



**EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DEL ESPESANTE UTILIZADO EN LA
FABRICACIÓN DE PINTURAS POR UNA RESINA
ACRÍLICA EN BASE ACUOSA**

Prof. Gilberto Pinto

Tutor Académico

Ing. Juan Manuel Vales

Tutor Industrial

Autores:

Br. CONTRERAS, Roger

Br. MATUSALEN, Cleyver

Valencia, octubre de 2008



**EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DEL ESPESANTE UTILIZADO EN LA
FABRICACIÓN DE PINTURAS POR UNA RESINA
ACRÍLICA EN BASE ACUOSA**

Autores:

Br. CONTRERAS, Roger

Br. MATUSALEN, Cleyver

Valencia, octubre de 2008



PALABRAS CLAVE

Polímero

Resina

Acrílica

Polimerización

Emulsión



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado asignado para estudiar el trabajo especial de grado Titulado: **“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DEL ESPESANTE UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE PINTURAS POR UNA RESINA ACRÍLICA EN BASE ACUOSA”**, realizado por los bachilleres Contreras Roger J. C.I: 18.178.918 y Matusalén Cleyver E. C.I: 17.471.923, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo por encontrarlo correcto en su forma y presentación

Prof. Gilberto J. Pinto

Presidente

Prof. Carmen de Flores

Jurado

Prof. Angelina Correia

Jurado

Valencia, 21 octubre de 2008



Agradecimientos

A Dios por darme el privilegio de poseer una familia tan bella y unos padres maravillosos; y por ser mí mejor amigo y estar siempre acompañándome en todo momento, llenándome de confianza, seguridad, y guiándome por el buen camino.

A mis padres Cileima y Leonardo, por darme la vida, por ser unos padres ejemplares, y por saber educarme y darme la seguridad necesaria para lograr todo lo que me propongo.

A mi hermana Leyci por cuidarme y consentirme tanto, por todo el cariño y por brindarme siempre su apoyo.

A la familia Castillo Mireles, por ser como mi segunda familia, por todo el cariño que me tienen, en especial a mi tía Janet, por creer siempre en mí y por apoyarme en todo momento a lo largo de mi vida.

A mis abuelas y abuelos Celia, Mary, Isaias y Pedro por darme su apoyo incondicional, y regalarme siempre una palabra y un buen consejo.

A mi familia por todo el apoyo brindado y por estar siempre pendiente en todo momento.

A la familia Contreras-Herrera por acogerme de forma tan grata y cálida en su hogar en todo momento haciéndome sentir un integrante más de la familia, en especial a la señora Issbel por ser tan linda persona conmigo y por consentirme tanto.

A la familia Rodríguez-Gutiérrez por todo el apoyo, el cariño y por ayudarme en todo momento, en especial a la señora Sue y la señora Deysi por ser tan linda y por consentirme tanto.



A mi novia Swann por ser tan bella, una grandiosa persona, motivo de inspiración para lograr todo lo que me propongo, y por ayudarme a ser una mejor persona cada día.

A mi amigo Roger por ser un gran compañero de tesis, un gran amigo, consejero, por siempre estar dispuesto a ayudar y por ser un apoyo en todo momento a lo largo del desarrollo de este trabajo.

A mis amigos Mayling, Cruz, Carlos A. y Vincenzo, por; ser mis mejores amigos, ayudarme siempre en todo momento, por creer siempre en mí y por ser como mis hermanos.

A mis amigos de la universidad, Shirley, Eilyn, Jhoselyn, Cesar, Kelly, A todos gracias por brindarme su apoyo incondicional, regalarme su amistad y por compartir siempre conmigo todos mis tropiezos y logros, sin ustedes los días no fuesen sido los mismos.

Cleyver E. Matusalén



Agradecimientos

Primero a Dios por permitirme el privilegio de vivir la vida, por guiarme y estar presente en cada momento importante de ella, escucharme y darme la confianza para lograr este objetivo.

A mi madre Issbel, por ser la mejor madre del mundo, por darme la vida y su amor infinito, por creer completamente en mí y alentarme a lograr lo que me propongo.

A mi hermano Robert por estar ahí para todo lo que necesito, brindarme su apoyo y sobre todo creer en mi; además de mi hermano mi mejor amigo.

A mi familia, mis tíos, tías, primos y primas por todo su cariño y su apoyo, por sus palabras de aliento para ayudarme a lograr mis metas.

A la familia Matusalén-Mirelles por permitirme entrar en su hogar y compartir como un miembro más de él; en especial a Leyci por su cariño y consentimiento.

A la familia Castillo-Durán por su apoyo y su cariño, por sus palabras de aliento y por su confianza.

A mi novia Kelly, por creer y confiar siempre en mí, por enseñarme cada día como ser mejor persona y por inspirarme a serlo. Por ser tan bella conmigo y por regalarme todo su amor.

A mi compañero de tesis Cleyver, por brindarme su amistad incondicional y estar en los momentos cuando se necesita de un verdadero amigo.

A mis amigos de la universidad, Shirley, Eilyn, Jhoselyn, Cesar, Swann, Livimar, Alimar, Jenifert, Karen. Alguna vez me dijeron que los amigos son la familia que se escogen en la vida, pues yo doy gracias por escoger la mejor familia del mundo, gracias



a todos por regalarme su amistad incondicional, su apoyo y su confianza, sin ustedes esto no hubiese sido posible.

A toda la familia del LOU quienes me recibieron como un miembro más de ese equipo de trabajo excelente; me han permitido formar parte de un ambiente tan agradable que no provoca de irse nunca de ahí.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma han colaborado en la elaboración de este trabajo.

A todos mil Gracias...

Roger J. Contreras



A los Prof. Angelina Correia, Prof. Juan Cristóbal García, la Prof. Vannesa Altomare, la Prof. Mariandry Rodríguez, Prof. Olga Martínez que de alguna u otra manera ayudaron a culminar con éxito el presente trabajo.

A nuestro tutor académico el Prof. Gilberto Pinto por ayudarnos en cada paso de este logro y dejarnos ver que con paciencia todo se logra.

A nuestro tutor industrial el Ing. Juan Vales por brindarnos apoyo técnico durante el desarrollo experimental del presente trabajo, y por ayudarnos a lograr con éxito los objetivos y metas trazadas.

A todas las personas de Químicas OroColor c.a que de alguna manera formaron parte de este logro. La Sra. Luisa, el Sr. Pedro, Gustavo, Dange, Jorge, y en especial a el señor Alberto Carmona por permitirnos desarrollar nuestro trabajo de grado en esta empresa, a todos gracias por su confianza, apoyo y amistad.

Roger J. Contreras
Cleyver E. Matusalén



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Diagrama de bloques del proceso de fabricación de una resina..	7
Figura 2.1. Estructura de celulosa.....	18
Figura 2.2. Estructura idealizada del Natrosol 250.....	19
Figura 2.3. Representación esquemática de una micela esférica.....	22
Figura 2.4. Estructura de los polímeros; lineal, ramificados y entrecruzados	25
Figura 2.5. Representación gráfica de la distribución de monómeros en homopolímeros y copolímeros.....	27
Figura 2.6. Representación gráfica de la iniciación de la reacción redox empleando sulfito ácido de sodio.....	32
Figura 2.7. Relación entre la tensión superficial y el logaritmo de la concentración.....	35
Figura 2.8. Representación gráfica de un diagrama causa-efecto en forma general.....	39
Figura 3.1. Matriz de selección generalizada.....	48
Figura 3.2. pHmetro ATI Orion 320 Digital.....	50
Figura 3.3. Viscosímetros Brookfield tipos LVT y RVT.....	50
Figura 3.4. Balanza analítica Mettler H31.....	51
Figura 4.1. Variación del poder espesante de la HEC en función de la concentración.....	67
Figura 4.2. Diagrama causa – efecto de las variables a ser evaluadas en la investigación.....	74
Figura 4.3. Arreglo de los diferentes tratamientos planteados en el diseño experimental.....	78
Figura 4.4. Perfil de la temperatura de reacción obtenido para las muestras correspondientes a la formulación LAB-03-A.....	80
Figura 4.5. Perfil de la temperatura de reacción obtenido para las muestras correspondientes a la formulación LAB-02-C.....	81



	Pág.
Figura 4.6. Gráfica de probabilidad normal de los efectos de los experimentos de síntesis de la resina acrílica.....	89
Figura 4.7. Efecto de interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, y la velocidad de adición del iniciador, sobre el poder espesante de la resina acrílica sintetizada.....	90
Figura 4.8. Efecto de interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra y el tiempo de reacción, sobre el poder espesante de la resina acrílica sintetizada.....	91
Figura 4.9. Probabilidad normal de los residuales para el poder espesante de las resinas acrílicas sintetizadas.....	93
Figura 4.10. Perfiles de viscosidad obtenidos para diferentes concentraciones de espesante.....	95
Figura 4.11. Determinación de las cantidades equivalentes de espesantes para una mezcla de resina acrílica al 10% p/p.....	96
Figura D.1. Diagrama causa – efecto de las variables que afectan las propiedades de la resina acrílica espesante.....	178



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	8
1.2.1. Situación actual.....	8
1.2.2. Situación deseada.....	9
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo general.....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Justificación.....	10
1.5. Limitaciones.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Bases teóricas.....	17
2.2.1. Hidroxietilcelulosa (HEC) (NATROSOL).....	17
2.2.1.1. Sustitución.....	18
2.2.2. Reacciones oxido-reducción.....	20
2.2.3. Resinas.....	20
2.2.4. Pintura.....	20
2.2.5. Catalizador.....	21
2.2.6. Surfactante.....	21
2.2.7. Monómero.....	23
2.2.8. Copolímero.....	24
2.2.9. Polímero	24
2.2.9.1. Polímero espesante	24



