicionando lentamente en una partida determinada de pigmentos por ejemplo 10 Kg. de resina con 20 Kg. de pigmento.

De esta manera se consigue a través del pigmento seco con una masa granulada y seguidamente con un conglomerado compacto.

Dentro de un tiempo determinado y un grado de temperatura se debe revisar una finura adecuada en un grindómetro que luego se realiza la estabilización de la pasta.

En la dispersión de pigmentos en el disolver se deberá satisfacer ciertas condiciones en relación a las dimensiones geométricas así como una velocidad, círculo mínimo, diámetro del disco, diámetro del recipiente, altura del disco agitador sobre el fondo del recipiente y velocidad circunferencial del disco.

1.2.4. INFORMACION OPERATIVA

1.2.4.1. DISPERSOR

Un Dispensor es una máquina que se utiliza para el proceso de dispersión de fluidos viscosos como pastas tanto como para productos de la línea esmalte, lacas o para productos de base de látex.

El proceso de agitación es realizado por un disco de treinta centímetros de diámetro, es circular con prominencia en toda el área del disco que sirve para cortar el fluido.

Este disco está acoplado a un eje de dos pulgadas y media de diámetro de acero inoxidable en el cual gira por un acople mecánico y por banda de un motor.

DATOS ELECTRICOS

Motor eléctrico

Potencia = 25Hp (caballos de fuerza)

Voltaje = 230/460 voltios.

Corriente = 64/32 amperios.

Velocidad = 1765 RPM (revoluciones por minuto)

PARTE MECANICA

Tiene un variador mecánico de velocidad que consiste en una polea fija y una polea variable de tipo campana.

La polea fija está acoplada al eje de agitación y la polea variable al eje del motor. La velocidad varía cambiando el diámetro de la polea, variable mediante una manivela; el rango de variación es de 50 RPM a los 1200 RPM.

PARTE HIDRAULICA

Tiene un cilindro hidráulico de baja presión el cual se llena con aceite hidráulico.



FOTO 1.2.4.1-1. DISPERSADOR (COWLES) USADOS EN EL LABORATORIO.

OPERACIÓN

Se debe arrancar en baja velocidad y la profundidad del disco varía según el fluido, según requiere el proceso variará la velocidad mediante la manivela. El sistema hidráulico de elevación o descenso mediante la válvula en la parte neumática. La dirección del eje igualmente se varía mediante una manija que fija el mecanismo al cilindro

1.2.5. EQUIPOS DE DISPERSIÓN POR IMPACTO VERSUS EQUIPOS QUE TRABAJAN POR FRICCIÓN.

La ruptura de las partículas puede producirse ya sea por impacto ó por fricción. En el caso de impacto pueden identificarse dos métodos: Martillado ó impacto por medio de un proyectil

La mayoría de los equipos son híbridos. Para la óptima ruptura de aglomerados de partículas impacto es el método más adecuado y no se necesita ningún tipo de resistencia viscosa, mientras que por otro lado la fricción precisa de una resistencia viscosa para ser efectiva.

DIFERENCIAS ENTRE IMPACTO Y FRICCIÓN

La dirección de movimiento para un equipo que trabaja por impacto es perpendicular al substrato, mientras que en el caso de aquellos que trabajan por fricción, el trabajo es paralelo al substrato.

La viscosidad de la molienda debe ser mínima para el caso de trabajar con impacto y máxima para el caso de trabajar con fricción.

En los equipos que trabajan por impacto la velocidad de choque debe ser máxima, mientras que en los equipos que trabajan por fricción esto no es necesario.

1.2.6. EQUIPO DISPERSOR DE ALTA VELOCIDAD (HSD)

La existencia actual de pigmentos fácilmente dispersables, dispersiones de color accesibles junto con la posibilidad de un compacto y eficiente equipo como la Dispensora de alta velocidad (High speed Dispenser o HSD) han llevado a poder empastar, moler (dispersar) y adelgazar en un solo equipo.

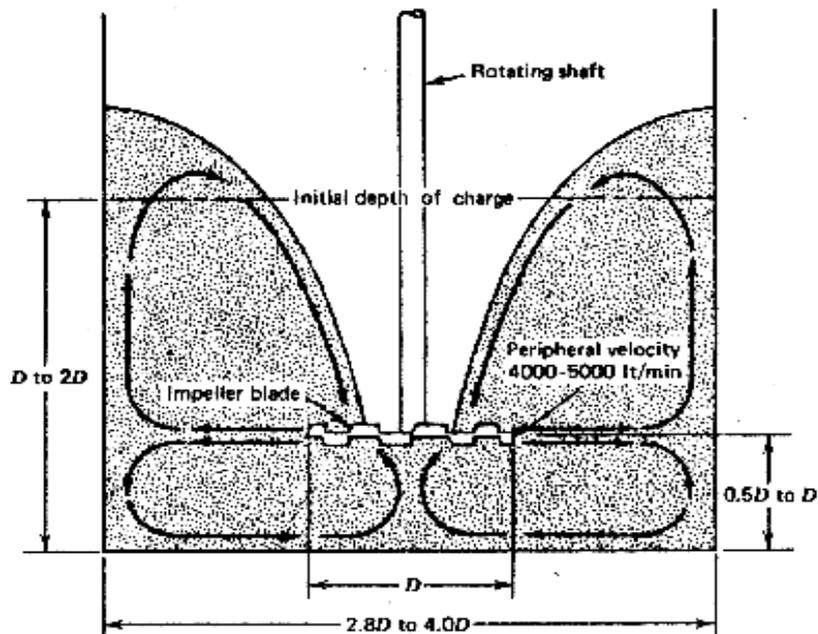


Fig. 1.2.6-1 DIAGRAMA DE LA POSICIÓN CORRECTA DEL DISCO Y DIMENSIONES OPTIMAS DEL CONTAINER EN TERMINOS DEL DIAMETRO DEL IMPELLER

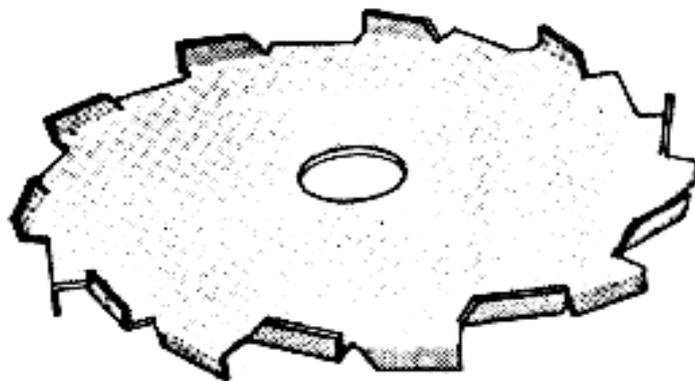


Fig. 1.2.6-2 DIAGRAMA DEL DISCO IMPELLER DEL HSD

En la figura 1.2.6-2 podemos observar uno de los diseños más comunes de disco dispersor.

La dispersión de un pigmento por fricción ocurre en flujo laminar.

Se produce por acción de la velocidad del disco entre este y el piso que esta a velocidad cero, un gradiente de velocidades que provoca una rotación del aglomerado de pigmentos, actuando la viscosidad como un freno a esa rotación y provocando la rotura al no poder girar libremente, cuanto mayor es la partícula mayor es este efecto. En otras palabras a medida que reducimos el tamaño de la partícula, más pobre será la acción de la dispersora.

1.2.7. CARACTERISTICAS DE LAS PARTÍCULAS

Muchas de las propiedades de los coloides de importancia industrial y científica (área superficial específica, viscosidad, forma de agregación, y microestructura) están fuertemente influenciadas por el tamaño, la carga superficial y afinidad química de las partículas con el medio formado por el medio dispersante y las demás partículas.

Es interesante hacer notar que cuando la partícula es deformable (p.ej látex) el sistema tiene mayores posibilidades de reorientarse superficialmente. Esta es una gran diferencia de las emulsiones con las dispersiones de sólidos rígidos (pigmentos).

1.2.7.1. TAMAÑO OPTIMO DE PARTÍCULA

El índice de refracción n de un dado pigmento depende de la longitud de onda λ en la cual se mide. Si el pigmento es anisotrópico depende del eje elegido del cristal (Se usa el valor promedio de los diferentes ejes)

Para pigmentos blancos y cargas n es mayor para λ cortas (azul) que para λ largas (rojo).

Para pigmento coloreado la absorción de luz varía ampliamente con λ . Un pigmento rojo absorbe fuertemente la luz azul.

Mientras que el índice de refracción es inalterable, el fabricante de pigmento puede influenciar en el tamaño de partícula. Consecuentemente uno de los principales desarrollos en la tecnología de fabricación de pigmentos en los últimos años ha sido seleccionar tamaños de partícula.

En el caso de pigmentos orgánicos el tamaño óptimo de partícula dependerá de las propiedades buscadas, en especial TS (Tinctorial Strength) y HP (Hiding Power). En el caso de los pigmentos orgánicos este tamaño óptimo difiere.

En los pigmentos inorgánicos el máximo de ambas propiedades es similar.

El tamaño de partícula influye marcadamente en:

- ❖ Poder de teñido
- ❖ Tono (Hue)
- ❖ Poder cubriente y transparencia
- ❖ Resistencia a la luz e intemperie
- ❖ Dispersabilidad
- ❖ Resistencia al sangreo
- ❖ Brillo
- ❖ Reología

1.2.8. PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DE LA DISPERSIÓN

Monitoreo del proceso de dispersión:

Un ensayo básico, tanto de laboratorio como de planta, es el de determinar el grado de molienda, que es un método rápido. Se dispone de muchos métodos, basados en el mismo principio: la determinación del tamaño de partículas groseras. El Hegman es un dispositivo muy usado para realizar esta medición: la pasta de molienda o de pintura es estirada sobre un canal variable en profundidad, la mínima profundidad a la que se observan las partículas de pigmento da el valor de la molienda.

Grado de dispersión

El grado de dispersión de un pigmento influye en las características ópticas del recubrimiento. Propiedades tales como el desarrollo de color, la opacidad, la dispersión de la luz y brillo están relacionadas con el tamaño de partícula y pueden ser consideradas como una medida de éste.

Cuando está presente un pigmento blanco, la fuerza del blanco puede ser usada como una medida del grado de dispersión. Esta fuerza es determinada como la reducción del color. La muestra blanca es mezclada con una pequeña cantidad, normalmente el 10%, de una pasta de pigmento negra, la fuerza del blanco está directamente relacionada con el grado de “blancura” de la muestra mezclada.

El grado de dispersión del pigmento blanco está relacionado con la dispersión de la luz, y el brillo de la pintura. Aumentando el grado de dispersión del pigmento blanco, resulta de un cambio de la dispersión hacia azul.

El nivel de brillo también es una herramienta para determinar del grado de dispersión, pues éste se ve afectado, en la película seca, por el índice de refracción de la capa, la textura de la superficie y el ángulo de la luz. Defectos en la superficie de la película de recubrimiento resultan en valores de brillo muy bajos.

La determinación de las propiedades reológicas es también una manera útil de determinar el grado de dispersión. Sin embargo, la interpretación de los fenómenos observados es frecuentemente dificultosa y debido a que varios factores, además del grado de dispersión, pueden afectar fuertemente la reología.

Grado de floculación

El grado de floculación está directamente relacionado con el brillo de la película. El brillo está relacionado con el tamaño de partícula: a mayor grado de las partículas gruesas, menor es el brillo.

Determinar la velocidad de sedimentación de dispersiones no diluidas es un método que sólo da información cualitativa sobre el grado de floculación. El ensayo de rub-out es otro método para determinar el grado de floculación y es llevado a cabo sobre la película casi seca.

Para muchos otros métodos, el material debe ser diluido fuertemente, por ejemplo para la determinación de las curvas de distribución de tamaño de partícula con el Coulter o la evaluación microscópica pero, la dilución puede llevar a la floculación y, por ende, llevar a determinaciones erróneas.

1.3 GENERACIÓN DE RESIDUOS

1.3.1. GENERALIDADES

Los residuos líquidos se generan principalmente en los procesos de fabricación de pinturas en base agua, como producto de la operación de lavado de equipos, tanques y reactores. Presentan altos niveles de DQO, debido a la presencia de sustancias orgánicas utilizadas como solventes, preservantes y otros (por ejemplo: estirenos, acetonas, xilenos, bencenos, fenoles, etc.) en los productos; además, contienen restos de metales pesados provenientes de los pigmentos utilizados.

El porcentaje de pintura en base solvente y pintura en base agua que procesa cada industria son el factor más importante que afecta el volumen generado de agua residual en el proceso y su descarga. Debido al gran uso de agua de lavado, las plantas que producen un 90% o más de pinturas en base agua descargan más agua residual que las que producen un 90% o más de pinturas en base solvente.

1.3.2. FUENTES

Se pueden distinguir las siguientes fuentes de generación de residuos líquidos:

a) Lavado de tanques de preparación de pinturas en base solvente. El solvente utilizado para el lavado es aguarrás, con un consumo aproximado de 20 l/ton de pintura producida. El RIL (residuo industrial líquido) producido se somete a un proceso de destilación y recuperación, siendo éste de un 70 a 75%.

b) Lavado de tanques de preparación de pinturas al agua. Este lavado se realiza fundamentalmente con agua, evacuando el RIL generado al sistema de alcantarillado. En algunas plantas existen tanques de decantación intermedios para separar restos de solvente, si existen, del agua y así recuperar algo del primero. En todo caso, lo que no se recupera se evacua en la alcantarilla.

c) Lavado de reactores de fabricación de resinas. Estos se limpian con agua y sosa a 100°C. Posteriormente, existe un segundo lavado para enjuague. Normalmente, la solución agotada se lleva a sistemas de decantación, desde donde finalmente se elimina un sólido saturado de aceites y jabones.

También es posible lavar estos equipos con solvente, el cual también es recuperado. El RIL generado va hacia el alcantarillado.

Actualmente, en la gran mayoría de las empresas, el problema de generación de residuos líquidos se encuentra en estudio o existen sistemas de almacenamiento y neutralización rudimentarios, como, por ejemplo: piscinas de almacenamiento, decantadores, sistemas de floculación y neutralización con cal. Posteriormente al tratamiento, si lo hubiere, los RILES se descargan al alcantarillado.

Importante es destacar que en la mayoría de las empresas, la caracterización de los RILES no existe o está siendo evaluado su estudio.

1.3.3. RECICLAJE

Pinturas fuera de especificación/ derrames / productos obsoletos

La mayoría de las pinturas fuera de especificación son restos de pinturas especializadas. Gran parte de éstas pueden ser reutilizadas en nuevas formulaciones.

Los derrames ocurren usualmente por descargas accidentales o inadvertidas durante operaciones de transferencia o fallas en los equipos (goteras). La pintura derramada y los residuos resultantes de la limpieza son usualmente descargados a sistemas de tratamiento de aguas residuales o directamente puestos en tambores para disponerlos. Grandes cantidades de agua son usadas para limpiar derrames de pinturas en base agua. Los métodos de limpieza en seco son empleados para limpiar derrames de pintura base solvente.