	Pág.
2.2.10. Polimerización y estructura	24
2.2.11. Clasificación de los Polímeros.....	27
2.2.11.1. Polimerización vía reacción en cadena.....	27
2.2.11.2. Polimerización por paso.....	28
2.2.12. Polimerización batch.....	28
2.2.13. Polimerización en solución.....	28
2.2.14. Polimerización en suspensión.....	29
2.2.15. Polimerización en emulsión.....	29
2.2.15.1. Iniciadores en la polimerización en emulsión.....	30
2.2.15.2. Agentes de reducción.....	31
2.2.15.3. Catalizadores en la polimerización en emulsión.....	31
2.2.15.4. Iniciadores solubles en agua - Iniciación redox.....	31
2.2.15.5. Proceso de iniciación y propagación en cadena.....	32
2.2.16. Concentración micelar crítica (CMC).....	33
2.2.17. Temperatura de transición vítrea.....	35
2.2.17.1. Influencia de los monómeros en la transición vítrea del polímero.....	36
2.2.18. Diseño de experimentos.....	36
2.2.19. Diagrama causa-efecto.....	38
2.2.20. Experimentos factoriales.....	39
2.2.21. Arreglos ortogonales.....	39
2.2.22. Análisis de varianza.....	40
2.2.23. Generalidades económicas.....	44
2.2.23.1. Beneficio.....	44
2.2.23.2. Costo.....	44
2.2.23.3. Relación beneficio – costo.....	44



	Pág.
CAPÍTULO III: DESARROLLO METODOLÓGICO	45
3.1. Diagnosticar el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso.....	45
3.2. Analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas empleando éste como espesante.....	49
3.3. Sintetizar la resina acrílica.....	52
3.4. Evaluar las características de las pinturas en base acuosa empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada.....	59
3.5. Evaluar la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada empleadas como espesantes en el proceso de elaboración de pinturas.....	60
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	62
4.1. Diagnosticar el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso.....	62
4.2. Analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas empleando éste como espesante.....	66
4.3. Sintetizar la resina acrílica.....	69
4.4. Evaluar las características de las pinturas en base acuosa empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada.....	94
4.5. Evaluar la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada, empleadas como espesantes en el proceso de elaboración de pinturas.....	97
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103



	Pág.
APÉNDICES	
Apéndice A: Cálculos Típicos.....	107
Apéndice B: Tablas y Figuras Bibliográficas.....	138
Apéndice C: Tablas de Resultados.....	142
Apéndice D: Diagrama de Ishikawa.....	175



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Modelo de la matriz del arreglo ortogonal para un diseño experimental $L_2(2^4)$	40
Tabla 4.1. Matriz de valoración por puntos para el estudio de las variables que afectan la capacidad espesante de la Hidroxietilcelulosa.....	65
Tabla 4.2. Caracterización de muestras de pintura.....	68
Tabla 4.3. Matriz de valoración por puntos para el estudio de las diferentes alternativas para la síntesis de resinas.....	70
Tabla 4.4. Niveles del diseño experimental planteado para la realización del estudio.....	77
Tabla 4.5. Formulaciones de las resinas acrílicas.....	79
Tabla 4.6. Efectos principales y de interacción de los factores estudiados.....	86
Tabla 4.7. Resultados del análisis de varianza para el poder espesante de la resina acrílica sintetizada	88
Tabla 4.8. Flujo monetario asociado a la fabricación de pinturas empleando HEC y RA-UC como espesantes	99
Tabla A.1. Sumas de viscosidades obtenidas mediante las diferentes formulaciones planteadas.....	108
Tabla A.2. Efectos principales e interacciones obtenidas a partir del estudio estadístico.....	110
Tabla A.3. Suma de cuadrados de los contrastes obtenidos a partir del estudio estadístico	111
Tabla A.4. Grados de libertad de los factores e interacciones obtenidos a partir del estudio estadístico.....	115
Tabla A.5. Cuadrados medios de los factores e interacciones obtenidos a partir del estudio estadístico.....	117
Tabla A.6. Factor de renglón f_0 de los factores y sus interacciones obtenidos a partir del estudio estadístico.....	119



	Pág.
Tabla A.7. Valores de los residuales ordenados de menor a mayor.....	122
Tabla A.8. Valores de los residuales ordenados de menor a mayor.....	123
Tabla A.9. Costos asociados a la operación de la empresa patrocinante de la investigación	128
Tabla A.10. Desglose de costos y costo total asociado a la adquisición de materias primas para la fabricación de pinturas empleando HEC como espesante.....	129
Tabla A.11. Cantidades de la resina acrílica determinados para cubrir la demanda actual de HEC en base a la formula seleccionada.....	132
Tabla A.12. Costos asociado a la adquisición de materias primas para la fabricación de la RA-UC.....	133
Tabla A.13. Costos asociados a la adquisición de materias primas para la fabricación de pinturas empleando RA-UC como espesante.....	135
Tabla A.14. Relación costo beneficio del proceso de fabricación de pinturas empleando HEC y RA-UC como espesantes.....	137
Tabla B.1. Distribución normal estándar acumulada.....	138
Tabla B.2. Puntos porcentuales de la distribución f para un nivel de significancia (α) de 0,01.....	140
Tabla B.3. Factores de conversión para las lecturas del viscosímetro Brookfield a milipascales por segundo (Centipoises).....	141
Tabla C.1. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	142
Tabla C.2. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	143
Tabla C.3. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada)	143
Tabla C.4. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	144
Tabla C.5. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	145



	Pág.
Tabla C.6. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	145
Tabla C.7. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	146
Tabla C.8. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	147
Tabla C.9. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	147
Tabla C.10. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	148
Tabla C.11. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	149
Tabla C.12. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	149
Tabla C.13. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	150
Tabla C.14. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	151
Tabla C.15. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	151
Tabla C.16. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	152
Tabla C.17. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	153
Tabla C.18. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	153
Tabla C.19. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	154
Tabla C.20. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	155



	Pág.
Tabla C.21. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	155
Tabla C.22. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	156
Tabla C.23. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	157
Tabla C.24. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	157
Tabla C.25. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	158
Tabla C.26. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	159
Tabla C.27. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	159
Tabla C.28. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	160
Tabla C.29. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	161
Tabla C.30. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	161
Tabla C.31. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	162
Tabla C.32. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	163
Tabla C.33. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	163
Tabla C.34. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	164
Tabla C.35. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	165



	Pág.
Tabla C.36. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	165
Tabla C.37. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	166
Tabla C.38. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	167
Tabla C.39. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	167
Tabla C.40. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	168
Tabla C.41. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	169
Tabla C.42. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	169
Tabla C.43. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	170
Tabla C.44. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	171
Tabla C.45. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	171
Tabla C.46. Masa de las materias primas empleadas para la síntesis de la resina acrílica espesante.....	172
Tabla C.47. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (sin neutralizar).....	173
Tabla C.48. Características y propiedades físicas de la resina acrílica sintetizada (una vez neutralizada).....	173
Tabla C.49. Parámetros necesarios para la determinación del porcentaje de sólidos disueltos de las muestras.....	174



INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como propósito evaluar la sustitución del espesante, hidroxietilcelulosa (HEC), utilizado en la fabricación de pinturas artísticas por una resina acrílica en base acuosa, con la finalidad de disminuir los costos asociados a la producción de este tipo de pinturas. Para el desarrollo de este objetivo, inicialmente, es necesario evaluar el proceso actual de fabricación de pinturas artísticas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso. Seguidamente, analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas empleando ese compuesto como espesante. Por otra parte, se plantea sintetizar una resina acrílica, que pueda ejercer el efecto espesante de la HEC dentro de la formulación estudiada y evaluar las características de las pinturas en base acuosa empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada, para finalmente, establecer la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada, empleadas como espesantes en el proceso de elaboración de pinturas.

La investigación está enmarcada dentro del área de los polímeros, donde destacan las reacciones de polimerización en emulsión mediante mecanismos vía reacción en cadena, utilizando catalizadores del tipo Redox, ampliamente empleados a nivel industrial.

La metodología a emplear, de acuerdo al tipo de investigación, consiste en el diagnóstico del proceso actual de fabricación, el planteamiento de las diferentes formulaciones, el diseño y la ejecución de experimentos con las formulaciones planteadas, la validación del diseño con resultados experimentales, la selección de la formulación más apropiada y además, el análisis de la relación costo-beneficio de la implantación de la propuesta.

El presente trabajo se estructura en cuatro capítulos. El capítulo I describe el planteamiento del problema y lo que se desea hacer para solucionarlo. El capítulo II presenta los aspectos teóricos y la revisión de investigaciones previas, referentes a



procesos de polimerización. En el capítulo III se presenta el marco metodológico, que explica en forma secuencial, la estrategia empleada para el logro de los objetivos. Finalmente, en el capítulo IV se muestran y analizan los resultados obtenidos, luego del desarrollo de cada uno de los objetivos.

Los procesos de polimerización son ampliamente utilizados en el campo industrial para la fabricación de productos de uso cotidiano. Las reacciones de copolimerización son de gran aplicación industrial debido a que permiten producir compuestos con propiedades de gran interés para muchas áreas; la presente investigación trata de utilizar estas reacciones para producir un compuesto de calidad y de producción nacional que permita satisfacer las necesidades de la industria de la pintura. Por otro lado, el presente trabajo permite ampliar y reforzar los conocimientos teóricos adquiridos en materias propias de la disciplina de los autores de esta investigación.



ABSTRACT

During the present investigation there was evaluated the substitution of the ticker used in the manufacture of paintings, hidroxietilcelulosa (HEC), by an acrylic resin in watery base, with the purpose of diminishing the costs associated with the production of paintings. To achieve it, it was necessary to diagnose the current process of manufacture of paintings, the functioning of the HEC in the above mentioned process and analyze the fisicoquímicas characteristics of this compound. On the other hand, there was realized the synthesis of the acrylic resin and the same one was characterized; finally, the relation was evaluated cost-benefit of the substitution of the HEC by the resin synthesized like ticker in the manufacturing process.

The used methodology consisted of the recognition of the manufacturing process of the paintings, establishment of the formulations, the design and the execution of experiments with the raised formulations, the characterization of the synthesized samples and the validation with the experimental results. Besides, there were analyzed economically the benefits obtained from the utilization of the synthesized ticker.

Among the most relevant obtained results this, that the most influential factor in the variable of response was the percentage diluted, in the sample and that the selected resin a viscosity presented of $(1.716.667 \pm 6000)$ cP for a mixture(mixing) to 12,5 %p/p.

Among the conclusions more relevant are had that for the obtaining of an acrylic resin with a power ticker high is necessary to support a high percentage of solid diluted, a speed of addition of initiator lowers and a high time of reaction, besides that the acrylic selected resin alters the tonality, the sheen, neither the finished one nor the coatings of the paintings.