Si el derrame de materiales es de base agua, estos se pueden enviar a una unidad de tratamiento de aguas. Si son en base solvente son tratados para recuperar el solvente. Los derrames son recuperados primero en forma manual, para luego ser reutilizados. Solo los remanentes residuales después de recuperar son objeto de limpieza en seco usando adsorbentes comerciales (arena o aserrín).

El uso directo de adsorbentes por limpieza en seco (es decir sin recuperación previa) no es una práctica apropiada ya que los residuos resultantes son difíciles o imposibles de reprocesar.

Reciclo de materiales de limpieza

Una primera alternativa para el rehúso de las aguas de limpieza de equipos de preparación de pintura de base acuosa, es el uso de un sistema de floculación que permitiría disminuir los sólidos en la corriente de entrada, generando un líquido final clarificado que puede descargarse al alcantarillado o rehusarse como agua de lavado nuevamente.

Como otra alternativa, los residuos sólidos resultantes de la floculación pueden ser mezclados con aditivos para generar un producto color beige, el cual se puede comercializar como una pintura de propósito general.

1.3.4. OPCIONES DE GESTION AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE FABRICACION DE PINTURAS

La minimización de residuos tiene una serie de ventajas tangibles e intangibles para la industria, entre las que se cuentan la reducción de costos por tratamientos y disposición de un gran volumen de desechos, ya sea in situ o fuera de la planta y la reducción de los costos de producción a través de un mejor manejo de materiales y una mayor eficiencia del proceso. Esto, además, permite lograr el cumplimiento de las regulaciones o normativas y una mejora de la imagen pública de la empresa.

Dentro de las posibles alternativas de manejo ambiental para los residuos generados dentro de un proceso industrial se ha desarrollado una jerarquía de opciones, en orden creciente de costo de implementación.

➤ **Reducción en la fuente**

La primera alternativa es la llamada reducción en la fuente e involucra cambios en los productos y cambios en los procesos. En el primer caso, se propone el establecer diseños de productos con menor impacto ambiental, o bien, desarrollar alternativas para aumentar la vida útil de los mismos. Respecto de los procesos, se incluyen la sustitución de materias primas e insumos contaminantes, cambios tecnológicos, .tecnologías limpias., y el mejoramiento de las prácticas de operación, como por ejemplo la minimización en el uso de agua y la separación en la fuente de los residuos contaminantes de los no contaminantes.

➤ **Reciclaje**

La segunda alternativa corresponde a la recuperación, rehúso y reciclaje de materiales tanto dentro del proceso mismo como fuera de él.

➤ **Tratamiento y disposición final**

Estas dos últimas alternativas corresponden a:

- las tecnologías de control que se desarrollan al final del proceso (end of pipe), las que involucran el tratamiento previo de los residuos (mediante sistemas mecánicos, físico - químicos, biológicos, térmicos, etc.) y
- la destrucción y/o disposición final de los residuos.

La tendencia actual se enfoca a buscar soluciones mediante la reducción en origen, ya que en rigor, las medidas preventivas son más simples de implementar y de menor costo, con períodos de retorno de inversión más reducidos. En la mayoría de los casos, es posible mejorar algunos sistemas y procedimientos, lo que permite reducir los volúmenes de desechos en la industria, y por ende, disminuir en forma ostensible el tamaño de una planta de tratamiento final (y su costo de inversión) si esta se requiere, y los costos de disposición final.

Los costos de implementación de las medidas de gestión ambiental van aumentando ostensiblemente desde la opción de prevención (reducción en la fuente), pasando por el reciclaje, tratamiento y disposición final. Esto se puede visualizar más claramente en la siguiente tabla.

➤ **Cambios en los procesos**

Las buenas prácticas de operación al interior de la empresa incluyen una serie de procedimientos y políticas organizacionales destinadas a mejorar y optimizar los procesos productivos, disminuir costos y a promover la participación del personal en actividades destinadas a lograr la minimización de los residuos. Estas prácticas son similares para la generalidad de los procesos manufactureros, pues se establecen en base a un mejor ordenamiento del trabajo y consideran el establecer ahorros importantes en materias primas e insumos.

De acuerdo a lo anterior, las buenas prácticas se constituyen en una parte importante de las medidas de mitigación de impactos ambientales que debe contener todo estudio de impacto ambiental. Dentro de estas prácticas se incluyen: las políticas de personal, medidas para incluir mejoras en los procedimientos y medidas de prevención de

pérdidas. Es importante mencionar que en la implementación de este tipo de gestión se entrecruzan los principios desarrollados en las Normas ISO 9000 (aseguramiento de calidad) e ISO 14000 (gestión ambiental).

1.3.4.1. REUTILIZACION Y RECICLO

Una vez evaluadas todas las alternativas de reducción en origen, se debe prestar atención a las posibilidades de reutilizar o reciclar materiales o insumos. Dentro de la industria de pinturas se pueden estudiar la siguiente alternativa:

Reciclo de materiales de limpieza

Una primera alternativa para el rehúso de las aguas de limpieza de equipos de preparación de pintura en base agua, es el uso de un sistema de floculación que permitiría disminuir los sólidos en la corriente de entrada, generando un líquido final clarificado que puede descargarse al alcantarillado o rehusarse, dependiendo de su calidad, como agua de lavado o agua para nuevas formulaciones de productos. Los sólidos floculados contienen un 70 a 75% de agua. Agregando un filtro de vacío se puede disminuir el contenido de agua en los sólidos a disponer a un 30 a 35%.

Como otra alternativa, los desechos sólidos resultantes de la floculación pueden ser mezclados con aditivos para generar una pintura en pasta, de color café, el cual se puede comercializar como una pintura de propósito general.

Los solventes de limpieza son usados varias veces para enjuagar estanques de proceso. Esto asegura que la cantidad total de solvente utilizado para limpieza es mínima. Cuando el solvente de enjuague es considerado demasiado sucio para su rehúso directo,

es destilado en el lugar o fuera de la planta. El solvente recuperado por destilación es rehusado en la operación de limpieza.

En algunas ocasiones los solventes de limpieza provenientes de varias operaciones de limpiado pueden ser mezclados y reutilizados en un producto comercial como parte de su formulación.

Dependiendo del contenido de solvente de los residuos estos se pueden enviar a destilación para recuperación de solvente o bien enviar a incineración. Si la recuperación en el exterior es el método preferido, es conveniente, por motivos económicos, generar un residuo que contenga más de un 60% de solvente.

Para realizar la recuperación de solventes por destilación dentro de la misma planta, el equipo de destilación a ser adquirido e instalado debe satisfacer las siguientes condiciones previas

- El destilador debe reunir todos los requerimientos técnicos para recuperar los solventes
- Los costos de la destilación en la planta deben resultar favorables
- La medida debe resultar ser una opción medio ambientalmente segura (en el corto y largo plazo) comparado con un actual empleo de reciclaje fuera de la planta.

La destilación en la planta tiene los siguientes beneficios:

Menos residuos salen de la planta.

La planta tiene más control sobre la pureza del solvente recuperado.

Aunque los residuos sólidos de la destilación requieren incineración o inertización fuera de la planta, los costos de disposición serán menos afectados por incrementos de los

costos de recicladores externos, porque el volumen de residuos es considerablemente reducido.

Normalmente es más barato recuperar en la planta.

Las desventajas de la destilación en la planta son:

- a. Alto capital de inversión requerido para los equipos.
- b. Costos de operación adicional.
- c. Posible necesidad de entrenamiento para operadores.
- d. Responsabilidad y riesgos debido a una operación impropia del equipo, o falta de
mantención.

2. PARTE EXPERIMENTAL

El principal protagonista para ésta investigación es el agua de lavado proveniente del reactor de resinas vinil acrílicas.



FOTO 2-1. REACTOR MQ5

Esta agua, era evacuada del reactor (MQ5) directamente por medio de una tubería hacia un tanque de almacenamiento con capacidad para 17000 m³ para luego conducirla hacia la planta de tratamiento de agua en donde para el efecto usan sulfato de aluminio e hidróxido de sodio en cantidades y concentraciones previamente establecidas, y finalmente el agua tratada es enviada hacia la alcantarilla.



FOTO 2-2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5

A continuación se describe las dimensiones y por tanto la capacidad del tanque de almacenamiento de agua de lavado del reactor MQ5

TABLA 2-1.

DIMENSIONES Y CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5

Descripción	Dimensiones
Largo(m)	4.58
Ancho (m)	2.20
Profundidad (m)	1.69
Volumen Total (m ³)	17.028 m ³ = 17028 Litros

El volumen mensual promedio de agua proveniente del lavado del reactor (MQ 5) es de 15000 litros.

2.1 MUESTREO DE AGUA DE LAVADO.

El muestreo se efectuó mediante método aleatorio simple durante un período de 4 meses, es decir se tomaron 4 muestras de agua de lavado del tanque de almacenamiento.

Una vez que el agua de lavado proveniente del reactor MQ5 es depositada en el tanque de almacenamiento, se procedió a tomar un volumen aproximado de 1 galón de muestra de forma mensual.

Para realizar el muestreo, se utilizó recipientes plásticos esterilizados y debidamente registrados con la fecha y hora del muestreo; éstos se introdujeron en la masa de agua, sostenidos en un extremo con una cuerda de 1.5 metros de longitud, no sin antes agitar la superficie del agua con el mismo recipiente.

Luego del muestreo del agua de lavado, se procedió a realizar ensayos incluyéndola dentro del proceso de dispersión de una pintura acuosa en varias dosificaciones.

2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

En primer lugar vamos a evidenciar el estudio realizado para justificar la elección del producto arquitectónico en el cual se realizó la presente investigación y además la cantidad de agua residual por mes producto de las lavadas del reactor MQ5. Las pinturas Arquitectónicas látex base acuosa que se fabrican en Pinturas Cóndor y la participación en porcentaje del aditivo fungicida se describe a continuación:

TABLA 2.2-1.

CANTIDAD PORCENTUAL DE ADITIVO FUNGICIDA PRESENTE EN LA FORMULACIÓN DE PINTURAS ARQUITECTONICAS.

MARCA DEL PRODUCTO	CODIGO	ADITIVO FUNGICIDA (%)
Extralátex	1300	0.063
Económic	1500	0.183
Látex Vinil Acrílico Trop	500 TROP	0.378
Permalátex Tropicalizado	2100 TROP	0.364
Super Corona Intenso	1700	0.183
Super Corona Satinado	1800	0.203
Super Corona Premium	1600	0.183

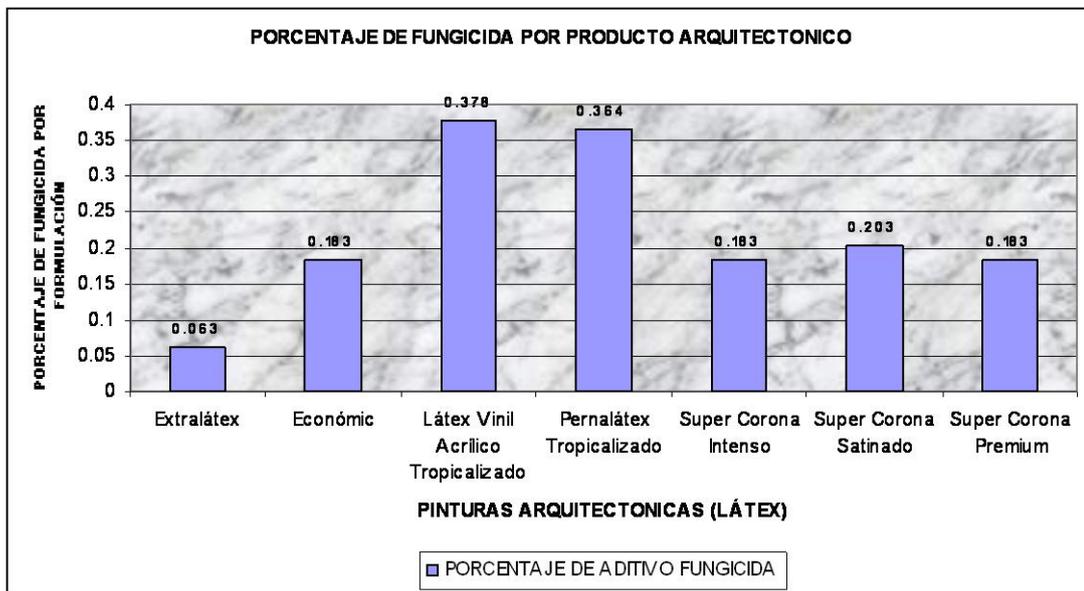


FIG. 2.2-1. PARTICIPACIÓN PORCENTUAL EN PESO DE ADITIVO FUNGICIDA PRESENTE EN LA FORMULACIÓN DE PINTURAS ARQUITECTONICAS.

Al analizar este gráfico estadístico, podemos darnos cuenta que el Látex Vinil Acrílico (500 TROP), por la mayor cantidad porcentual de aditivo fungicida presente en su formulación, es el más adecuado para realizar la presente investigación, por cuanto el agua de lavado al estar mayormente expuesta al crecimiento de hongos, requiere de mayor cantidad de aditivo fungicida para inhibir el crecimiento de éstos. Por tanto la presente investigación se la realizó en un Látex Vinil Acrílico blanco.

A continuación se presenta la cantidad de lavadas del reactor MQ5, así como también la cantidad de agua residual generada, durante los cuatro primeros meses del presente año:

TABLA 2.2-2.

CANTIDAD MENSUAL DE AGUA RESIDUAL DEL LAVADO DEL REACTOR MQ5

MES	DIA	CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL DE LAVADO (Litros)	TOTAL LITROS POR MES
ENERO	10-ene	5000	14000
	21-ene	9000	
FEBRERO	02-feb	10000	16000
	08-feb	6000	
MARZO	03-mar	9000	15000
	29-mar	6000	
ABRIL	19-abr	6000	16000
	24-abr	10000	
		PROMEDIO MENSUAL	15250

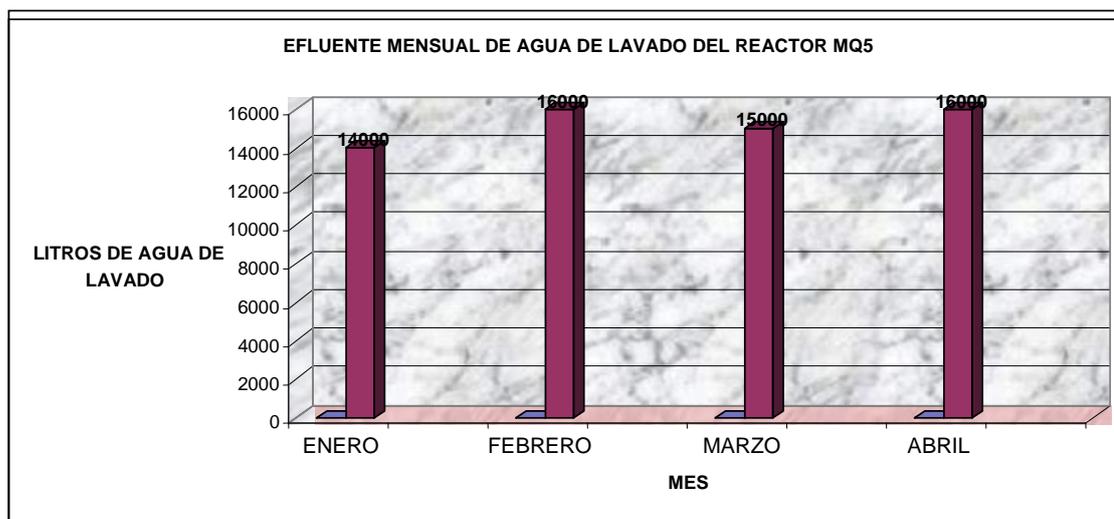


FIG. 2.2-2. EFLUENTE MENSUAL DE AGUA DE LAVADO DEL REACTOR MQ5

Analizando la tabla anterior se establece un promedio de 15250 litros mensuales de agua que se generan en el lavado del reactor MQ5.

Como se indicó anteriormente la inclusión del agua de lavado dentro del proceso de dispersión en la fabricación de las pinturas arquitectónicas se la realizó en un Látex Vinil Acrílico Tropicalizado.

Se establecieron cuatro ensayos reemplazando el agua de suministro local por agua de lavado del reactor MQ5 de acuerdo a lo siguiente: 25%, 50%, 75% y 100% del total de agua en fórmula de este producto.

Las pastas de dispersión con dichos ensayos fueron sometidas a un control de calidad por medio de método experimental en el que incluyen pruebas que se hallan establecidas en la norma NTE INEN 1544:87-04, incluyendo además métodos

adicionales que realiza la empresa para la aprobación respectiva de éste tipo de productos.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se establece la determinación de las variables de proceso en la etapa de la pasta de dispersión analizando los resultados obtenidos en los parámetros de control que se describe a continuación:

Resultados obtenidos del parámetro de Viscosidad

Resultados obtenidos del parámetro de Percepción Olfativa

Resultados obtenidos del parámetro de PH

Resultados obtenidos del parámetro de Limpieza

2.2-1 DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LA PASTA DE DISPERSIÓN

2.2.1.1. MT0011 DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD METODO DEL VISCOSIMETRO BROKFIELD (MODELO KU-1)

METODO	OBJETIVO Y ALCANCE	EQUIPOS MATERIALES Y REATIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS Y REPORTE
MT0011 DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD METODO DEL VISCOSIMETRO BROKFIELD (MODELO KU-1)	Determinar la viscosidad de las pinturas, lacas, barnices y productos afines empleando el viscosímetro Brookfield KU-1, y que es applicable en los laboratorios de Pinturas Córdor.	<ul style="list-style-type: none"> - Viscosímetro Brookfield modelo KU-1. - Recipiente de 500 ml de capacidad. - Espátula. - Medidor de temperatura. - Plancha de calentamiento. - Muestra a analizar. - Thinner de limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> -Insertar el spindle dentro del viscosímetro asegurándolo con su respectivo tornillo. -Colocar la muestra dentro de un recipiente de 500 ml hasta aproximadamente 2 cm del tope del recipiente. -Homogeneizar la muestra, y llevarla a temperatura constante de 25 °C, utilizando si es necesario la plancha de calentamiento -Mover la manija del instrumento hasta el tope superior. Colocar el recipiente con la muestra en la base asegurándolo con el resorte frontal. -Encender el Brookfield KU-1 mediante el interruptor principal y seleccionar Unidades Krebs (KU) o gramos (ver nota 6), verificar que el interruptor HOLD se encuentre en posición superior. 	CALCULOS No se requieren. REPORTE Reportar la viscosidad en unidades KU

			<p>-Mover la manija hacia la posición de abajo (sumergiendo el spindle de paleta dentro de la muestra). El fluido debe estar a la altura de la muesca de inmersión en el mango del spindle. El spindle de paletas empezará a rotar cuando esté aproximadamente a 1/2 pulgada de la posición más baja.</p> <p>-Esperar 5 segundos para que se estabilice la lectura de la pantalla.</p> <p>-Presionar el interruptor HOLD hacia a bajo para retener el mensaje de lectura en la pantalla</p> <p>-Elevar la manija de operación a la posición de arriba y dejar que la muestra se escurra por el spindle de la paleta.</p> <p>-Aflojar el tornillo de seguridad y quitar el spindle para su limpieza.</p>	
--	--	--	---	--

FUENTE: Métodos Internos del Laboratorio Técnico basados en las normas ASTM

2.2.1.2. MT000X DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCION OLFATIVA.

METODO	OBJETIVO Y ALCANCE	EQUIPOS MATERIALES Y REATIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS Y REPORTE
MT000X DETERMINACIÓN DE LA PERCEPCION OLFATIVA.	Observar cualitativamente las características olfativas que presenta una pintura ó resinas.	<ul style="list-style-type: none"> - Envase de plástico o metálico de un litro de capacidad. -Material absorbente -Espátula. -Muestra a analizar -Thinner de limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tomar la muestra a analizar en un recipiente y homogeneizarla con una espátula. -Acercarla a 2 cm de la nariz del analista. -Determinar cualitativamente la percepción olfativa de la muestra analizada y compararla versus el estándar si así lo requiere. -Si se lo requiere repetir el análisis anterior. 	<p>CALCULOS</p> <p>No se requieren.</p> <p>5. REPORTE</p> <p>Reportar la percepción olfativa como bueno/malo ó cuantitativamente mediante una escala determinada por el analista.</p>

FUENTE: Métodos Internos del Laboratorio Tecnico basados en las normas ASTM

2.2.1.3. MT0020 DETERMINACION DEL pH EN SOLUCIONES.

METODO	OBJETIVO Y ALCANCE	EQUIPOS MATERIALES Y REATIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS Y REPORTE
MT0020 DETERMINACION DEL pH EN SOLUCIONES.	Determinar la concentración de iones hidrógeno (pH) presente en soluciones acuosas, y que es utilizado en los laboratorios de Pinturas Còndor S.A	<ul style="list-style-type: none"> -Medidor de pH (Potenciómetro). -Vaso de precipitación de 50 ml -Espátula. -Muestra a analizar. -Tolueno o thinner de limpieza. -Solución Buffer pH 4. -Solución Buffer pH 7. -Solución Buffer pH 10. -Agua destilada 	<p>Calibración del pH-metro</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proceder según el manual del equipo para la respectiva calibración -Tomar como referencia la técnica de los dos puntos de calibración. Ejemplo: si se va a medir una solución cuyo pH oscila entre 4-5 calibrar primero con el punto bajo y utilizar el buffer de pH=4 y seguidamente calibrar con el punto alto y utilizar el buffer de pH=7 <p>Determinación del pH de una muestra.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Después de calibrar el equipo, éste está listo -Lavar con agua destilada el electrodo del pH-metro. -Colocar el electrodo y el sensor de temperatura en la muestra. -Agitar la muestra con el electrodo y el sensor de temperatura. -Tomar la lectura del pH luego de 15 segundos. -Apagar el pH-metro y enjuagar el electrodo con agua destilada. -Realizar otra determinacion con el mismo procedimiento descrito anteriormente. 	<p>CALCULOS</p> <p>No se requieren.</p> <p>REPORTE</p> <p>Reportar la limpieza del producto con base a las características cualitativas observadas en la película húmeda o seca de acuerdo a las especificaciones.</p>

FUENTE: Métodos Internos del Laboratorio Tecnico basados en las normas ASTM

2.2.1.4. MT0002 DETERMINACIÓN DE LA FINURA Y LIMPIEZA DE DISPERSIÓN DE SISTEMAS PIGMENTO-VEHÍCULO.

METODO	OBJETIVO Y ALCANCE	EQUIPOS MATERIALES Y REATIVOS	PROCEDIMIENTO	CALCULOS Y REPORTE
<p>MT0002 DETERMINACIÓN DE LA FINURA Y LIMPIEZA DE DISPERSIÓN DE SISTEMAS PIGMENTO- VEHÍCULO.</p>	<p>Determinar el grado de limpieza (ausencia de grumos) de un pigmento en sistemas pigmento-vehículo, producto intermedio y/o terminado mediante el grindómetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grindómetro. - Espátula. -Trazador automático o análogo -Muestra a analizar -Thinner de limpieza 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar el grindómetro sobre una superficie plana horizontal y firme. -Homogeneizar la muestra con una espátula. -Colocar la muestra en el extremo más profundo del canal de modo que ésta rebose -Sujetar el trazador con ambas manos en una posición vertical pero ligeramente inclinado muestra de la superficie del equipo. -Realizar inmediatamente la lectura mirando el grindómetro desde un costado, perpendicular -Observar el punto donde el material comienza a mostrar una mayor concentración de grumos registrar este punto como la lectura -Limpiar el grindómetro con un paño suave y con thinner de limpieza. -Efectuar una segunda lectura para obtener un promedio. 	<p>CALCULOS</p> <p>No se requieren.</p> <p>REPORTE</p> <p>Reportar el valor obtenido en unidades N.S., Hegman o mils (de 0 hasta 8) con aproximación de ½ de unidad. Para la finura referirse a la figura 1 del anexo B y para la limpieza a la figura 2 del anexo B.</p>

FUENTE: Métodos Internos del Laboratorio Técnico basados en las normas ASTM

3 CALCULOS Y RESULTADOS

3.1 CALCULOS

3.1.1. Calculo de la potencia de una bomba para el transporte del agua de lavado hacia el proceso de dispersión

TABLA 3.1.1-1 DATOS INICIALES PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

PARÁMETRO	VALOR
Caudal	$Q = 40 \text{ Gal/min} = 2.524 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}$
Diámetro tubería	$\varnothing = 2 \text{ pulg.} = 0.0508 \text{ m}$
Longitud de la tubería	160 m
Temperatura del agua	$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Densidad del agua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ kg/l} = 1000 \text{ kg/m}^3$
Viscosidad del agua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$	$\mu = 1.003 \text{ cp} = 1.003 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{seg.}$
Presión	$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm}$
Rugosidad absoluta del plástico (PE, PVC)	$\epsilon = 0.0015 \text{ mm} = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

- **Cálculo de la ecuación que rige el fenómeno para el presente sistema a partir de la ecuación de Bernoulli**

$$V_1 = 0$$

$$V_2^2 / 2g + P_2 / \gamma + (Z_2 - Z_1) + hf = H \quad (\text{Ec. 1})$$

$$V_2^2 / 2g + (Z_2 - Z_1) + hf = H$$

$$V_2^2 / 2g + 19 + hf = H \quad (\text{Ec. 2})$$

➤ **Cálculo de la velocidad**

$$V = 4 * Q / \pi * \emptyset^2 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$V = 4(2.524 * 10^{-3}) / \pi (0.0508)^2$$

$$V = 1.245 \text{ m / seg.}$$

➤ **Cálculo de Reynolds:**

$$Re = V * \emptyset * \ell / \mu \quad (\text{Ec. 4})$$

$$Re = 1.245 * 0.0508 * 1000 / 1.003 * 10^{-3}$$

$$Re = 63056.83 \quad \text{Régimen Turbulento}$$

➤ **Rugosidad Relativa:**

$$\text{Rugosidad Relativa} = \epsilon / \emptyset$$

$$\text{Rugosidad Relativa} = 1.5 * 10^{-6} / 0.0508$$

$$\text{Rugosidad Relativa} = 0.0000295$$

$$Re / \epsilon / \emptyset \text{ Moody} \text{ ----- } f \text{ (coeficiente de fricción)}$$

$$Re / \epsilon / \emptyset \text{ Moody} \text{ ----- } f = 0.012$$

➤ **Cálculo de las pérdidas hf:**

$$hf = hfL + hfm \quad (\text{Ec. 5})$$

➤ **Cálculo de hfL:**

$$hfL = f * L / \emptyset * V^2 / 2g \quad (\text{Ec. 6})$$

$$hfL = 0.012 * 160 / 0.0508 * (1.245)^2 / 2 * 9.8$$

$$hfL = 2.99 \text{ m.}$$

➤ **Cálculo de h_{fm}:**

$$h_{fm} = K * V^2 / 2g \quad (\text{Ec. 7})$$

$$K = (0.9) \text{ para codos de } 90^\circ$$

$$K = (0.04) \text{ para uniones}$$

$$K = (1.8) \text{ para Tees estándar}$$

$$K = (2.3) \text{ para válvula de diafragma}$$

$$K = (15) \text{ para válvula de pie}$$

$$K = (6.4) \text{ para válvula de globo}$$

$$h_{fm} = 2(0.9) + 12(0.04) + 4(1.8) + 3(2.3) + 1(15) + 5(6.4) * (1.245)^2 / 2 * 9.8$$

$$h_{fm} = 5.0121 \text{ m}$$

Entonces de la (Ec. 5) se deduce:

$$h_f = h_{fL} + h_{fm}$$

$$h_f = 2.99 + 5.012$$

$$h_f = 8 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de H (carga total de altura):**