APÉNDICE A

MODELOS MATEMÁTICOS Y CÁLCULOS TÍPICOS

En esta sección se presentan de manera detallada los cálculos más importantes realizados durante la investigación.

A.1. CÁLCULOS REALIZADOS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para poder realizar el análisis estadístico se calculó inicialmente la suma de viscosidades promedios de las diferentes replicas; así como también la suma producto entre dicha suma y el arreglo de los respectivos tratamientos planteados de los factores individuales y sus interacciones.

- **Cálculo de la suma de viscosidades**

Para el calcula de la suma de viscosidades las viscosidades promedios se empleó la siguiente ecuación;

$$SUMA_i = \mu_{Pr_{oml}} + \mu_{Pr_{omm}} + \mu_{Pr_{omn}} \quad (A.1) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

$SUMA_i$: Valor de la suma de viscosidades de la muestra i , cP.

$\mu_{Pr_{oml}}$: Valor de viscosidad promedio l de una muestra, cP.

l : Contador del número de replicas de la viscosidades promedios, adim.

$\mu_{Pr_{omm}}$: Valor de viscosidad promedio m de una muestra, cP.

m : Contador del número de replicas de la viscosidades promedios, adim.

$\mu_{Pr_{omn}}$: Valor de viscosidad promedio n de una muestra, cP.

n : Contador del número de replicas de la viscosidades promedios, adim.



Sustituyendo en la ecuación los datos de viscosidad promedio calculados con los datos reportados en el apéndice C, tabla de datos C.3, para las muestras Lab-1-01-A, Lab-2-01-A y Lab-3-01-A.

$$SUMA_1 = 18.500 + 18.250 + 18.417$$

$$SUMA_1 = 55.167$$

De igual forma se realizó el cálculo para el resto de las formulaciones planteadas, empleando las tablas de datos de viscosidad de cada una de éstas, ubicadas en el apéndice C, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la siguiente tabla.

TABLA A.1.
SUMAS DE VISCOSIDADES OBTENIDAS MEDIANTE LAS
DIFERENTES FORMULACIONES PLANTEADAS

CORRIDA	SUMA
1	55.167
d	69.250
c	43.750
cd	52.083
b	49.750
bd	63.250
bc	37.333
bcd	45.333
a	4.023.333
ad	5.150.000
ac	3.273.333
acd	3.930.000
ab	3.843.333
abd	4.803.333
abc	3.080.000
abcd	3.566.667



1, d, c, cd, b, bd, bc, bcd, a, ad, ac, acd, ab, abd, abc, abcd: factores modificados para las diferentes corridas.

- **Cálculo de los efectos principales**

El cálculo del efecto principal del porcentaje de sólidos disueltos se realizó empleando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{1}{2^{k-1} * n} * [a + ad + ac + acd + ad + abd + abc + abcd - 1 - d - c - cd - b - bd - bc - bcd]$$

(A.2) (Montgomery, 2003)

Donde:

A : Efecto principal del porcentaje de sólidos disueltos, cP.

$a, ad, ac, acd, ad, abd, abc, abcd, 1, d, c, cd, b, bd, bc, bcd$: Suma producto de las réplicas de cada uno de los respectivos tratamientos, cP.

n : Número de réplicas, adim.

k : Número de factores estudiados, adim

Sustituyendo en la ecuación un número de replicas igual a 3, y el número de factores estudiados, además de los valores mostrados en la tabla A.1, para el efecto principal del porcentaje de sólidos disueltos, se obtiene:

$$A = \frac{1}{2^{4-1} * 3} * \left[\begin{array}{l} 4.023.333cP + 5.150.000cP + 3.273.333cP + 3.929.999cP + 3.843.333cP + \\ + 4.803.333cP + 3.080.000 cP + 3.566.667 cP - 55.167 cP - 69.250 cP - \\ - 43.750cP - 52.083cP - 49.750cP - 63.250cP - 37.333cP - 45.333cP \end{array} \right]$$

$$A = 1.302.253cP$$

Para el resto de los factores e interacciones se realizó el mismo procedimiento, empleando la ecuación característica para la determinación de cada efecto, los valores obtenidos se muestran a continuación:



TABLA A.2.
EFFECTOS PRINCIPALES E INTERACCIONES OBTENIDAS
A PARTIR DEL ESTUDIO ESTADISTICO

FACTORES E INTERACCIONES	EFECTOS (cP)
B	-46.163
AB	-44.115
C	-167.872
AC	-162.962
BC	-1.323
ABC	-1.177
D	136.413
AD	132.753
BD	-14.066
ABD	-13.990
CD	-39.774
ACD	-38.837
BCD	-128
ABCD	-149

A, B, AB, C, AC, BC, ABC, D, AD, BD, ABD, CD, ACD, BCD, ABCD: Factores e interacción de factores sometidos a estudio.

- **Cálculo de la suma de cuadrados del porcentaje de sólidos disueltos**

$$SS_A = \frac{1}{n * 2^K} * [a + ad + ac + acd + ad + abd + abc + abcd - 1 - d - c - cd - b - bd - bc - bcd]^2$$

(A.3) (Montgomery, 2003)

Donde:

SS_A : Suma de cuadrados del porcentaje de sólidos disueltos, cP^2 .

Sustituyendo en la ecuación los valores correspondientes y los valores reportados en la tabla A.1, se obtiene:



$$SS_A = \frac{1}{3 \cdot 8} * \left[\begin{array}{l} 4.023.333cP + 5.150.000cP + 3.273.333cP + 3.930.000cP + 3.843.333cP + \\ + 4.803.333cP + 3.080.000 cP + 3.566.667 cP - 55.167 cP - 69.250 cP - \\ - 43.750cP - 52.083cP - 49.750cP - 63.250cP - 37.333cP - 45.333cP \end{array} \right]^2$$

$$SS_A = 2,03504E + 13cP^2$$

Para el resto de las sumas de cuadrados se realizó el mismo procedimiento, empleando la ecuación característica para la determinación de cada suma de cuadrados, los valores obtenidos se muestran a continuación:

TABLA A.3.
SUMA DE CUADRADOS DE LOS CONTRASTES OBTENIDOS
A PARTIR DEL ESTUDIO ESTADISTICO

FACTORES E INTERACCIONES	SUMA DE CUADRADOS (cP ²)
B	25.572.485.486
AB	23.353.157.111
C	3,3817E+11
AC	3,18679E+11
BC	21.001.289
ABC	16.626.314
D	2,23303E+11
AD	2,11482E+11
BD	2.374.218.566
ABD	2.348.500.882
CD	18.983.943.661
ACD	18.099.569.460
BCD	198.061
ABCD	267.502

- **Cálculo de la sumatoria de las observaciones de los tratamientos**

$$y_{\dots} = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{p=1}^n y_{ijlm} \quad (\text{A.4}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

y_{\dots} : Sumatoria de todas las observaciones, cP.

y_{ijlm} : Valor de una observación de la réplica de un tratamiento, cP.

i : Contador del número de niveles del porcentaje de sólidos disueltos, adim.

j : Contador del número de niveles de la relación surfactante - monómeros, adim.

l : Contador del número de niveles de la velocidad de adición del catalizador, adim.

m : Contador del número de niveles del tiempo de reacción, adim.

p : Contador del número de réplicas de un tratamiento, adim.

Sustituyendo los valores correspondientes a los valores de viscosidad determinados para cada una de las formulaciones reportados en el apéndice C, se obtiene:

$$y_{\dots} = \left[\begin{array}{l} 18.500 + 23.250 + 14.500 + 17.500 + 16.583 + 21.083 + 12.250 + \\ + 15.250 + 1.350.000 + 1.720.000 + 1.090.000 + 1.310.000 + 1.280.000 + \\ + 1.600.000 + 1.020.000 + 1.190.000 + 18.250 + 22.917 + 14.667 + \\ + 17.333 + 16.666 + 21.000 + 12.500 + 15.000 + 1.343.333 + 1.713.333 + \\ + 1.093.333 + 1.313.333 + 1.280.000 + 1.603.333 + 1.023.333 + 1.190.000 + \\ + 18.417 + 23.083 + 14.583 + 17.250 + 16.500 + 21.167 + 12.583 + \\ + 15.083 + 1.330.000 + 1.716.667 + 1.090.000 + 1.306.667 + 1.283.333 + \\ + 1.600.000 + 1.036.667 + 1.186.667 \end{array} \right] cP$$

$$y_{\dots} = 32.085.917cP.$$

- **Cálculo de la suma de cuadrados totales**

$$SS_T = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{l=1}^2 \sum_{m=1}^2 \sum_{p=1}^n \left(y_{ijlm} - \left(\frac{y_{\dots}}{16 * n} \right)^2 \right) \quad (\text{A.5}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

SS_T : Suma de cuadrados totales, cP^2 .

Sustituyendo de igual forma en la ecuación los valores de viscosidad reportados en el apéndice C para cada una de las formulaciones planteadas, así como también los valores determinados anteriormente, se obtiene:

$$SS_T = \left(\begin{array}{l} 18500^2 + 23250^2 + 14500^2 + 17500^2 + 16583^2 + 21083^2 + 12250^2 + \\ + 15250^2 + 1350000^2 + 1720000^2 + 1090000^2 + 1310000^2 + 1280000^2 + \\ + 1600000^2 + 1020000^2 + 1190000^2 + 18250^2 + 22917^2 + 14667^2 + \\ + 17333^2 + 16667^2 + 21000^2 + 12500^2 + 15000^2 + 1343333^2 + 1713333^2 + \\ + 1093333^2 + 1313333^2 + 1280000^2 + 1603333^2 + 1023333^2 + 1190000^2 + \\ + 18417^2 + 23083^2 + 14583^2 + 17250^2 + 16500^2 + 21167^2 + 12583^2 + \\ 15083^2 + 1330000^2 + 1716667^2 + 1090000^2 + 1306667^2 + 1283333^2 + \\ + 1600000^2 + 1036667^2 + 1186667^2 \end{array} \right) cP^2 - \left(\frac{32085917cP}{16 \cdot 3} \right)^2$$

$$SS_T = 2,15332E + 13cP^2$$

- **Cálculo de la suma de cuadrados del error**

$$SS_E = SS_T - \left(\begin{array}{l} SS_A + SS_B + SS_{AB} + SS_C + SS_{AC} + SS_{AB} + SS_{BC} + SS_{ABC} + SS_{AB} + \\ + SS_D + SS_{AD} + SS_{BD} + SS_{ABD} + SS_{CD} + SS_{ACD} + SS_{AB} + SS_{BCD} + SS_{ABCD} \end{array} \right)$$

(A.6) (Montgomery, 2003)

Donde:

SS_E : Suma de cuadrados del error, cP^2 .