De la (Ec. 2) se tiene:

$$V^2 / 2g + 8 + h_f = H$$

$$(1.245)^2 / 2 * 9.8 + 19 + 8 = H$$

$$H = 27.08 \text{ m}$$

➤ **Cálculo del flujo másico (W)**

$$W = Q * \ell \quad (\text{Ec. 8})$$

$$W = 2.524 * 10^{-3} * 1000$$

$$W = 2.524 \text{ kg/seg.}$$

➤ **Cálculo de la potencia de la bomba (Hp):**

$$H_p = W * H / 75 * \epsilon \quad (\text{Ec. 9})$$

$$H_p = 2.524 * 27.08 / 75 * 0.5$$

$$H_p = 1.82$$

Factor de seguridad del 20%

$$H_p = 2.2$$

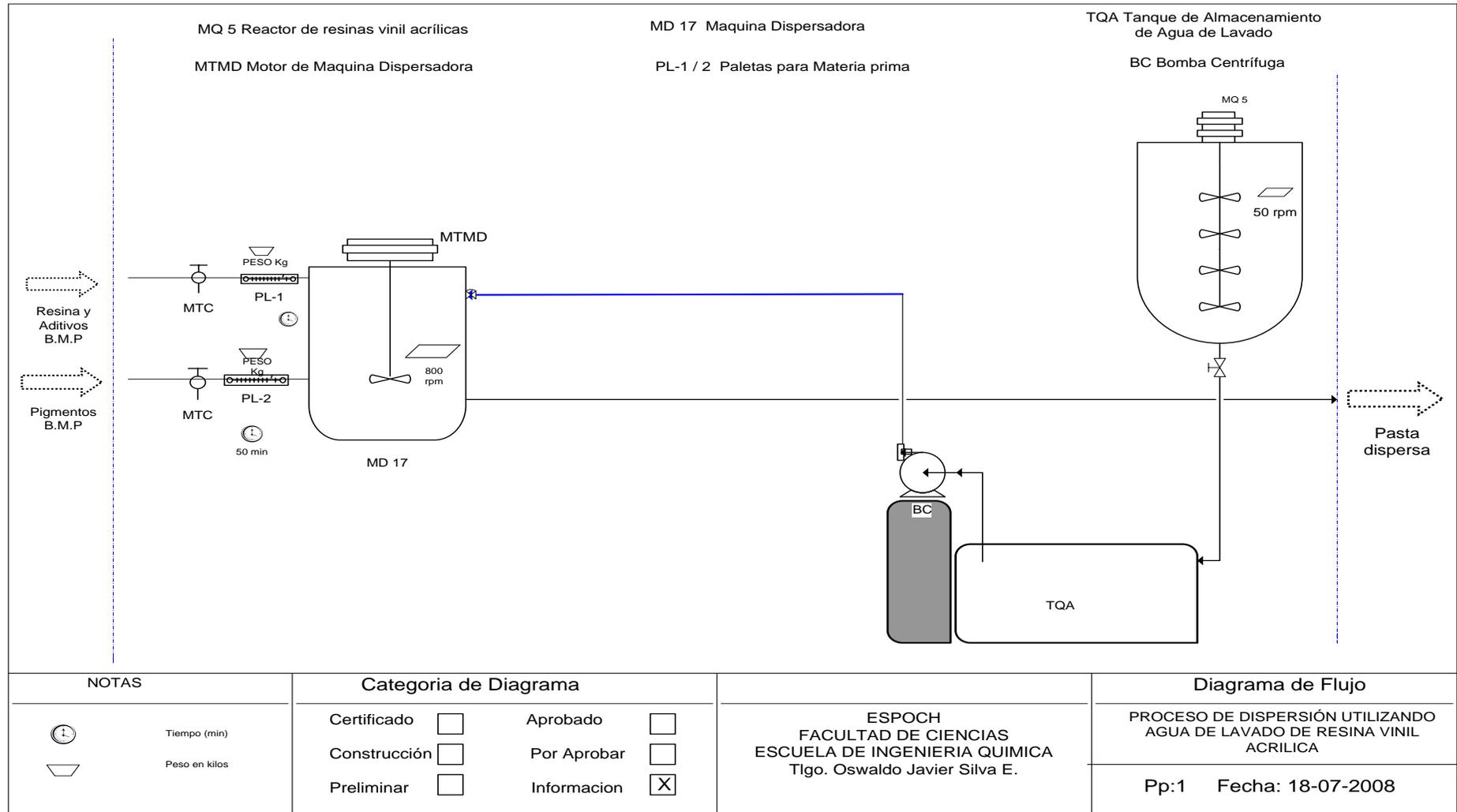


FIGURA 3.1.1-1: Diagrama del Sistema de Dispersión de una pintura acuosa utilizando agua de lavado del Reactor MQ5

3.2 RESULTADOS

3.2.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PASTA DE DISPERSIÓN

3.2.1.1. Resultados obtenidos del parámetro de Viscosidad

TABLA 3.2.1.1-1. VISCOSIDAD DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.

VISCOSIDAD (KU) TOMADA A 25°C				
MUESTRAS	SIN REEMPLAZO DE AGUA (ESTANDAR)	REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA	REEMPLAZO DEL 50%	REEMPLAZO DEL 100%
1	73	74	77	84
2	73	74	77	85
3	73	75	78	83
4	73	74	77	82
5	73	74	77	84
6	73	74	76	82
7	74	74	77	83
8	72	74	78	83
9	73	74	78	82
10	72	74	78	83

GRAFICO N° 3.2.1.1-1. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).

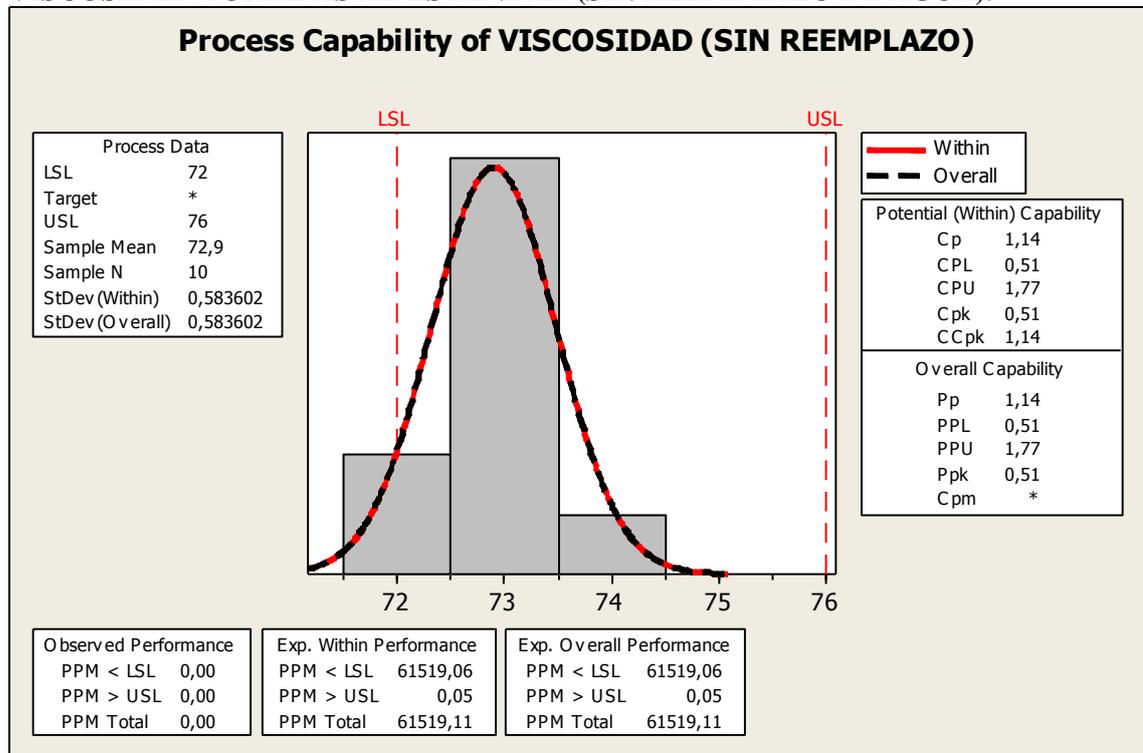


GRAFICO N° 3.2.1.1-2. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ENSAYO 1 (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).

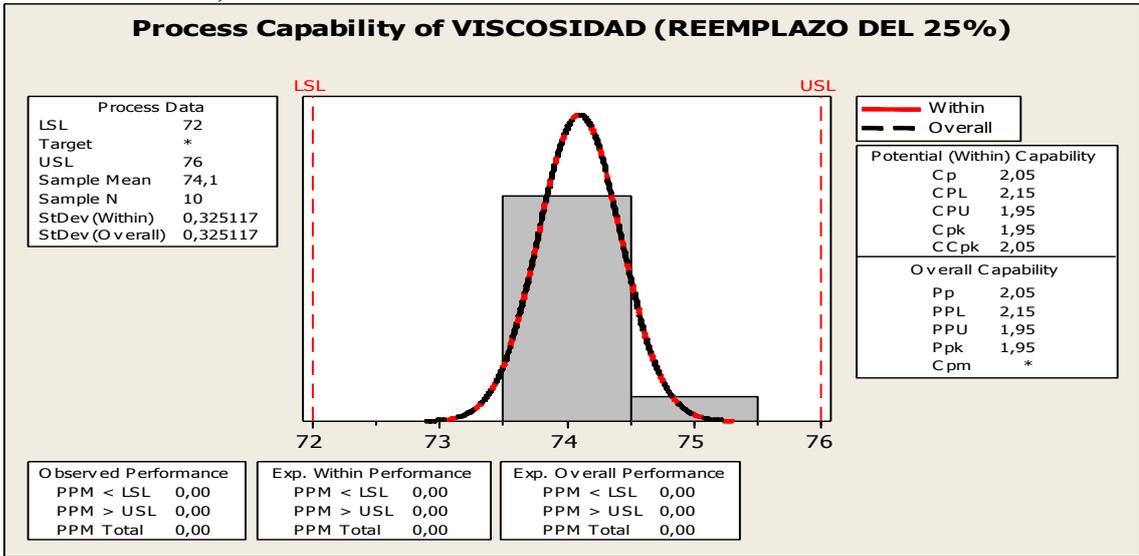


GRAFICO N° 3.2.1.1-3. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO VISCOSIDAD TOMADAS AL ENSAYO 2 (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).

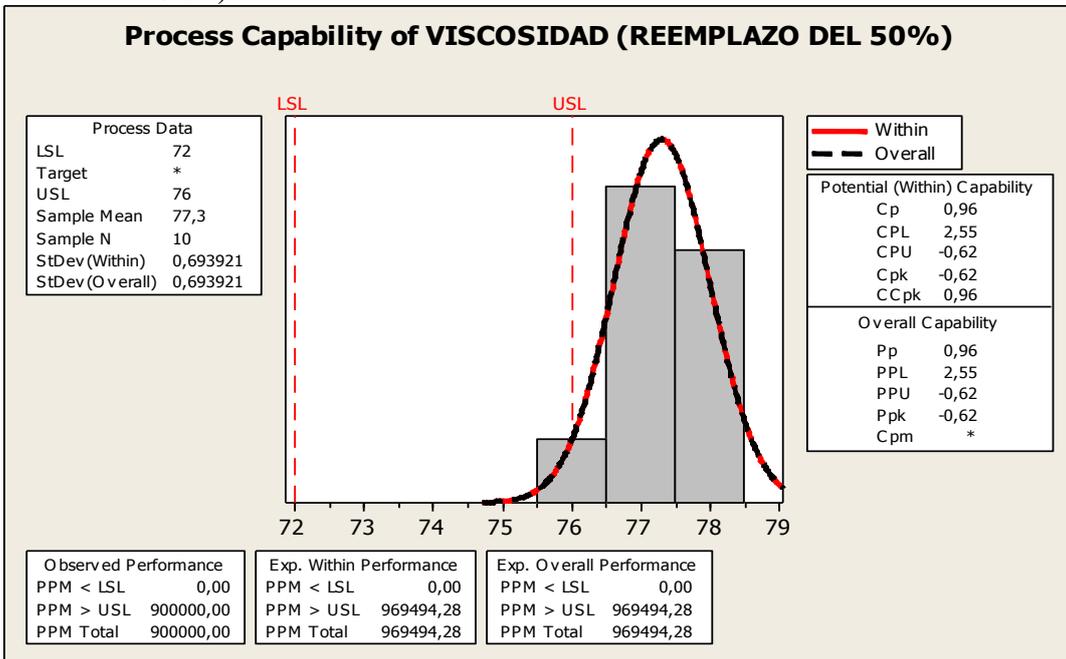
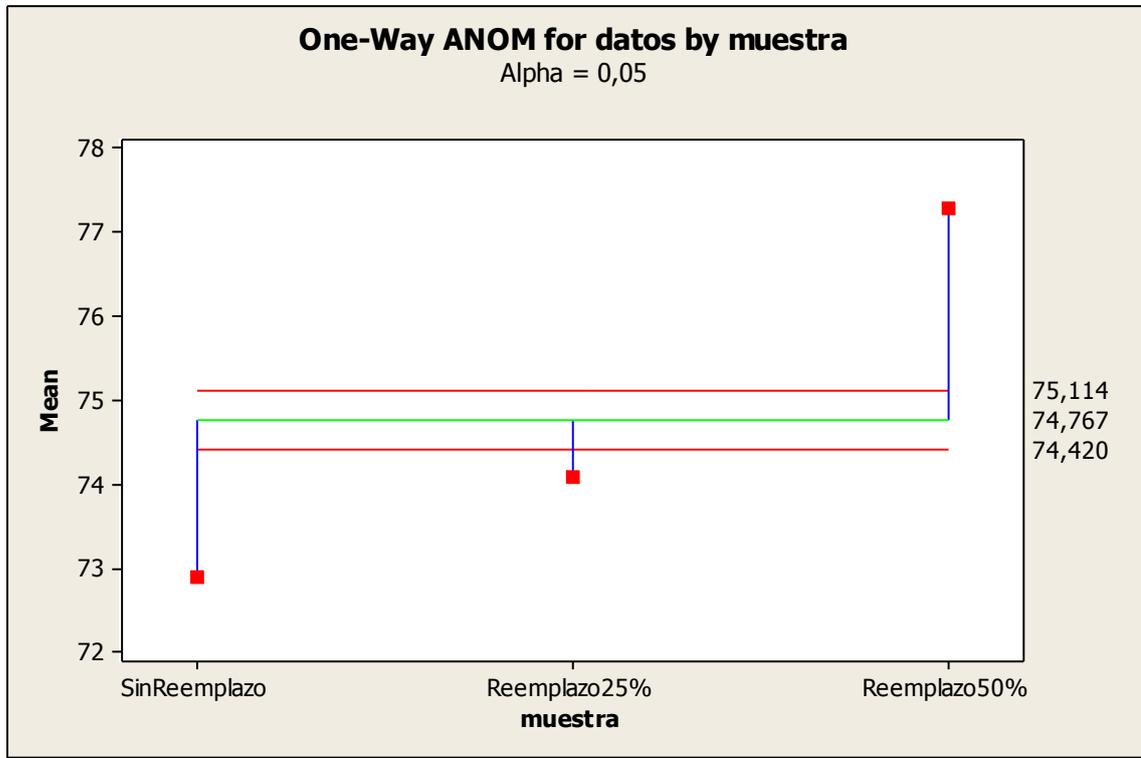


GRAFICO N° 3.2.1.1-4.CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MAS IDÓNEO.



3.2.1.2. Resultados obtenidos del parámetro de Percepción Olfativa

Este parámetro se mide por medio de encuesta sometida a diez técnicos de laboratorio, en la cual se establece un rango del 1 al 10, siendo 1 para el mejor y 10 para el peor.

TABLA 3.2.1.2-1. PERCEPCIÓN OLFATIVA DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.

PERCEPC OLFATIVA(SIN REEMPLAZO)	PERCEPC OLFA(REEMPLAZO DEL 25%)	PERCEPC OLFA(REEMPLAZO DEL 50%)	PERCEPC OLFA(REEMPLAZO DEL 50%)
1	2	4	5
1	2	4	6
1	2	5	6
1	2	5	7
1	2	2	7
1	2	5	7
1	2	2	6
1	2	3	6
1	1	4	6
2	2	5	6

GRAFICO N° 3.2.1.2-1. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).