$SS_A, SS_B, SS_{AB}, SS_C, SS_{AC}, SS_{AB}, SS_{BC}, SS_{ABC}, SS_{AB}, SS_D, SS_{AD}, SS_{BD}, SS_{ABD}, SS_{CD}, SS_{ACD},$

$SS_{AB}, SS_{BCD}, SS_{ABCD}$: Suma de cuadrados de los factores individuales y sus respectivas interacciones, cP^2 .

Sustituyendo en la ecuación el valor anteriormente calculado y los respectivos valores reportados en la tabla A.3, se obtiene:



$$SS_E = 2,15332E + 13cP^2 - \left(\begin{array}{l} 2,03504E + 13 + 25.572.485.486 + 23.353.157.111 + 3,3817E + 11 + \\ + 3,18679E + 11 + 21.001.288 + 16.626.313 + 2,23303E + 11 + \\ + 2,11482E + 11 + 2.374.218.566 + 2.348.500.882 + 18.983.943.661 + \\ + 18.099.569.460 + 198.060 + 267.502 \end{array} \right) cP^2$$

$$SS_E = 437.291.524cP^2$$

- **Cálculo de los grados de libertad para el porcentaje de sólidos presentes en la muestra**

$$GA^* = A^* - 1 \quad (A.7) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

GA^* : Grados de libertad para la suma de cuadrados del porcentaje de sólidos disueltos en la muestra.

A^* : Niveles del porcentaje de sólidos disueltos en la muestra.

Como se sabe que es un diseño factorial de dos niveles para cada factor, sustituyendo se tiene:

$$GA^* = 2 - 1$$

$$GA^* = 1$$

Para el resto de los grados de libertad se realizó el mismo procedimiento, los valores obtenidos se muestran a continuación:



TABLA A.4.
GRADOS DE LIBERTAD DE LOS FACTORES E INTERACCIONES
OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

FACTORES E INTERACCIONES	GRADOS DE LIBERTAD
B	1
AB	1
C	1
AC	1
BC	1
ABC	1
D	1
AD	1
BD	1
ABD	1
CD	1
ACD	1
BCD	1
ABCD	1

- **Cálculo de los grados de libertad para la suma de cuadrados total**

$$GT^* = (A^* * B^* * C^* * D^* * n) - 1 \quad (\text{A.8}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

GT^* : Grados de libertad para la suma de cuadrados total.

Sustituyendo en la ecuación la cantidad de niveles de cada factor, se tiene:

$$GT^* = (2 * 2 * 2 * 2 * 3) - 1$$

$$GT^* = 47$$

- **Cálculo de los grados de libertad para la suma de cuadrados del error**

$$GE^* = A^* * B^* * C^* * D^* (n-1) \quad (A.9) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

GE^* : Grados de libertad para la suma de cuadrados del error.

Sustituyendo en la ecuación la cantidad de niveles de cada factor, se tiene:

$$GE^* = 2 * 2 * 2 * 2 * (3-1)$$

$$GE^* = 32$$

- **Cálculo del cuadrado medio para el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra**

$$MS_A = \frac{SS_A}{GA^*} \quad (A.10) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

MS_A : Cuadrado medio para el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, cP

Sustituyendo los valores calculados anteriormente, se tiene:

$$MS_A = \frac{2,03504E + 13cP}{1}$$

$$MS_A = 2,03504E + 13cP$$

Para el resto de los cuadrados medios se realizó el mismo procedimiento, empleando para cada caso los valores reportados en las tablas A.3 y A.4; los valores obtenidos se muestran a continuación:

TABLA A.5.
CUADRADOS MEDIOS DE LOS FACTORES E INTERACCIONES
OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

FACTORES E INTERACCIONES	CUADRADOS MEDIOS
B	25.572.485.486
AB	23.353.157.111
C	3,3817E+11
AC	3,18679E+11
BC	21.001.288
ABC	16.626.313
D	2,23303E+11
AD	2,11482E+11
BD	2.374.218.566
ABD	2.348.500.882
CD	18.983.943.661
ACD	18.099.569.460
BCD	198.060
ABCD	267.502

- **Cálculo del cuadrado medio del error.**

$$MS_E = \frac{SS_E}{GE^*} + MS_{ABC} + MS_{ABD} + MS_{ACD} + MS_{BCD} + MS_{ABCD}$$

(A.11) (Montgomery, 2003)

Donde:

MS_E : Cuadrado medio del error, cP

$MS_{ABC}, MS_{ABD}, MS_{ACD}, MS_{BCD}, MS_{ABCD}$: Cuadrados medios de las interacciones de los factores principales, cP

Sustituyendo los valores anteriormente calculados y los reportados en la tabla A.5, se tiene:



$$MS_E = \frac{437291523,9cP}{32} + \left(\begin{array}{l} 16.626.313cP + 2.348.500.882cP + 18.099.569.460cP \\ + 198.060cP + 267.502cP \end{array} \right)$$

$$MS_E = 20.478.827.579cP$$

- **Cálculo del factor de renglón (f_0) para el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra.**

$$f_0 = \frac{MS_A}{MS_E} \quad (\text{A.12}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

f_0 : Factor de renglón para el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, adim.

Sustituyendo los valores calculados anteriormente, se tiene:

$$f_0 = \frac{2,03504E + 13cP}{20478827579cP}$$

$$f_0 = 994\text{adim.}$$

Para el resto de los factores de renglón (f_0) se realizó el mismo procedimiento, los valores obtenidos se muestran a continuación:



TABLA A.6.
FACTOR DE RENGLÓN f_0 DE LOS FACTORES Y SUS INTERACCIONES
OBTENIDOS A PARTIR DEL ESTUDIO ESTADÍSTICO

FACTORES E INTERACCIONES	FACTOR DE RENGLÓN (f_0)
B	1,25
AB	1,14
C	16,5
AC	15,6
BC	0,0010
ABC	0,00081
D	10,90
AD	10,32
BD	0,12
ABD	0,11
CD	0,92
ACD	0,88
BCD	9,6715E-06
ABCD	1,3062E-05

- **Determinación del valor crítico del factor de renglón (f) para un nivel de significancia (α) de 0,01.**

Para la obtención del valor crítico de f para el nivel de significancia mencionado se empleó un procedimiento de interpolación en tablas, entre dos valores para la determinación del mismo;

$$f_{\text{nivel de significancia, } v_1, v_2} \quad (\text{A.13}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

f : Valor crítico del factor de renglón, adim.



$v1$: Grados de libertad del numerador de la ecuación para el cálculo del valor de factor de renglón (f_0) (en este caso los grados de libertad correspondientes a la suma de cuadrados del porcentaje de sólidos disueltos en la muestra), adim.

$v2$: Grados de libertad del numerador de la ecuación para el cálculo del valor de factor de renglón (f_0) (en este caso los grados de libertad correspondientes a la suma de cuadrados del error), adim.

Para este caso, el valor de $v1$ siempre fue la unidad (01) y para $v2$ siempre fue treinta y dos (32); con los cuales se entro en la tabla B.2 del apéndice B, y se interpoló entre los valores de 30 y 40 para el grado de libertad del numerador de la ecuación, determinándose el valor crítico de f del factor de renglón, para los distintos casos;

$$f_{\text{nivel de significancia, } v1, v2} = 7,36 \text{ Adim}$$

- **Cálculo de la media en un tratamiento.**

$$\bar{y}_{ij} = \frac{\sum_{p=1}^n y_{ijp}}{n} \quad (\text{A.14}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

\bar{y}_{ij} : Media del tratamiento, cP.

p : Contador de replicas, adim.

Sustituyendo los valores reportados en el apéndice C en la tabla de datos C.3, para las muestras Lab-1-01-A, Lab-2-01-A y Lab-3-01-A, correspondientes al tratamiento con un bajo porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, una baja relación surfactante – monómeros, una velocidad de adición del catalizador baja y un nivel bajo de tiempo de reacción, se obtiene:

$$\bar{y}_{11} = \frac{18500\text{cP} + 18250\text{cP} + 18417\text{cP}}{3}$$



$$\bar{y}_{11} = 18389\text{cP}$$

Para el resto de los tratamientos se realizó el cálculo de la misma forma.

- **Cálculo de los residuales.**

$$e_i = y_{ijk} - \bar{y}_{ij} \quad (\text{A.15}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

e_i : Residual del i tratamiento, cP.

i : Contador de replicas para los diferentes tratamientos, adim.

Sustituyendo el valor anteriormente calculado y el correspondiente para la muestra Lab-1-01-A, se obtiene

$$e_1 = 18.500\text{cP} - 18.388\text{cP}$$

$$e_1 = 545\text{cP}$$

Para el resto de los residuales se realiza de la misma forma, utilizando los valores correspondientes a la media del tratamiento y las observaciones correspondientes al mismo.

- **Cálculo del valor de probabilidad normal.**

Al calcular todos los residuales y ordenarlos del menor valor al mayor valor, se obtiene la siguiente tabla:

TABLA A.7.
VALORES DE LOS RESIDUALES ORDENADOS DE MENOR A MAYOR

<i>j</i>	Residuales (cP)	<i>j</i>	Residuales (cP)	<i>J</i>	Residuales (cP)	<i>j</i>	Residuales (cP)
1	-102.083	13	-1621	25	295	37	1.635
2	-98.750	14	-1454	26	416	38	3.750
3	-98.750	15	-1454	27	461	39	17.083
4	-70.416	16	-1371	28	545	40	17.917
5	-70.416	17	-1288	29	545	41	21.250
6	-67.083	18	-795	30	628	42	24.583
7	-20.416	19	-614	31	795	43	70.417
8	-19.583	20	-545	32	1.302	44	70.417
9	-19.583	21	-531	33	1.454	45	73.750
10	-16.250	22	-461	34	1.468	46	93.750
11	-7.083	23	-447	35	1.538	47	97.083
12	-1.704	24	-416	36	1.621	48	100.417

$$\phi(z_j) = \frac{j-0,5}{jt} \quad (\text{A.16}) \quad (\text{Montgomery, 2003})$$

Donde:

$\phi(z_j)$: Valor de la función de probabilidad normal, adim.

jt : Número de residuales totales calculados, adim.