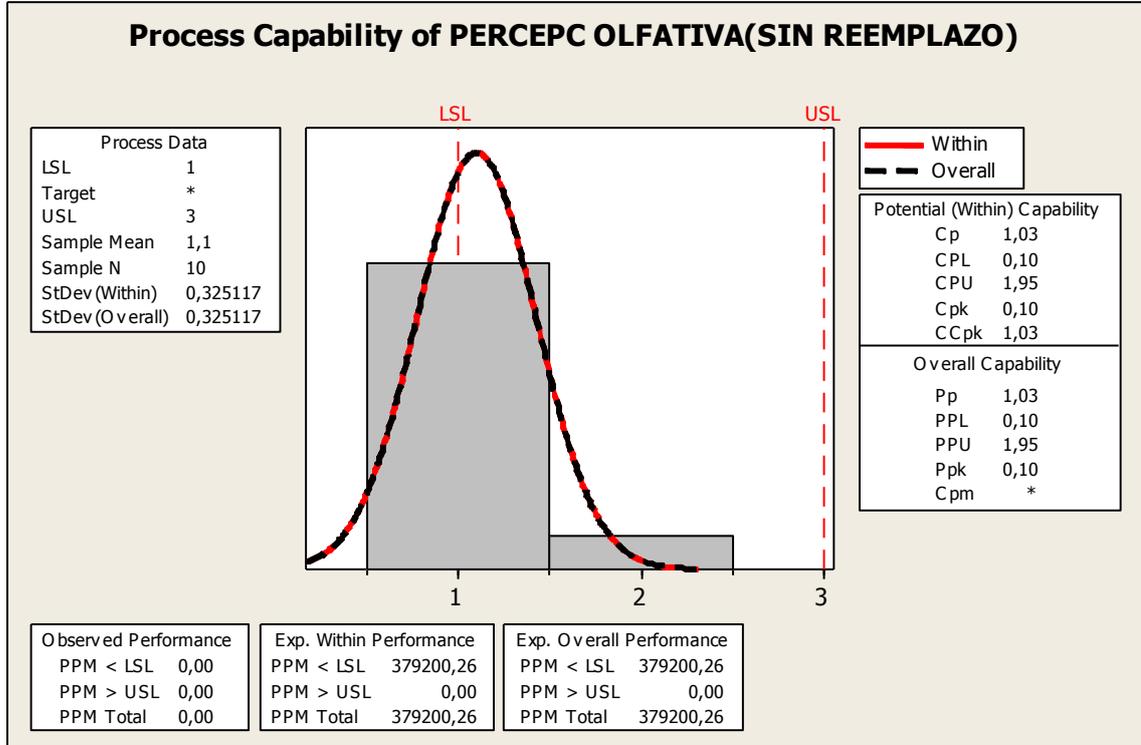


GRAFICO N° 3.2.1.2-2. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).

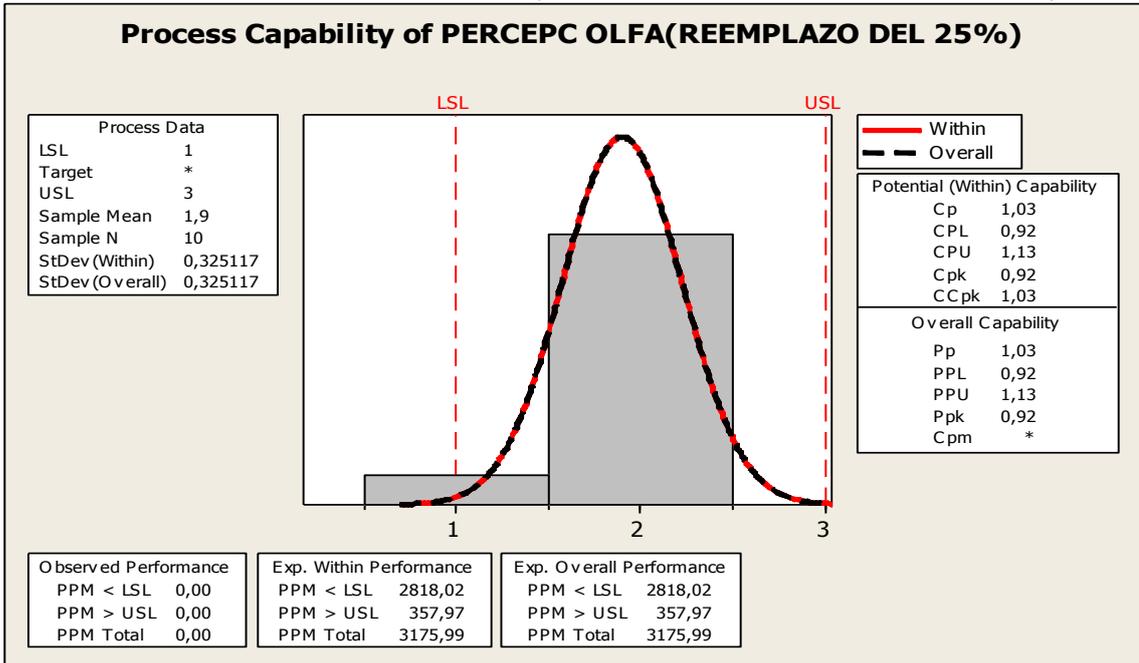


GRAFICO N° 3.2.1.2-3. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PERCEPCIÓN OLFATIVA (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).

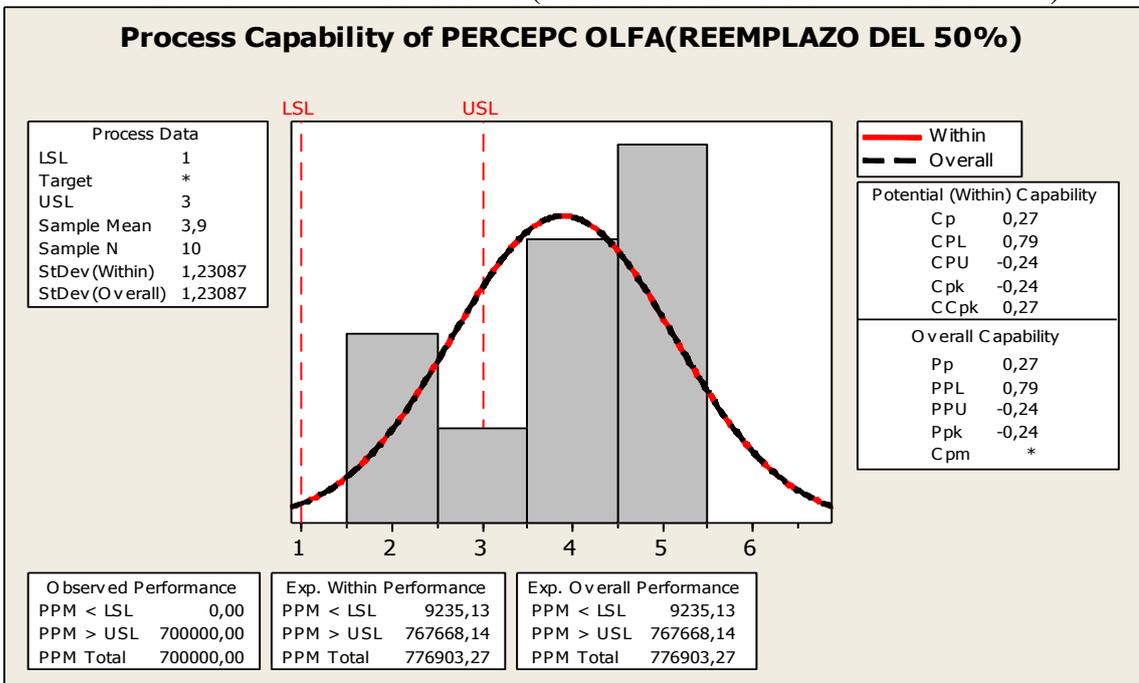
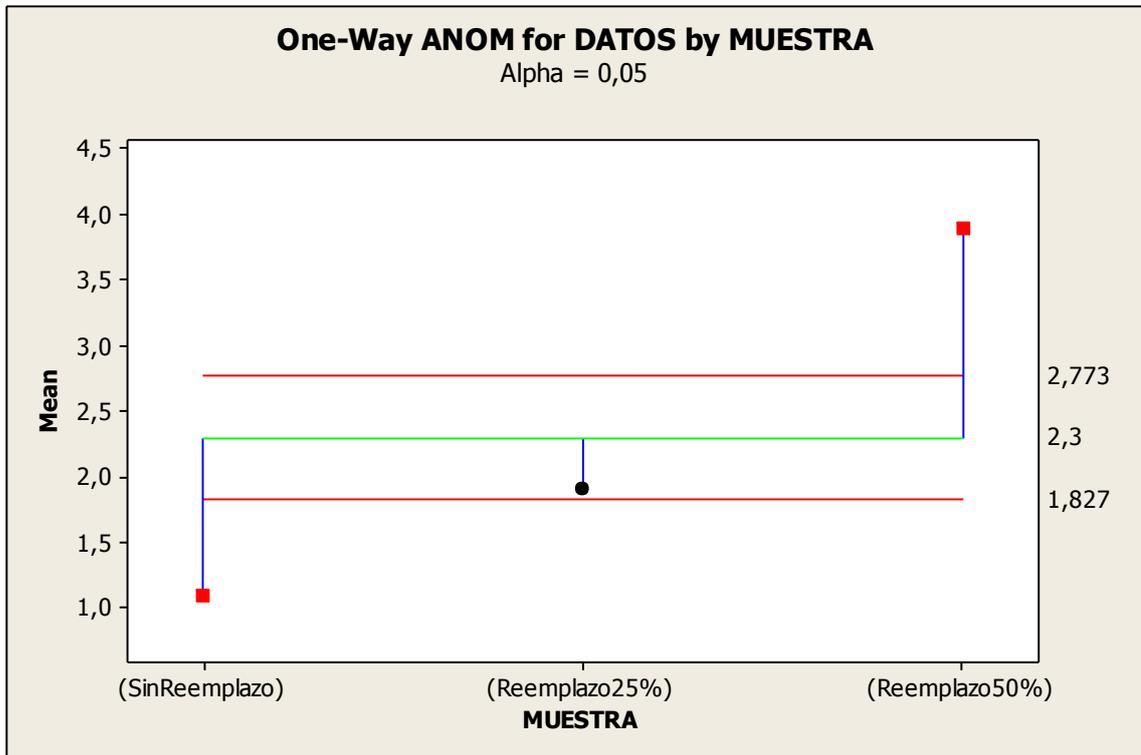


GRAFICO N° 3.2.1.2-4. CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.



3.2.1.3. Resultados obtenidos del parámetro de PH

TABLA 3.2.1.3-1. PH DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.

PH (SIN REEMPLAZO)	PH (REEMPLAZO DEL 25%)	PH (REEMPLAZO DEL 50%)	PH (REEMPLAZO DEL 100%)
8.7	8.6	7.9	7.3
9.0	8.5	7.5	7.5
8.7	8.7	7.9	7.3
8.8	8.6	7.5	7.4
8.9	8.7	8.0	7.3
8.8	8.7	7.9	7.3
8.8	8.5	7.7	7.3
9.0	8.7	7.5	7.2
9.0	8.5	8.0	7.5
8.9	8.6	7.8	7.3

GRAFICO N° 3.2.1.3-1. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).

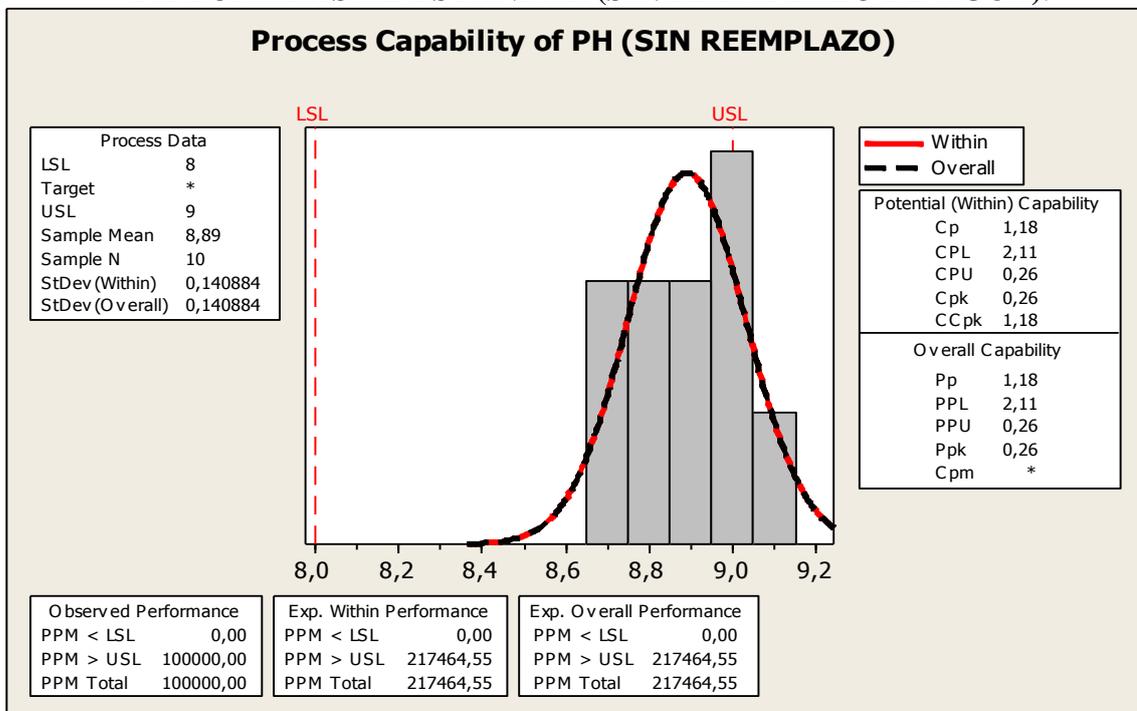


GRAFICO N° 3.2.1.3-2. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).

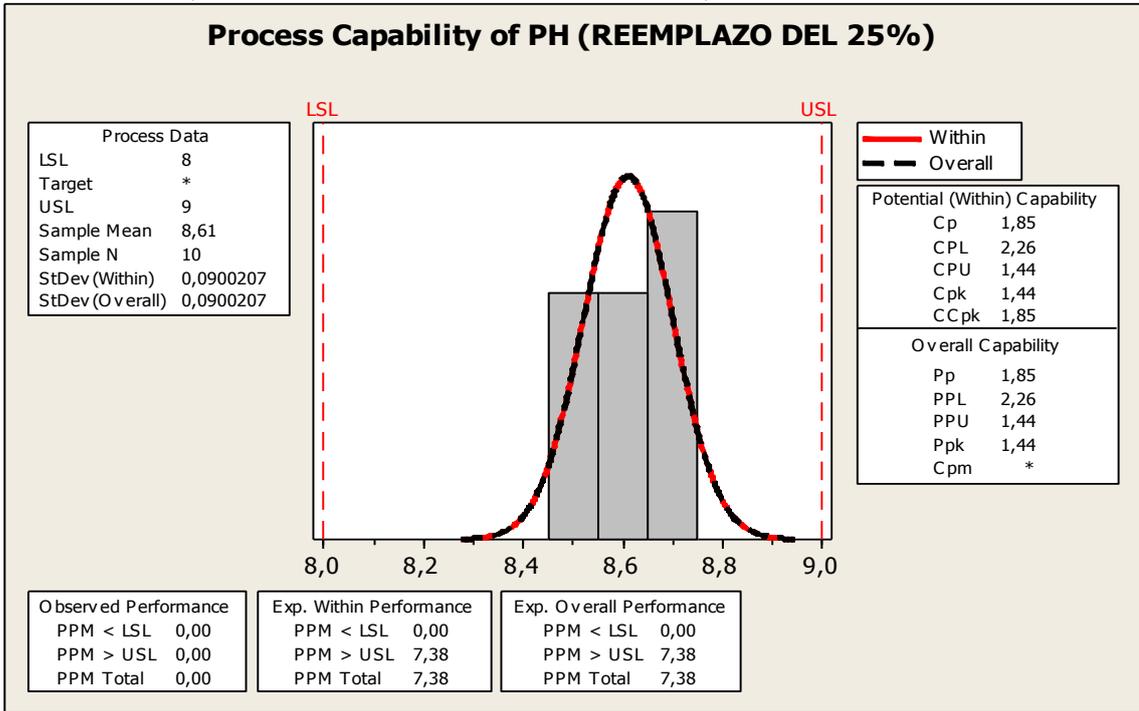


GRAFICO N° 3.2.1.3-3. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE PH (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).

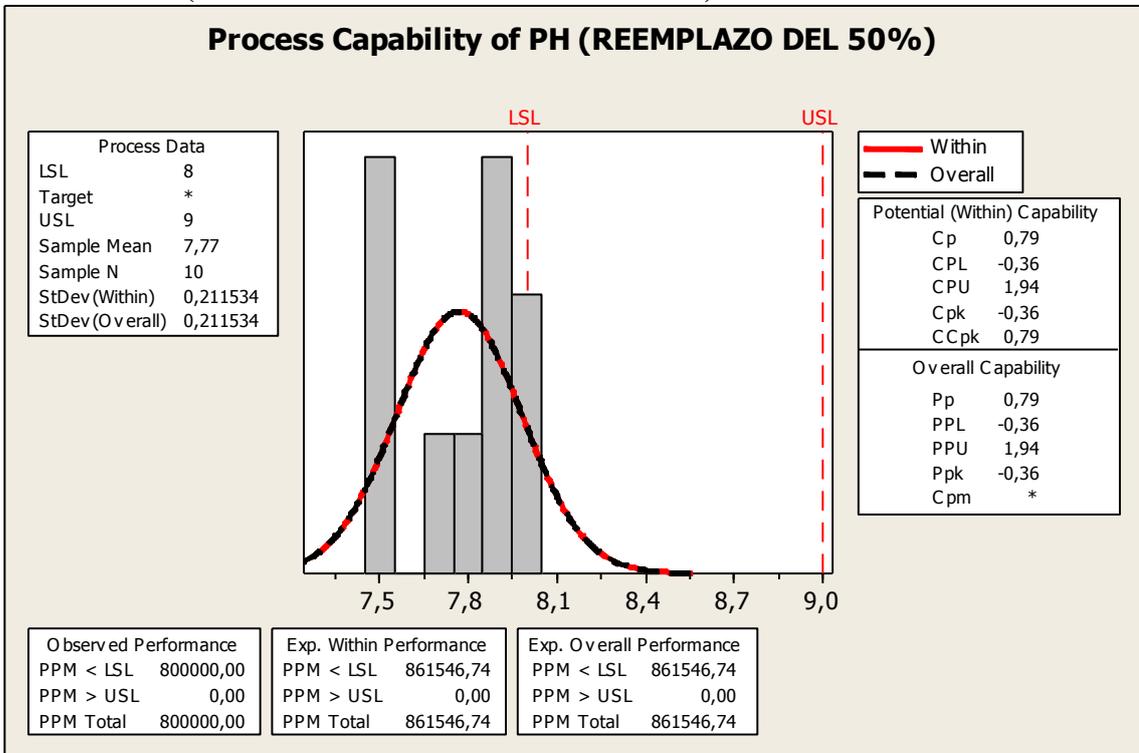
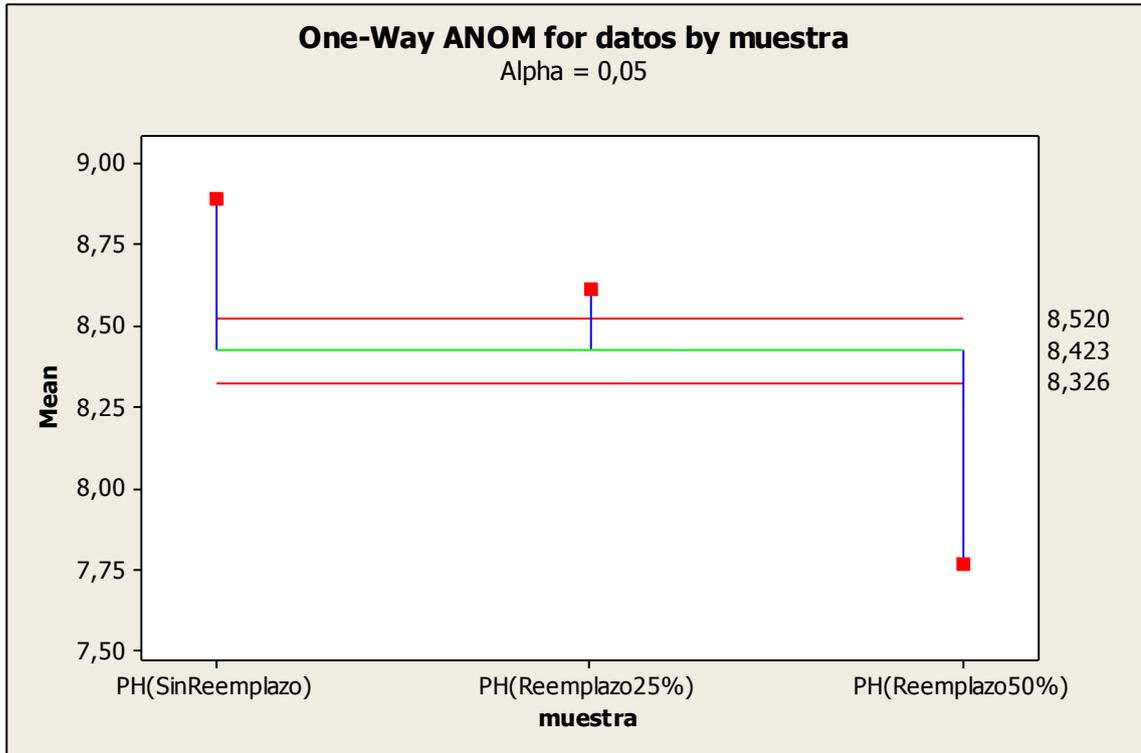


GRAFICO N° 3.2.1.3-4: CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MAS IDÓNEO.



3.2.1.4. Resultados obtenidos del parámetro de Limpieza

TABLA 3.2.1.4-1 LIMPIEZA DE LA PASTA DE DISPERSIÓN DEL LÁTEX VINIL ACRÍLICO BLANCO.

LIMPIEZA(SIN REEMPLAZO)	LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 25%)	LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 50%)	LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 100%)
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	5.0	3.5	3.5
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	4.5	3.5	3.5
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	4.5	3.0	3.0
5.0	4.5	3.5	3.5
4.5	4.5	3.0	3.0
4.5	4.5	3.5	3.0

GRAFICO N° 3.2.1.4-1. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA TOMADAS AL ESTÁNDAR (SIN REEMPLAZO DE AGUA).

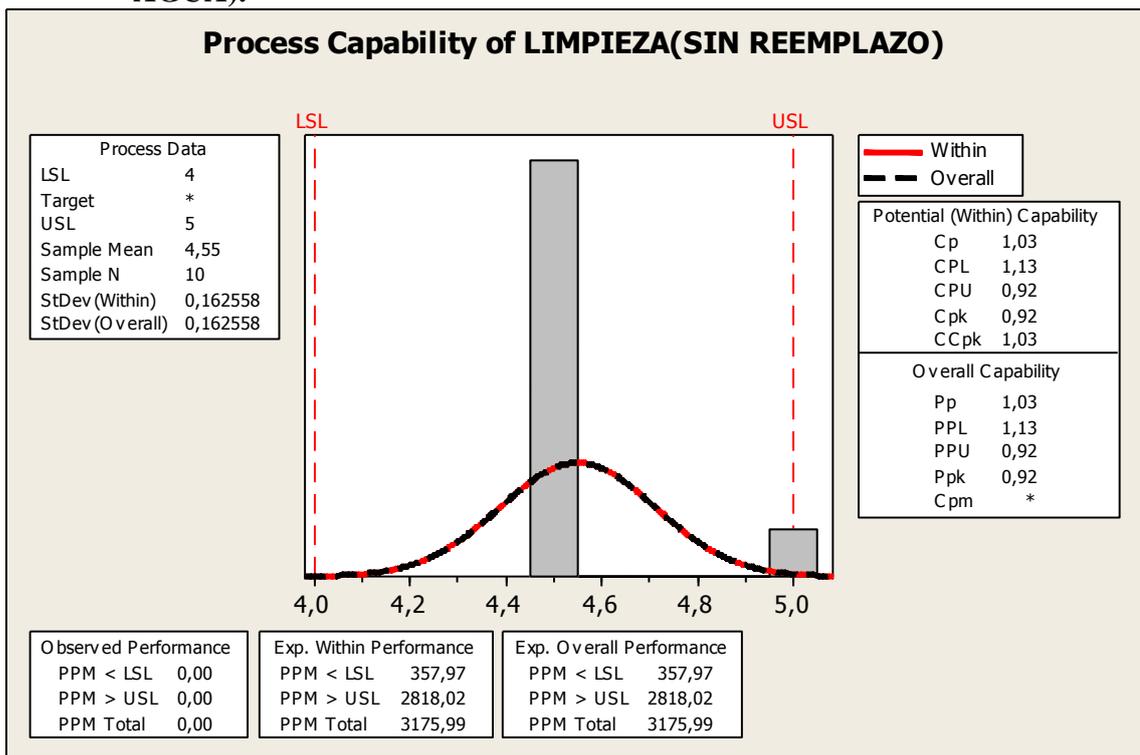


GRAFICO N° 3.2.1.4-2. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 25% DE AGUA).

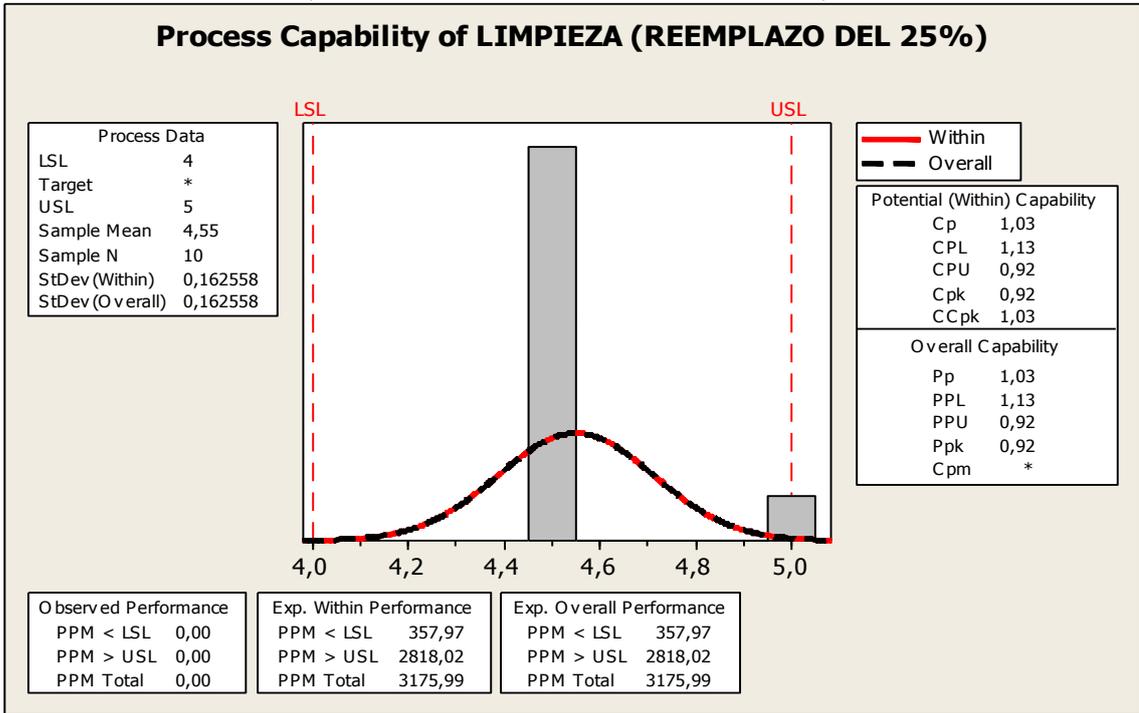


GRAFICO N° 3.2.1.4-3. CAPACIDAD DE PROCESO DEL PARÁMETRO DE LIMPIEZA (REEMPLAZO DEL 50% DE AGUA).