Sustituyendo los valores correspondientes al primer valor de j , se obtiene:

$$\phi(z_j) = \frac{1-0,5}{48}$$

$$\phi(z_j) = 0,01042$$

Para el resto de los valores de la función de probabilidad normal se aplica la misma fórmula, para cada valor de j , hasta llegar al último valor, el cual para este caso es igual a cuarenta y ocho (48).



Una vez obtenidos estos valores se determina el valor de la probabilidad normal empleando la figura B.1 del apéndice B, obteniéndose los resultados mostrados en la siguiente tabla:

TABLA A.8.
VALORES DE LOS RESIDUALES ORDENADOS DE MENOR A MAYOR

Residuales	j	$\Phi(z_j)$	Z	Residuales	j	$\Phi(z_j)$	z
-102.083	1	0,01042	-2,31074	295	25	0,51042	0,019975
-98.750	2	0,03125	-1,86271	417	26	0,53125	0,078417
-98.750	3	0,05208	-1,62504	462	27	0,55208	0,130911
-70.417	4	0,07292	-1,45442	545	28	0,57292	0,183826
-70.417	5	0,09375	-1,31803	545	29	0,59375	0,237216
-67.083	6	0,11458	-1,20253	628	30	0,61458	0,291282
-20.417	7	0,13542	-1,10115	795	31	0,63542	0,34625
-19.583	8	0,15625	-1,01	1.302	32	0,65625	0,402255
-19.583	9	0,17708	-0,92657	1.455	33	0,67708	0,45955
-16.250	10	0,19792	-0,849071	1.469	34	0,69792	0,518428
-7.083	11	0,21875	-0,77644	1.538	35	0,71875	0,579142
-1.705	12	0,23958	-0,70766	1.622	36	0,73958	0,642067
-1.622	13	0,26042	-0,642067	1.635	37	0,76042	0,70766
-1.455	14	0,28125	-0,579142	3.750	38	0,78125	0,77644
-1.455	15	0,30208	-0,518428	17.083	39	0,80208	0,849071
-1.372	16	0,32292	-0,45955	17.917	40	0,82292	0,926576
-1.288	17	0,34375	-0,402255	21.250	41	0,84375	1,01
-795	18	0,36458	-0,34625	24.583	42	0,86458	1,10115
-615	19	0,38542	-0,291282	70.417	43	0,88542	1,20253
-545	20	0,40625	-0,237216	70.417	44	0,90625	1,31803
-531	21	0,42708	-0,183826	73.750	45	0,92708	1,45442
-462	22	0,44792	-0,130911	93.750	46	0,94792	1,62504
-447	23	0,46875	-0,078417	97.083	47	0,96875	1,86271
-417	24	0,48958	-0,019975	100.417	48	0,98958	2,31074

A.2. CÁLCULOS REALIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD ESPESANTE DE LA RESINA ACRILICA SINTETIZADA FRENTE A LA HEC.

Para la determinación de la relación existente entre la capacidad espesante de la HEC con respecto a la resina acrílica sintetizada, se realizó una caracterización de ésta, determinando el poder espesante de cada compuesto para diferentes volúmenes de los mismos en un volumen constante de solvente. Estos valores fueron registrados y posteriormente utilizados para la construcción de unas curvas; las cuales se encuentran representadas en la figura 4.10.

Con la tendencia que describieron dichas curvas se pudo predecir los modelos matemáticos asociados a las mismas, a partir de los cuales se determinaron los volúmenes necesarios de cada compuesto para obtener una misma viscosidad en el producto final. De los volúmenes determinados se obtuvo la relación de poder espesante mediante la siguiente ecuación:

$$R_i = \frac{C_{RA}}{C_E} \quad (\text{A.17}) \quad (\text{Himmelblau, 1997})$$

Donde:

R_i : Relación entre las capacidades espesantes de la resina acrílica y la HEC, adim.

C_{RA} : Cantidad de resina acrílica empleada, g.

C_E : Cantidad de HEC empleado, g.

Sustituyendo en la ecuación, los valores observados en la figura 4.11, de la cantidad empleada de resina acrílica y de HEC para alcanzar un mismo valor de viscosidad, se obtiene:

$$R_{RAUC/HEC} = \frac{10,00g}{2,13g}$$

$$R_{RAUC/HEC} = 4,6948$$



- Cálculo del error

Derivando parcialmente la ecuación A.17 con respecto a cada una de las variables, se determina el error asociado a la medición.

$$R_i = \left| \frac{\partial R_i}{\partial C_{RA}} \right| \Delta C_{RA} + \left| \frac{\partial R_i}{\partial C_E} \right| \Delta C_E$$

Como el valor del volumen de espesante proviene de la curva de calibración, se considera que el mismo no posee error por lo que el término $\left| \frac{\partial R_i}{\partial V_E} \right| \Delta V_E = 0$; quedando la derivada de la siguiente forma:

$$\Delta R_i = \left| \frac{\partial R_i}{\partial C_{RA}} \right| \Delta C_{RA}$$

$$\Delta R_i = \frac{1}{C_E} \cdot \Delta C_{RA}$$

$$\Delta R_{RAUC/HEC} = \frac{1}{2,13g} \cdot 0,01g$$

$$\Delta R_{RAUC/HEC} = 0,00469g$$

Finalmente se expresa el valor de la relación de capacidad espesantes entre la resina acrílica y la HEC como;

$$R_{RAUC/HEC} = (4,700 \pm 0,005) a \text{ dim}$$



A.3. CÁLCULOS REALIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO.

- **Cálculo de la cantidad de espesante a fabricar para cubrir la demanda actual de HEC**

Para la determinación de la cantidad de espesante a fabricar se empleó la siguiente ecuación;

$$CEF = CEEA * R_{RAUC/HEC} * fc \quad (A.18) \text{ (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

CEF : Cantidad de espesante a fabricar para sustituir la HEC, kg/año.

CEEA : Cantidad de HEC empleado actualmente en la fabricación de pinturas, kg/año.

fc : Factor de conversión, mes/año.

Sustituyendo en la ecuación la cantidad de 400 kg/año y la relación del poder espesante determinada en la sección anterior; se obtiene:

$$CEF = 400 \frac{kg}{mes} * 4,700a \text{ dim} * 12 \frac{mes}{año}$$
$$CEF = 22.560 \frac{kg}{año}$$

- **Determinación de los Ingresos brutos obtenidos por concepto de venta de productos**

Para la determinación de los Ingresos económicos brutos por concepto de venta de productos se empleó la siguiente ecuación;

$$IB = Pr oV * Pr eVen * fc \quad (A.19) \text{ (Alvarado, 1997)}$$



Donde:

IB : Ingresos económicos brutos por concepto de venta de productos, \$/año.

$Pr oV$: Cantidad de producto vendido, Envases/mes.

$Pr eVen$: Precio de venta del producto, \$/Envase.

Sustituyendo en la ecuación la cantidad de 400000 Envases/año y un precio de venta de 2,33 \$/Envase; se obtiene:

$$IB = 400.000 \text{ Envases/mes} * 2,33 \text{ \$/Envase} * 12 \text{ mes/año}$$

$$IB = 11.184.000 \text{ \$/año}$$

- **Determinación de los costos operacionales asociados a mantenimiento, Reprocesamiento de producto, servicios industriales, sueldos y salarios, impuestos, venta y distribución y promoción y publicidad**

Para el cálculo de los costos operacionales se empleó la siguiente ecuación.

$$CV = CM + CRP + CSI + CSS + CI + CVD + CPP \quad (\text{A.20}) \quad (\text{Alvarado, 1997})$$

Donde:

CV : Costos operacionales asociados a mantenimiento, Reprocesamiento de producto, servicios industriales, sueldos y salarios, impuestos, venta y distribución y promoción y publicidad, \$/año.

CM : Costos asociados a mantenimiento, \$/año.

CRP : Costos asociados a Reprocesamiento de producto, \$/año.

CSI : Costos asociados a servicios industriales, \$/año.

CSS : Costos asociados a sueldos y salarios, \$/año.

CI : Costos asociados a impuestos, \$/año.

CVD : Costos asociados a venta y distribución, \$/año.

CPP : Costos asociados a promoción y publicidad, \$/año.



Sustituyendo en la ecuación los datos suministrados por la empresa patrocinante de la investigación reportados en la siguiente tabla, se obtiene:

TABLA A.9.
COSTOS ASOCIADOS A LA OPERACIÓN DE LA EMPRESA PATROCINANTE DE LA INVESTIGACIÓN

Costos asociados a Mantenimiento (\$/año)	18.000
Costos asociados al Reprocesamiento de Productos (\$/año)	12.000
Costos asociados a Servicios Industriales (\$/año)	8.000
Costos sueldos y salarios (\$/año)	893.023
Costos asociados a Impuestos (\$/año)	367.442
Costos asociados a la Distribución y Venta (\$/año)	50.000
Costos asociados a Promoción y Publicidad (\$/año)	80.000

$$CV = (18.000 + 12.000 + 8.000 + 893.023 + 367.442 + 50.000 + 80.000) \$/\text{año}$$

$$CV = 1.428.465 \$/\text{año}$$

- **Determinación de los ingresos Netos del proceso de fabricación de pinturas artísticas en base acuosa empleando HEC como espesante**

Determinación de los costos asociados a materias primas para la producción de pinturas artísticas en base acuosa empleando HEC como espesante

Los costos asociados a materias primas empleadas para la producción de pinturas artísticas en base acuosa empleando HEC como espesante se obtienen mediante la siguiente ecuación.

$$CMP_i = CEMP_i * CAMP_i \quad (\text{A.21}) \quad (\text{Alvarado, 1997})$$

Donde:

CMP : Costos asociados a materias primas para la producción de pinturas, \$/año.

CEMP : Cantidad empleada de materia prima, kg/año.



CAMP: Costos de adquisición de materia prima, \$/kg.

i: Contador de materias primas, adim.