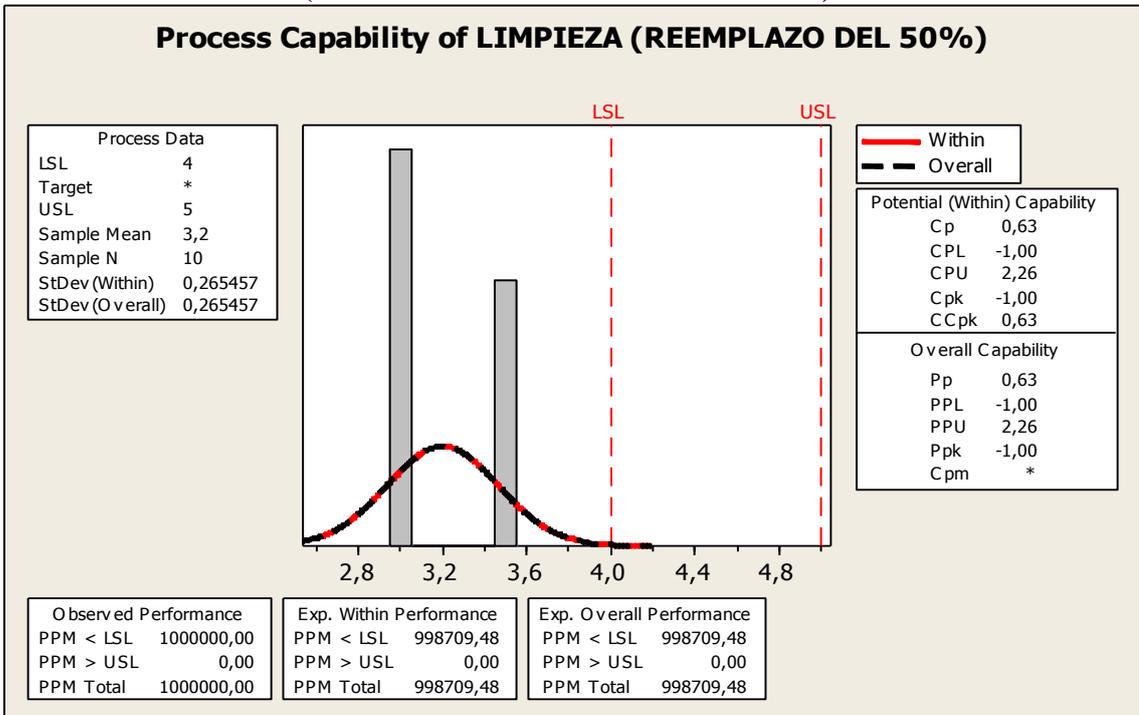
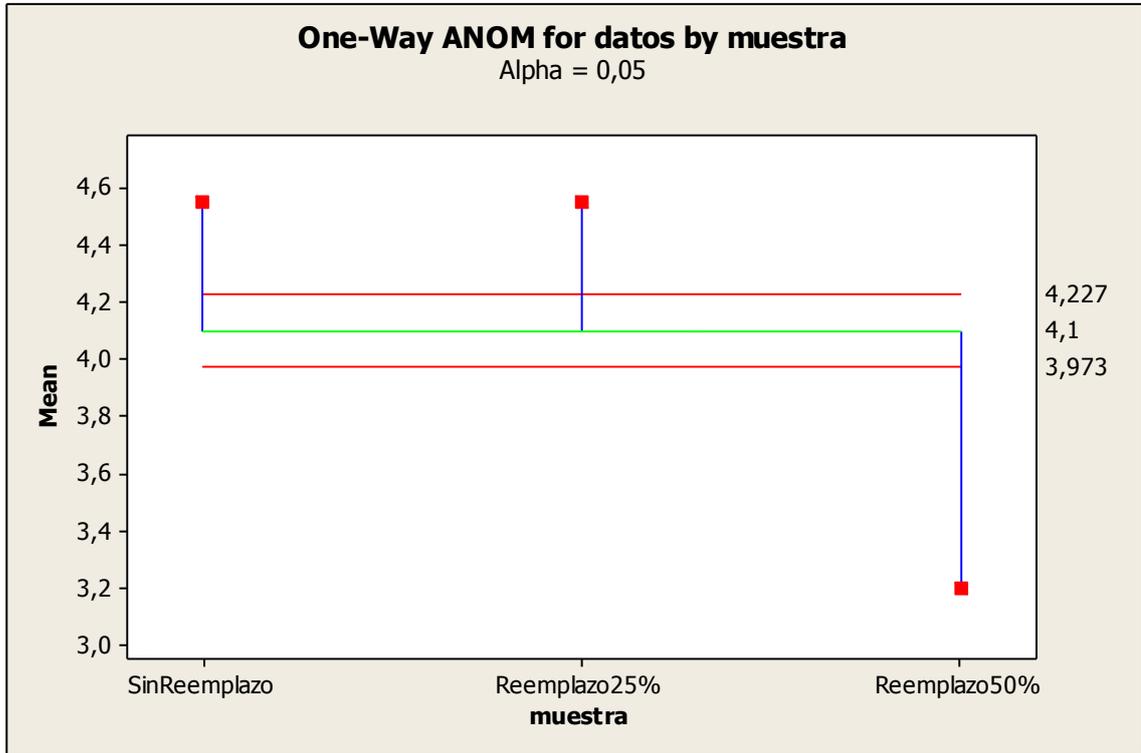


GRAFICO N° 3.2.1.4-4. CARTA DE CONTROL PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL REEMPLAZO MÁS IDÓNEO.



3.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PRODUCTO TERMINADO

TABLA 3.2.2-1: Parámetros tomados en producto terminado del L.V.A. (500 TROP). Referencia NORMA NTE INEN 1544: 87-04

CONTROL DE CALIDAD LATEX TIPO I : LATEX VINIL ACRILICO (500 TROP)							
PARAMETROS	ESPECIFICACIÓN INEN TIPO I		ESTÁNDAR	ENSAYO N° 1	ENSAYO N° 2	ENSAYO N° 3	ENSAYO N° 4
	mín.	máx.	SIN REEMPLAZO	REEMPLAZO DEL 25%	REEMPLAZO DEL 50%)	REEMPLAZO DEL 75%)	REEMPLAZO DEL 100%
Sólidos totales, %	45	-	47	47.1	47.1	47.2	47.4
Viscosidad, KU a 25°C	110	130	125	126	131	131	132
Finura, U. N.S.	3	-	4	4	3.5	3.5	3
Secado libre al tacto, min.	-	60	45	44	41	41	42
Restregado (ciclos)	700	-	1250	1255	1256	1260	1280
Lavabilidad (ciclos)	-	30	10	10	11	12	12
Brillo a °60	-	15	2	2	2.3	2.3	2.4
pH	6.5	9.5	8	8	8	8	7.8
Percepción Olfativa (*)	1	5	2	2	6	7	10
Viscosidad estabilidad (7 días a 50°C)	110	130	128	128	130	134	136
<p>(*) Este parámetro se mide por medio de encuesta sometida a diez técnicos de laboratorio, en la cual se establece un rango del 1 al 10, siendo 1 para el mejor y 10 para el peor. Recomendando un máximo de 5 para aprobación.</p>							

4. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. ANALISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

A continuación analizaremos los resultados de los parámetros de calidad influyentes de viscosidad y percepción olfativa expuestos en la tabla 3.2.2-1

Del parámetro de viscosidad se deduce lo siguiente:

- El rango de viscosidad normal es 110-130 KU para el Látex Vinil Acrílico.
- El Látex Vinil Acrílico estándar dio un valor de 125 KU.
- Entonces se puede decir que el ensayo N° 1 (reemplazo del 25% de agua) es aceptable ya que se encuentra entre los límites superior e inferior de control es decir entre los rangos de aprobación. (El ensayo N°1 tuvo una viscosidad de 126 KU).
- Por otra parte los ensayos N° 2, N° 3, y N° 4, no son factibles, están fuera de las especificaciones que rige la norma NTE INEN 1544: 87-04

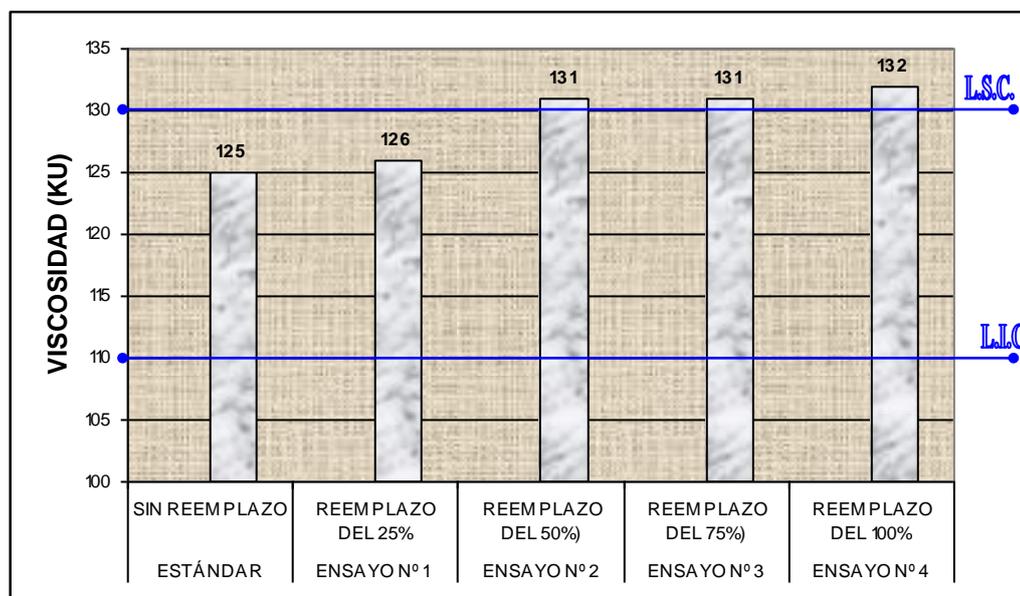


FIGURA N° 4.1-1: COMPARATIVO DE LA VISCOSIDAD DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

Del parámetro de percepción olfativa se deduce lo siguiente:

- El rango de olor a ácido ftálico es de 1-5 para el Látex Vinil Acrílico blanco.
- El Látex Vinil Acrílico estándar obtuvo un valor de 2.
- Entonces se puede decir que el ensayo N° 1 (reemplazo del 25% de agua) es factible ya que se encuentra entre los límites superior e inferior de control establecidos. (El ensayo N° 1 obtuvo un valor para el olor de 2).
- Por otra parte los ensayos N° 2, N° 3, y N° 4, no son factibles, pues salen de los límites superior e inferior de control.

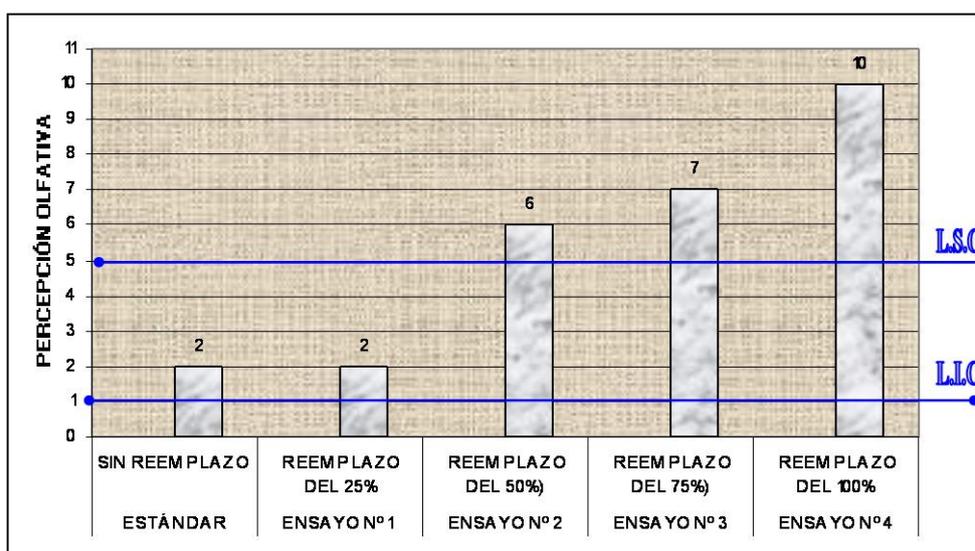


FIGURA N° 4.1-2: COMPARATIVO DEL PARÁMETRO DE LA PERCEPCIÓN OLFATIVA DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

De todo lo anteriormente descrito se puede decir que el mejor ensayo para reemplazar el agua de suministro local por el agua de lavado proveniente del reactor MQ5 dentro de la etapa de dispersión de pintura arquitectónica es el representado por el Ensayo N°1 que representa al 25% de reemplazo.

A continuación el siguiente cuadro se representa la cantidad de agua a ser reemplazada en un lote de 11000 litros de Látex Vinil acrílico blanco de acuerdo al ensayo N°1:

TABLA N° 4.1-3. KILOS DE AGUA A SER REEMPLAZADOS DE ACUERDO AL ENSAYO N° 1 EN UN LOTE DE 11000 LITROS DE LATEX VINIL ACRILICO

PRODUCTO	KILOS DE AGUA POR FORMULACIÓN	% DE REEMPLAZO DE ACUERDO AL ENSAYO N°1	CANTIDAD (kg) DE AGUA A REEMPLAZAR
LATEX VINIL ACRILICO (500TROP)	7000	25%	1750

Fuente: Formula Patrón del producto.

4.2. ANALISIS DEL BENEFICIO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTAL

Luego de analizar los resultados se realiza una proyección de costos para lotes reales de 11000 litros en la planta de producción. Se procedió entonces a costear la pintura obtenida con el ensayo N°1. Los resultados de los costos que a continuación se exponen, incluyen todos los gastos de operación como mano de obra, energía eléctrica utilizada, tiempo de máquina, etc. Los costos totales se los puede calcular en base a datos que se encuentran detallados en un software con que cuenta la empresa. Este programa permite calcular todos estos parámetros con facilidad y exactitud, algo que manualmente sería muy complejo de realizarlo.

El análisis de costos se lo puede dividir en 2 etapas:

- En el ensayo N°1 del Látex Vinil Acrílico (con reemplazo del agua en un 25%)
- En el agua que se dejaría enviar para la planta de tratamiento

TABLA 4.2-1. COSTEO DE PINTURA LÁTEX VINIL ACRÍLICO ESTÁNDAR VERSUS ENSAYO N° 1 PARA UN LOTE DE VOLUMEN REAL DE 11000 LITROS.

PRODUCTO: PINTURA ARQUITECTÓNICA LÁTEX VINIL ACRÍLICO (500 TROP).		
COLOR: BLANCO		
VOLUMEN: 11000 LITROS		
DETALLE: COSTOS DE MATERIALES.	COSTO	
MATERIAS PRIMAS	ESTÁNDAR	ENSAYO
Pigmentos	0.326	0.326
Resina	0.2669	0.2669
Aditivos	0.138	0.138
Agua	0.01	0.0000
SUBTOTAL	0.741	0.731
DETALLE: COSTOS DE OPERACIÓN.		
Recepción materia prima	0.0017	0.0017
Dispersión parte A (30 minutos)	0.0073	0.0073
Dilución parte B (30 minutos)	0.0031	0.0031
Manufactura de pinturas (maquinaria y operarios)	0.0174	0.0174
SUBTOTAL	0.0295	0.0295
Total costo por litro	0.770	0.760
Total costo por lote (11000 litros)	8474.4	8364.4
AHORRO POR LOTE	110	
AHORRO MENSUAL (5 LOTES) (\$)	990	

Fuente: Operador sistema BaaN costos de Pinturas Cóndor S.A.

TABLA 4.2-2. AHORRO POR DEJAR DE TRATAR EL AGUA DE LAVADO

PRODUCTO: AGUA PARA TRATAMIENTO	
VOLUMEN: 15.250 m³ = 15250 Litros al mes	
CANTIDAD DE AGUA QUE SE DEJARÍA DE TRATAR.	15.250 m³
COSTO DE TRATAMIENTO DE 1 m³ DE AGUA.	\$ 1.15
AHORRO POR DEJAR DE TRATAR EL AGUA	\$ 17.54

Sumada las dos etapas se obtiene el siguiente ahorro:

TABLA 4.2-3. AHORRO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN

DESCRIPCIÓN DE ETAPAS	COSTO (\$)
Ahorro con ensayo N°1 en Látex Vinil Acrílico (ver TABLA 4.2-1)	\$ 990
Ahorro por dejar de tratar agua de lavado (ver TABLA 4.2-2)	\$ 17.54
TOTAL DE AHORRO MENSUAL	\$ 1007.54

Analizando la tabla anterior se puede analizar que si bien es cierto el total de ahorro mensual es importante, pero lo más significativo de esta investigación es la gestión

ambiental ya que la minimización de residuos tiene una serie de ventajas tangibles e intangibles para la industria, esto además permite lograr el cumplimiento de las regulaciones o normativas y una mejora de la imagen pública de la empresa.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES:

Al terminar este trabajo, se puede mencionar que se han cumplido satisfactoriamente con los objetivos e hipótesis propuestos al inicio del mismo, en razón de que:

- ❖ Se establece que el ensayo N° 1 es el que presenta mejores características para la presente investigación por su mayor similitud en los parámetros respecto a la pasta de dispersión estándar.
- ❖ Es factible utilizar agua de lavado de resinas vinyl acrílicas, como parte en la fabricación de pinturas arquitectónica base agua.
- ❖ Existe la capacidad económica en el sector industrial manufacturero de pinturas para abordar el problema de contaminación ambiental (al menos los más relevantes).
- ❖ Para el sistema de transporte del agua de lavado del reactor MQ5 directamente hacia el proceso de dispersión de pinturas arquitectónicas (base acuosa), de acuerdo a la presente investigación es necesario utilizar una bomba con una potencia de 2.2 HP.
- ❖ Para eliminar la posibilidad de contaminación y por tanto la afectación en la calidad del producto elaborado, es necesario realizar el tratamiento del agua de lavado de resinas látex con aditivos bactericidas y fungicidas.
- ❖ Pinturas Cóndor S.A., es una empresa que se preocupa constantemente por el medio ambiente justificado por el cumplimiento de la norma medio ambiental

ISO 14001 con la cual la empresa cuenta desde el año 2003 y en la que establece la minimización de los impactos hacia el medio ambiente.