Sustituyendo en la ecuación los datos reportados en la tabla A.9 para el espesante, se obtiene:

$$CMP_i = 4.800 \frac{\text{kg}}{\text{año}} * 22 \frac{\$}{\text{kg}}$$

$$CMP_i = 105.600 \frac{\$}{\text{año}}$$

De igual manera se calculan los costos asociados a la adquisición del resto de cada una de las materias primas destinadas a la producción de pinturas, y se determina la cantidad total de los costos asociados a producción; los resultados se presentan a continuación de forma tabulada;

TABLA A.10.
DESGLOSE DE COSTOS Y COSTO TOTAL ASOCIADO A LA ADQUISICIÓN
DE MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS
EMPLEANDO HEC COMO ESPESANTE

MATERIA PRIMA	Cantidad empleada (kg/año)	Costo de Adquisición (\$/kg)	Costo de Adquisición (\$/año)
Talco	42.000	12,78	536.760
Dióxido de Titanio	49.000	12,89	631.610
Antiespumantes	42.000	17,06	716.520
Dispersantes	67.000	16,45	1.102.150
Pigmentos	70.000	28,54	1.997.800
Resinas	69.000	32,5	2.242.500
Carbonato de calcio	56.200	19,3	1.084.660
Espesante	4.800	22	105.600
		Total	8.417.600

- **Determinación de los Costos Operacionales**

Una vez calculado el costo asociado a la adquisición de materia prima solo basta sumar los mismos a los costos asociados a; mantenimiento, Reprocesamiento de producto, servicios industriales, sueldos y salarios, impuestos, venta y distribución y promoción y publicidad; como se expresa en la ecuación siguiente.

$$COP = CV + CMP_{Totales} \quad (A.22) \text{ (Alvarado, 1997)}$$

COP : Costos Operacionales, \$/año.

Sustituyendo los valores correspondientes, anteriormente reportados se tiene;

$$COP_{HEC} = (1.428.465 + 8.417.600) \$/\text{año}$$

$$COP_{HEC} = 9.846.065 \$/\text{año}$$

- **Determinación de los Ingresos netos obtenidos empleando HEC como espesante**

Para la determinación de los ingresos netos obtenidos anualmente en la empresa solo basta restar los ingresos económicos obtenidos por concepto de ventas de productos, de los costos operacionales como se refleja en la siguiente ecuación;

$$IN = IB - COP \quad (A.23) \text{ (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

IN : Ingresos Netos, \$/año.

Sustituyendo los valores determinados anteriormente se obtiene;

$$IN_{HEC} = (11.184.000 - 9.846.065) \$/\text{año}$$

$$IN_{HEC} = 1.337.935 \$/\text{año}$$



- **Determinación de los ingresos Netos del proceso de fabricación de pinturas empleando RA-UC como espesante**

Determinación de las cantidades a emplear de los compuestos empleados en la síntesis de la resina acrílica, en base a la fórmula seleccionada, para satisfacer la actual demanda de HEC

Para determinar la cantidad de compuesto a ser empleada para lograr satisfacer la demanda actual de HEC en base a la fórmula seleccionada, se empleó la siguiente ecuación;

$$CAE = COF * \frac{CEF}{fp} \quad (A.24) \text{ (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

CAE: Cantidad a emplear de materia prima necesaria para satisfacer la demanda actual de HEC, kg/año.

COF: Cantidad original de la fórmula seleccionada, g

fp: Factor de proporcionalidad, (1000 g)

Sustituyendo en la ecuación el valor de *CEF* anteriormente calculado y los diferentes valores reportados en la tabla A.11 para el surfactante, se obtiene:

$$CAE = 84,8g * \frac{22.560 \text{ kg/año}}{1.000g}$$

$$CAE = 1.913 \text{ kg/año}$$

De igual manera se calculan los costos asociados a la adquisición del resto de cada una de las materias primas destinadas a la producción de pinturas, y se determina la cantidad total de los costos asociados a producción; los resultados se presentan a continuación de forma tabulada;

TABLA A.11.
CANTIDADES DE LA RESINA ACRÍLICA DETERMINADOS PARA CUBRIR LA DEMANDA ACTUAL DE HEC EN BASE A LA FORMULA SELECCIONADA

MATERIA PRIMA	Cantidad empleada en la síntesis a nivel de lab (g)	Cantidad a emplear en la Fabricación para cubrir la demanda actual (kg/año)
Surfactante	84,8	1.913
Monómero Acrílico # 1	155,3	3.504
Monómero Acrílico # 2	159,6	3.601
Monómero Estirenado	20,7	467
Monómero Acrilamida	14,5	327
Catalizador tipo Sulfato	0,01	0,23
Catalizador tipo Persulfato (1)	1,8	41
Catalizador Hidrosulfito	1,7	38
Catalizador tipo Peróxido (2)	0,2	4,51
Bactericida	1,6	36
Agua	559,8	12.629

Determinación del Costo de fabricación de la resina acrílica espesante

Una vez calculadas las cantidades necesarias de cada una de las materias primas necesarias para la fabricación de la resina acrílica espesante a nivel industrial, además de contar con información relacionada a los costos de cada una de estas materias primas suministradas por la empresa, se procede a determinar el costo de fabricación de las mismas mediante;

$$CMP_{RA-UC_i} = CEMP_i * CAMP_i \quad (A.25) \text{ (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

CMP_{RA-UC_i} : Costos asociados a materias primas para la producción de la resina acrílica, \$/año.



Sustituyendo en la ecuación los datos reportados en la tabla A.12 para el surfactante, se obtiene:

$$CMP_{RA-UCi} = 1.913 \text{ kg/año} * 1,65 \text{ \$/kg}$$

$$CMP_{RA-UCi} = 3.159 \text{ kg/año}$$

De igual manera se calculan los costos asociados a la adquisición del resto de cada una de las materias primas destinadas a la producción de la resina acrílica espesante, y se determina la cantidad total de los costos asociados a producción; los resultados se presentan a continuación de forma tabulada:

TABLA A.12.
COSTOS ASOCIADOS A LA ADQUISICIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACIÓN DE LA RA-UC

MATERIA PRIMA	Cantidad a emplear en la Fabricación para cubrir la demanda actual (kg/año)	Costo de Adquisición (\$/kg)	Costos de Adquisición (\$/año)
Surfactante	1.913	1,65	3.159
Monómero Acrílico # 1	3.504	4,60	16.116
Monómero Acrílico # 2	3.601	3,75	13.498
Monómero Estirenado	467	3,07	1.434
Monómero Acrilamida	327	4,30	1.407
Catalizador tipo Sulfato	0,23	2,56	0,58
Catalizador tipo Persulfato (1)	41	2,56	104
Catalizador Hidrosulfito	38	1,65	63
Catalizador tipo Peróxido (2)	4,51	11,67	53
Bactericida	36	3,80	137
Agua	12.629	0,0003	3,41
			35.975

Determinación del valor de la Resina acrílica espesante

Posteriormente a la determinación de los costos de producción de la resina acrílica espesante a nivel industrial se determinó el valor de la misma, mediante la siguiente ecuación:

$$V_{RA-UC} = \frac{CMP_{RA-UC\text{Total}}}{CEF} \quad (\text{A.26}) \quad (\text{Alvarado, 1997})$$

Donde:

V_{RA-UC} : Valor de la Resina acrílica espesante, \$/kg.

Sustituyendo los valores anteriormente calculados se obtiene;

$$V_{RA-UC} = \frac{35.975 \text{ \$ / año}}{22.560 \text{ kg / año}}$$

$$V_{RA-UC} = 1,60 \text{ \$ / kg}$$

Determinación de los costos asociados a materias primas para la producción de pinturas empleando RA-UC como espesante

De igual manera como se determinó el costo asociado a materias primas para el proceso de producción de pinturas empleando HEC como espesante se calcularon los costos generados por materias primas empleando RA-UC en el proceso de fabricación de pinturas.

Sustituyendo en la ecuación el valor de la resina acrílica sintetizada y la cantidad a producir al año, se obtiene:

$$CMP_i = 22.560 \text{ kg / año} * 1,60 \text{ \$ / kg}$$

$$CMP_i = 36.096 \text{ \$ / año}$$

De igual manera se calculan los costos asociados a la adquisición del resto de cada una de las materias primas destinadas a la producción de pinturas, y se determinó la cantidad total de los costos asociados a la producción.

TABLA A.13.
COSTOS ASOCIADOS A LA ADQUISICIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS EMPLEANDO RA-UC COMO ESPESANTE

MATERIA PRIMA	Cantidad empleada (kg/año)	Costo de Adquisición (\$/kg)	Costo de Adquisición (\$/año)
Talco	42.000	12,78	536.760
Dioxido de Titanio	49.000	12,89	631.610
Antiespumantes	42.000	17,06	716.520
Dispersantes	67.000	16,45	1.102.150
Pigmentos	70.000	28,54	1.997.800
Resinas	69.000	32,5	2.242.500
Carbonato de calcio	56.200	19,3	1.084.660
Espesante	22.560	1,6	36.096
			8.348.096

- **Determinación de los Costos Operacionales**

Al igual que como fueron determinados los costos operacionales asociados a la fabricación de pinturas empleando HEC como espesante se realizó el cálculo pero esta vez para el proceso de fabricación empleando la RA-UC como espesante

Sustituyendo los valores correspondientes para este caso se tiene;

$$COP_{RA-UC} = (1.428.465 + 8.348.096) \$/\text{año}$$

$$COP_{RA-UC} = 9.776.561 \$/\text{año}$$

- **Determinación del Ingreso Netos obtenidos empleando la RA-UC como espesante**

Finalmente al igual que como fue determinado el ingreso neto obtenido empleando HEC como espesante se realizó el calculo del mismo al sustituir este por la RA-UC.

Sustituyendo los valores correspondientes, se obtiene;

$$IN_{RA-UC} = (11.184.000 - 9.776.561) \$/\text{año}$$

$$IN_{RA-UC} = 1.407.439 \$/\text{año}$$

- **Determinación de la Relación costo Beneficio**

Para la determinación de la relación costo beneficio se plantearon dos diferentes maneras de visualizar dicha relación; la primera de estas fue obtenida mediante la determinación del ahorro derivado de la implementación de la propuesta planteada, en la que se determinó o se cuantificó el benéfico, en este caso el representado por la ganancia obtenida empleando HEC y la ganancia obtenida empleando la RA-UC.