- ❖ Es posible optimizar recursos económicos realizando la reutilización de agua de lavado de resinas en la fabricación de productos arquitectónicos látex.
- ❖ Las autoridades y empresas en conjunto deben abordar el tema de los residuos líquidos no riesgosos que sean aprovechables, de tal forma de buscar algún provecho o uso alternativo para ellos a través de establecer algún mercado de residuos líquidos o profundizar la alternativa de reciclaje.

5.2 RECOMENDACIONES:

Al terminar este trabajo, se puede mencionar las siguientes recomendaciones:

- ❖ Es necesario la extensión del presente proyecto de reutilización de agua de lavado de resinas látex, a todos los residuos de lavado de los tanques en los que se elaboran productos arquitectónicos.
- ❖ Es recomendable elaborar un plan de mantenimiento de la piscina y conductos de transporte del agua de lavado de resinas tipo acuosa.
- ❖ Para garantizar la utilización del agua de lavado del reactor MQ5 en lugar de la de suministro normal, incluyéndola en la fase de dispersión de productos acuosos, se recomienda crear un nuevo código e incluirla dentro de la formulación normal que se emite a la unidad de Operaciones de la planta industrial.

BILIOGRAFIA

1. **AUSTIN, T.**, Manual de Procesos Químicos en la Industria., Tomo II., Distrito Federal – México., 1988. pp. 220 - 221., 234 - 244.
2. **BLANCO, A., LANCO, A.**, Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos., 1ª ed., Distrito Federal – México., Editorial Química., 1974. pp. 150 - 153
3. **BRITO, H.**, Texto Básico de Operaciones Unitarias I., Riobamba – Ecuador., Docucentro ESPOCH., 2000., pp. 15 – 32.
4. **CALVO, C.**, Pinturas y Recubrimientos Introducción a su tecnología., Barcelona – España., Ediciones Diaz de Santos., 2009. pp. 10 - 15., 23 - 26.
5. **PAYNE, H.**, Tecnología de Pinturas., Distrito Federal – México., Editorial Blume 1993., pp. 112 – 180.
6. **PERRY, R.**, Manual del Ingeniero Químico., 7ª ed. Madrid - España: Ed Mc Graw Hill., 2001. Vol.5, pp. 56, 67.
7. **PINTURAS CÓNDROR S.A.**, Manual de Métodos Técnicos., (Manuales de la Empresa).
8. **VIAN/OCON.**, Elementos de Ingeniería Química., 2ª ed. Madrid – España., Marzo 1988., pp.718 - 725.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET**9. PINTURAS.**

www.edutecne.utn.edu.ar

http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/C-TecPin_VIII_a_XI.pdf

2004 - 11 - 05

10. RESINAS.

www.quiminet.com.mx

de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Sedimentaci%C3%B3n>

2009 - 03 - 20

11. RESIDUOS INDUSTRIALES.

Medio Ambiente, Higiene y Seguridad

<http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=902>

2006 - 01 - 22

12. PROCESO DE PRODUCCIÓN.

www.quiminet.com.mx/cn/interacciones.php?n_pizarra=7541856508&mostrar_a=02262856546244393335119324.

2011 - 05 - 06

ANEXO 1. PINTURAS CLASIFICACIÓN NORMA INEN 1021



CDU: 667.62

QU 04.05-119

Norma Técnica Ecuatoriana	PINTURAS. CLASIFICACIÓN	INEN 1 021 1983-04
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto esta una forma de clasificación de las pinturas.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Las pinturas pueden clasificarse de diversas maneras, teniendo en cuenta diferentes factores inherentes a ellas</p> <p>2.2 En esta norma se incluyen varias formas de clasificación, pero será considerada por el INEN, como básica y fundamental, únicamente la clasificación por tipo de ligante, puesto que éste es el componente común en casi toda pintura, caracterizando más decisivamente sus propiedades y aclarando situaciones conflictivas, en el caso de utilizarse cualquiera de las otras formas de clasificación.</p> <p>2.3 Los términos utilizados en la clasificación por tipo del ligante (ver 3.1), están descritos en la Norma INEN 997.</p> <p style="text-align: center;">3. CLASIFICACION</p> <p>3.1 Por tipo de ligante. (Fundamental).</p> <p>3.1.1 <i>Acrílicas.</i></p> <p>3.1.2 <i>Al aceite.</i></p> <p>3.1.3 <i>Alquídicas.</i></p> <p>3.1.4 <i>Amínicas.</i></p> <p>3.1.5 <i>Bituminosa.</i></p> <p>3.1.6 <i>Clorofénicas.</i></p> <p>3.1.7 <i>De caucho ciclizado.</i></p> <p>3.1.8 <i>De caucho clorado.</i></p> <p>3.1.9 <i>De cemento.</i></p> <p>3.1.10 <i>De colas o resinas hidrosolubles (témperas).</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

- 3.1.11 *De emulsión.*
- 3.1.12 *De emulsión acrílica.*
- 3.1.13 *De emulsión de poliestireno.*
- 3.1.14 *De emulsión de polivinil acetato (PVA).*
- 3.1.15 *De emulsiones varias.*
- 3.1.16 *De emulsiones vinílicas.*
- 3.1.17 *De ésteres de celulosa.*
- 3.1.18 *De ésteres epoxídicos.*
- 3.1.19 *De poliestireno.*
- 3.1.20 *De resinas naturales.*
- 3.1.21 *De resinas de cumarona.*
- 3.1.22 *De silicato inorgánico.*
- 3.1.23 *De silicato orgánico.*
- 3.1.24 *De silicato de zinc.*
- 3.1.25 *Epoxídicas.*
- 3.1.26 *Epoxiéster.*
- 3.1.27 *Fenólicas.*
- 3.1.28 *Oleo resinosa.*
- 3.1.29 *Poliestéricas no saturadas.*
- 3.1.30 *Poliuretánicas.*
- 3.1.31 *Vinílicas.*
- 3.1.32 *Resina de hidrocarburos.*
- 3.1.33 *Mixtos (combinaciones de dos o más pinturas).*

(Continua)

3.1.34 *No clasificados (ver nota 1).*

3.2 De acuerdo al ambiente al cual se destina la pintura.

3.2.1 *Pinturas para uso en ambiente rural.*

3.2.2 *Pinturas para uso en ambiente industrial.*

3.2.3 *Pinturas para uso en ambiente con agresivos químicos.*

3.2.4 *Pinturas para uso en el ambiente costanero.*

3.2.5 *Pinturas para uso en ambiente marino.*

3.3 De acuerdo al brillo

3.3.1 *Mate.*

3.3.2 *Cáscara de huevo o semimate.*

3.3.3 *Brillante.*

3.3.4 *Superbrillante.*

3.4 Según la condiciones de secado

3.4.1 *De secado al aire.* Son las pinturas que secan por evaporación y oxidación en condiciones normales.

3.4.2 *De secado forzado.* Son las que pueden secarse por oxidación en un tiempo determinado y que, además, pueden acelerarse por calefacción a una temperatura entre 50 - 80° C.

3.4.3 *De secado al horno.* Son las que se secan por una reacción química de reticulación inducida por calor a una temperatura mayor a 100° C.

3.5 Según la forma de aplicación.

3.5.1 *Por brocha.*

3.5.2 *Por soplete.*

3.5.3 *Por cortina.*

3.5.4 *Por electrodeposición.*

NOTA 1. Corresponden aquellas que aún son poco conocidas, o aquellas que, con el transcurso del tiempo y el desarrollo tecnológico, vayan apareciendo.

(Continua)

3.5.5 *Por inmersión.*

3.5.6 *Por rodillo.*

3.5.7 *Por sistemas electrostático, etc.*

3.6 Por el orden de aplicación de la superficie

3.6.1 *Acondicionador.*

3.6.2 *Para fondos,*

3.6.3 *Para capas intermedias.*

3.6.4 *Para capas de acabado.*

3.6.5 *Para sobre impresión, etc.*

3.7 Según el origen del ligante

3.7.1 *Orgánicas.*

3.7.2 *Inorgánicas.*

3.8 Según el comportamiento de la película frente ala temperatura

3.8.1 *Termoplásticas.*

3.8.2 *Termorígidas.*

3.9 De acuerdo al uso. Por ser, así mismo, tan amplios y diversos los usos que se dan alas pinturas, incluyendo los factores funcionales de preservación decoración, higiene e identificación, se las ha subdividido en los grupos siguientes:

3.9.1 *Arquitectónicas.*

3.9.2 *Industriales.*

3.9.3 *Marinas.*

3.9.4 *Especiales.*

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 997. *Pinturas, Pigmentos y barnices. Definiciones.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

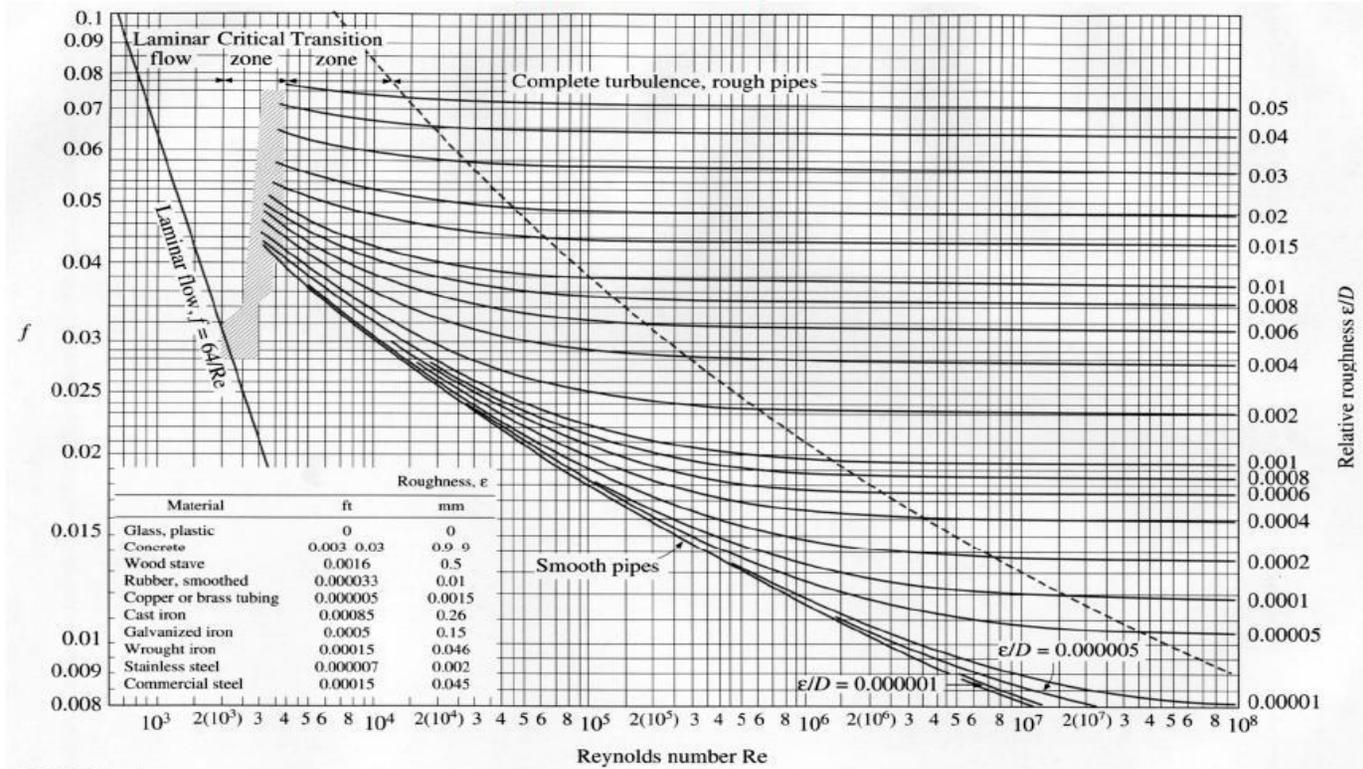
Hempel's Marine Paints. *Descripción de diferentes tipos de pinturas.*

Tecnología de Pinturas y Recubrimientos Orgánicos. *Clasificación de Pinturas.* A. Blanco Matas y L.Y. Villegas, 1966.

Enciclopedia de Tecnología Química. *Revestimientos industriales.* Tomo 13 Kirk - Otmer. México, 1962.

ANEXO 2. DIAGRAMA DE MOODY

Diagrama de Moody

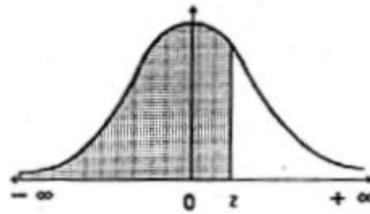


ANEXO 3 COEFICIENTE DE ROZAMIENTO DE ALGUNAS SUSTANCIAS

Coeficientes de rozamiento de algunas sustancias		
Materiales en contacto	μ_e	μ_d
Articulaciones humanas	0,02	0,003
Acero // Hielo	0,03	0,02
Acero // Teflón	0,04	0,04
Teflón // Teflón	0,04	0,04
Hielo // Hielo	0,1	0,03
Esquí (encerado) // Nieve (0°C)	0,1	0,05
Acero // Acero	0,15	0,09
Vidrio // Madera	0,2	0,25
Caucho // Cemento (húmedo)	0,3	0,25
Madera // Cuero	0,5	0,4
Acero // Latón	0,5	0,4
Madera // Madera	0,7	0,4
Madera // Piedra	0,7	0,3
Vidrio // Vidrio	0,9	0,4
Caucho // Cemento (seco)	1	0,8
Cobre // Hierro (fundido)	1,1	0,3

ANEXO 4. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL ACUMULATIVA

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN NORMAL N(0;1)



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99897	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99909	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99959	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4.0	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Nota: En el interior de la tabla se da la probabilidad de que la variable aleatoria Z, con distribución N(0;1), esté por debajo del valor z.