Para la determinación del ahorro obtenido mediante la implementación de la propuesta, solo basto aplicar la siguiente ecuación;

$$AO = IN_{RA-UC} - IN_{HEC} \text{ (A.27) (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

AO : Ahorro obtenido mediante la sustitución de la HEC por la RA-UC, \$/año.

Sustituyendo los valores anteriormente determinado, se obtiene;

$$AO = (1.407.439 - 1.337.935) \$/\text{año}$$

$$AO = 69.504 \$/\text{año}$$



TABLA A.14.
RELACIÓN COSTO BENEFICIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
PINTURAS EMPLEANDO HEC Y RA-UC COMO ESPESANTES

Espesante empleado en la fabricación de pinturas	HEC	RA-UC
Costos asociados a la Adquisición/Producción (\$/kg)	22	1,6
Costos asociados a la Producción de pinturas (\$/kg)	8.417.600	8.348.096
Beneficio Obtenido [Ingresos Brutos (\$/año)]	1.316.726	1.386.230
Ahorro (\$/año)	69.504	

La segunda manera fue la determinada mediante la siguiente ecuación;

$$RCB = \frac{CMP_{HEC}}{CMP_{RA-UC}} \text{ (A.28) (Alvarado, 1997)}$$

Donde:

RCB : Relación costo beneficio, \$/año.

Sustituyendo los valores anteriormente determinados, se obtiene;

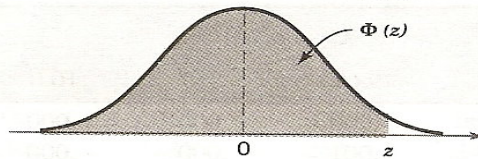
$$RCB = \frac{105.600 \text{ \$/año}}{36.096 \text{ \$/año}}$$

$$RCB = 2,93 \text{ \$/año}$$

TABLA B.1.
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR ACUMULADA

Tabla II Distribución normal estándar acumulada

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$



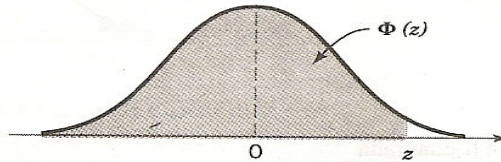
z	.00	.01	.02	.03	.04	z
.0	.500 00	.503 99	.507 98	.511 97	.515 95	0
.1	.539 83	.543 79	.547 76	.551 72	.555 67	.1
.2	.579 26	.583 17	.587 06	.590 95	.594 83	.2
.3	.617 91	.621 72	.625 51	.629 30	.633 07	.3
.4	.655 42	.659 10	.662 76	.666 40	.670 03	.4
.5	.691 46	.694 97	.698 47	.701 94	.705 40	.5
.6	.725 75	.729 07	.732 37	.735 65	.738 91	.6
.7	.758 03	.761 15	.764 24	.767 30	.770 35	.7
.8	.788 14	.791 03	.793 89	.796 73	.799 54	.8
.9	.815 94	.818 59	.821 21	.823 81	.826 39	.9
1.0	.841 34	.843 75	.846 13	.848 49	.850 83	1.0
1.1	.864 33	.866 50	.868 64	.870 76	.872 85	1.1
1.2	.884 93	.886 86	.888 77	.890 65	.892 51	1.2
1.3	.903 20	.904 90	.906 58	.908 24	.909 88	1.3
1.4	.919 24	.920 73	.922 19	.923 64	.925 06	1.4
1.5	.933 19	.934 48	.935 74	.936 99	.938 22	1.5
1.6	.945 20	.946 30	.947 38	.948 45	.949 50	1.6
1.7	.955 43	.956 37	.957 28	.958 18	.959 07	1.7
1.8	.964 07	.964 85	.965 62	.966 37	.967 11	1.8
1.9	.971 28	.971 93	.972 57	.973 20	.973 81	1.9
2.0	.977 25	.977 78	.978 31	.978 82	.979 32	2.0
2.1	.982 14	.982 57	.983 00	.983 41	.983 82	2.1
2.2	.986 10	.986 45	.986 79	.987 13	.987 45	2.2
2.3	.989 28	.989 56	.989 83	.990 10	.990 36	2.3
2.4	.991 80	.992 02	.992 24	.992 45	.992 66	2.4
2.5	.993 79	.993 96	.994 13	.994 30	.994 46	2.5
2.6	.995 34	.995 47	.995 60	.995 73	.995 85	2.6
2.7	.996 53	.996 64	.996 74	.996 83	.996 93	2.7
2.8	.997 44	.997 52	.997 60	.997 67	.997 74	2.8
2.9	.998 13	.998 19	.998 25	.998 31	.998 36	2.9
3.0	.998 65	.998 69	.998 74	.998 78	.998 82	3.0
3.1	.999 03	.999 06	.999 10	.999 13	.999 16	3.1
3.2	.999 31	.999 34	.999 36	.999 38	.999 40	3.2
3.3	.999 52	.999 53	.999 55	.999 57	.999 58	3.3
3.4	.999 66	.999 68	.999 69	.999 70	.999 71	3.4
3.5	.999 77	.999 78	.999 78	.999 79	.999 80	3.5
3.6	.999 84	.999 85	.999 85	.999 86	.999 86	3.6
3.7	.999 89	.999 90	.999 90	.999 90	.999 91	3.7
3.8	.999 93	.999 93	.999 93	.999 94	.999 94	3.8
3.9	.999 95	.999 95	.999 96	.999 96	.999 96	3.9

Fuente: Montgomery, 2003

TABLA B.1. (CONTINUACIÓN)
DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR ACUMULADA

Tabla II Distribución normal estándar acumulada (continuación)

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} du$$



z	.05	.06	.07	.08	.09	z
.0	.519 94	.523 92	.527.90	.531 88	.535 86	.0
.1	.559 62	.563 56	.567 49	.571 42	.575 34	.1
.2	.598 71	.602 57	.606 42	.610 26	.614 09	.2
.3	.636 83	.640 58	.644 31	.648 03	.651 73	.3
.4	.673 64	.677 24	.680 82	.684 38	.687 93	.4
.5	.708 84	.712 26	.715 66	.719 04	.722 40	.5
.6	.742 15	.745 37	.748 57	.751 75	.754 90	.6
.7	.773 37	.776 37	.779 35	.782 30	.785 23	.7
.8	.802 34	.805 10	.807 85	.810 57	.813 27	.8
.9	.828 94	.831 47	.833 97	.836 46	.838 91	.9
1.0	.853 14	.855 43	.857 69	.859 93	.862 14	1.0
1.1	.874 93	.876 97	.879 00	.881 00	.882 97	1.1
1.2	.894 35	.896 16	.897 96	.899 73	.901 47	1.2
1.3	.911 49	.913 08	.914 65	.916 21	.917 73	1.3
1.4	.926 47	.927 85	.929 22	.930 56	.931 89	1.4
1.5	.939 43	.940 62	.941 79	.942 95	.944 08	1.5
1.6	.950 53	.951 54	.952 54	.953 52	.954 48	1.6
1.7	.959 94	.960 80	.961 64	.962 46	.963 27	1.7
1.8	.967 84	.968 56	.969 26	.969 95	.970 62	1.8
1.9	.974 41	.975 00	.975 58	.976 15	.976 70	1.9
2.0	.979 82	.980 30	.980 77	.981 24	.981 69	2.0
2.1	.984 22	.984 61	.985 00	.985 37	.985 74	2.1
2.2	.987 78	.988 09	.988 40	.988 70	.988 99	2.2
2.3	.990 61	.990 86	.991 11	.991 34	.991 58	2.3
2.4	.992 86	.993 05	.993 24	.993 43	.993 61	2.4
2.5	.994 61	.994 77	.994 92	.995 06	.995 20	2.5
2.6	.995 98	.996 09	.996 21	.996 32	.996 43	2.6
2.7	.997 02	.997 11	.997 20	.997 28	.997 36	2.7
2.8	.997 81	.997 88	.997 95	.998 01	.998 07	2.8
2.9	.998 41	.998 46	.998 51	.998 56	.998 61	2.9
3.0	.998 86	.998 89	.998 93	.998 97	.999 00	3.0
3.1	.999 18	.999 21	.999 24	.999 26	.999 29	3.1
3.2	.999 42	.999 44	.999 46	.999 48	.999 50	3.2
3.3	.999 60	.999 61	.999 62	.999 64	.999 65	3.3
3.4	.999 72	.999 73	.999 74	.999 75	.999 76	3.4
3.5	.999 81	.999 81	.999 82	.999 83	.999 83	3.5
3.6	.999 87	.999 87	.999 88	.999 88	.999 89	3.6
3.7	.999 91	.999 92	.999 92	.999 92	.999 92	3.7
3.8	.999 94	.999 94	.999 95	.999 95	.999 95	3.8
3.9	.999 96	.999 96	.999 96	.999 97	.999 97	3.9

Fuente: Montgomery, 2003



TABLA B.2.
PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCIÓN F PARA
UN NIVEL DE SIGNIFICANCIA (α) DE 0,01

Tabla V Puntos porcentuales de la distribución F (continuación)

		$f_{0.01, v_1, v_2}$																				
		Grados de libertad del numerador (v_1)																				
$v_2 \backslash v_1$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞		
Grados de libertad del denominador (v_2)	1	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366		
	2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50	
	3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.50	26.00	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13	
	4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46		
	5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02		
	6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88		
	7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65		
	8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86		
	9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31		
	10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91		
	11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60		
	12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36		
	13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17		
	14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00		
	15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87		
	16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75		
	17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65		
	18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57		
	19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.50		
	20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42		
	21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36		
	22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31		
	23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26		
	24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21		
	25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17		
	26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13		
	27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10		
	28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06		
	29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03		
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01			
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80			
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60			
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38			
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00			

Fuente: Montgomery, 2003

TABLA B.3.
FACTORES DE CONVERSIÓN PARA LAS LECTURAS DEL VISCOSÍMETRO
BROOKFIELD A MILIPASCALES POR SEGUNDO (CENTIPOISES)

Note 1—M = 1000.

Speed, rpm	RV Series Factors Spindles						
	1	2	3	4	5	6	7
0.5	200	800	2000	4000	8000	20M	80M
1	100	400	1000	2000	4000	10M	40M
2	50	200	500	1000	2000	5M	20M
2.5	40	160	400	800	1600	4M	16M
4	25	100	250	500	1000	2.5M	10M
5	20	80	200	400	800	2M	8M
10	10	40	100	200	400	1M	4M
20	5	20	50	100	200	500	2M
50	2	8	20	40	80	200	800
100	1	4	10	20	40	100	400

Speed, rpm	LV Series Factors Spindles			
	1	2	3	4
0.3	200	1000	4000	20M
0.6	100	500	2000	10M
1.5	40	200	800	4M
3.0	20	100	400	2M
6	10	50	200	1M
12	5	25	100	500
30	2	10	40	200
60	1	5	20	100

Fuente: Amtex, 2005



TABLA C.1.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-01-A	Lab-2-01-A	Lab-3-01-A
Agua ($A \pm 0,1$) g	621,6	621,6	621,5
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	68,8	68,9	68,9
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	125,9	125,9	125,8
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	129,4	129,6	129,7
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	16,8	16,7	16,7
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	11,8	11,9	11,9
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,008	0,008	0,008
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,51	0,50	0,51
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,31	1,31	1,32
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,01	8,00	8,00
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,19	1,20	1,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	7,99	7,99	7,99
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,10	2,10	2,10
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,10	1,10	1,12
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,01	2,00	2,03
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,30	1,30	1,30

Temperatura ambiente: ($27,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($715,00 \pm 0,05$) mmHg



TABLA C.2.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-A	Lab-2-01-A	Lab-3-01-A
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,8	3,6	3,5
	3,8	3,7	3,4
	3,7	3,6	3,2
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte, desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.3.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-A	Lab-2-01-A	Lab-3-01-A
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,2	8,2	8,3
	8,1	8,4	8,3
	8,0	8,2	8,2
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	37,00	37,00	37,00
	37,00	36,00	37,00
	37,00	36,50	36,50
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL	5,00	4,80	5,20
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,00 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición:
 (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.4.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-02-A	Lab-2-02-A	Lab-3-02-A
Agua ($A \pm 0,1$) g	621,6	621,6	621,4
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	68,8	68,8	68,7
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	125,9	125,9	125,8
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	129,4	129,3	129,4
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	16,8	16,7	16,8
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	11,8	11,9	11,7
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,008	0,008	0,008
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,50	0,51	0,50
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,31	1,31	1,30
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,03	8,01	7,99
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,21	1,22	1,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,00	8,00	8,00
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,13	2,11	2,11
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,22	0,23	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,12	1,11	1,11
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,21	0,23	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,01	2,01	1,99
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,32	1,30	1,31

Temperatura ambiente: ($26,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($714,00 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.5.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-A	Lab-2-02-A	Lab-3-02-A
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	3,0	3,0	3,1
	3,1	3,2	3,1
	3,0	3,1	3,1
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.6.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-A	Lab-2-02-A	Lab-3-02-A
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,2	8,3	8,3
	8,3	8,1	8,2
	8,4	8,2	8,2
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	46,50	46,00	46,00
	46,00	46,00	46,50
	47,00	45,50	46,00
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	4,90	5,20	4,80
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,00 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (27,0 ± 0,5) °C



TABLA C.7.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-03-A	Lab-2-03-A	Lab-3-03-A
Agua ($A \pm 0,1$) g	621,5	621,6	621,5
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	68,9	68,8	68,8
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	125,9	125,9	126,0
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	129,4	129,4	129,4
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	16,8	16,8	16,8
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	11,8	11,7	11,7
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,008	0,008	0,008
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,50	0,52	0,51
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,31	1,30	1,30
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,02	8,02	8,01
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,21	1,21	1,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	7,98	8,00	8,01
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,19	0,19	0,19
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,10	2,12	2,10
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,09	1,09	1,09
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,21	0,22	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,99	1,99	2,01
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,29	1,29	1,32

Temperatura ambiente: ($28,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($717,20 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.8.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-A	Lab-2-03-A	Lab-3-03-A
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	4,1	4,1	4,1
	4,2	4,3	4,3
	4,1	4,1	4,2
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,20 ± 0,05) mmHg

TABLA C.9.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-A	Lab-2-03-A	Lab-3-03-A
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,3	8,1	8,4
	8,4	8,1	8,4
	8,2	8,2	8,5
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	29,50	29,00	29,00
	28,50	29,50	29,50
	29,00	29,50	29,00
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	5,10	5,20	4,90
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,20 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (27,0 ± 0,5) °C

TABLA C.10.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-04-A	Lab-2-04-A	Lab-3-04-A
Agua ($A \pm 0,1$) g	621,6	621,6	621,6
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	68,9	68,8	68,8
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	125,9	125,7	125,9
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	129,2	129,3	129,4
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	16,9	16,7	16,8
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	11,8	12,0	11,8
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,008	0,008	0,008
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,49	0,49	0,51
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,32	1,32	1,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,01	7,99	7,99
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,20	1,20	1,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	7,99	8,00	8,00
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,22	0,19	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,09	2,11	2,09
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,09	1,09	1,10
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,01	2,01	2,03
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,31	1,31	1,33

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(720,50 \pm 0,05)$ mmHg

TABLA C.11.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-A	Lab-2-04-A	Lab-3-04-A
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	3,6	3,5	3,4
	3,4	3,4	3,5
	3,5	3,5	3,4
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.12.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-A	Lab-2-04-A	Lab-3-04-A
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,4	8,4	8,3
	8,4	8,2	8,2
	8,3	8,3	8,3
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	35,50	35,00	35,00
	35,00	34,50	34,50
	34,50	34,50	34,00
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	4,60	5,10	5,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.13.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-01-B	Lab-2-01-B	Lab-3-01-B
Agua ($A \pm 0,1$) g	605,2	605,1	605,2
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	87,9	88,0	87,9
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	132,1	132,0	132,1
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	118,8	118,7	118,8
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	17,6	17,5	17,6
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	12,3	12,3	12,3
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,010	0,010	0,010
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,49	0,49	0,5
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,32	1,32	1,32
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,00	8,02	8,00
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,21	1,20	1,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	7,99	7,99	8,01
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,12	2,10	2,11
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,01	1,01	1,01
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,19	0,20	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,01	2,01	2,01
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,40	1,40	1,39

Temperatura ambiente: ($25,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($714,30 \pm 0,05$) mmHg



TABLA C.14.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-B	Lab-2-01-B	Lab-3-01-B
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,9	3,8	3,8
	4,0	4,0	3,8
	3,9	3,9	3,7
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,30 ± 0,05) mmHg

TABLA C.15.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-B	Lab-2-01-B	Lab-3-01-B
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,2	8,2	8,2
	8,1	8,3	8,1
	8,0	8,3	8,0
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	33,50	33,50	33,50
	33,00	33,50	32,50
	33,00	33,00	33,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	4,60	4,80	4,70
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,30 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.16.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-02-B	Lab-2-02-B	Lab-3-02-B
Agua ($A \pm 0,1$) g	605,2	605,0	605,2
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	88,0	87,9	87,9
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	132,0	132,1	132,1
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	118,8	118,8	118,8
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	17,5	17,6	17,6
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	12,2	12,3	120
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,52	0,52	0,51
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,32	1,32	1,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,02	8,02	8,01
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,20	1,21	1,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,03	8,03	8,00
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,23	0,20	0,23
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,11	2,11	2,11
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,04	1,04	1,04
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,02	2,02	2,02
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,42	1,40	1,41

Temperatura ambiente: ($26,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($718,90 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.17.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-B	Lab-2-02-B	Lab-3-02-B
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,8	3,7	3,7
	3,8	3,8	3,7
	3,8	3,7	3,8
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.18.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-B	Lab-2-02-B	Lab-3-02-B
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,3	8,4	8,2
	8,3	8,4	8,3
	8,4	8,3	8,3
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	42,00	42,00	42,00
	42,50	42,00	42,50
	42,00	42,00	42,50
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	5,50	4,90	5,20
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,90 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.19.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-03-B	Lab-2-03-B	Lab-3-03-B
Agua ($A \pm 0,1$) g	605,2	605,2	605,2
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	87,9	87,9	87,9
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	132,1	131,9	132,1
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	118,9	118,9	118,9
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	17,4	17,5	17,4
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	12,0	11,9	12,0
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,51	0,51	0,50
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,31	1,31	1,30
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,04	8,01	8,00
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,21	1,21	1,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,03	8,03	8,00
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,22	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,10	2,10	2,10
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,23	0,23	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,01	1,01	1,01
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,19	0,19	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,00	2,02	2,01
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,39	1,41	1,40

Temperatura ambiente: ($27,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($714,70 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.20.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-B	Lab-2-03-B	Lab-3-03-B
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	4,2	4,3	4,4
	4,3	4,4	4,3
	4,3	4,3	4,4
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,70 ± 0,05) mmHg

TABLA C.21.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-B	Lab-2-03-B	Lab-3-03-B
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,2	8,5	8,4
	8,3	8,4	8,5
	8,3	8,5	8,5
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	24,50	25,00	25,00
	24,00	24,50	25,50
	25,00	25,50	25,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	5,00	5,70	6,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,70 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.22.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-04-B	Lab-2-04-B	Lab-3-04-B
Agua ($A \pm 0,1$) g	605,2	605,2	605,0
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	87,9	87,9	88,0
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	132,1	132,0	132,0
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	118,8	118,8	118,7
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	17,6	17,6	17,6
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	12,3	12,2	12,2
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,49	0,50	0,52
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,31	1,30	1,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,02	7,99	8,01
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,21	1,21	1,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	8,03	8,00	8,01
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,20	0,22	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,10	2,10	2,10
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,09	1,10	1,21
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,22	0,22	0,19
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,01	2,01	2,01
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,41	1,39	1,43

Temperatura ambiente: ($24,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($717,60 \pm 0,05$) mmHg



TABLA C.23.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-B	Lab-2-04-B	Lab-3-04-B
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	4,1	4,1	4,2
	4,0	4,1	4,2
	4,1	4,1	4,1
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,60 ± 0,05) mmHg

TABLA C.24.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-B	Lab-2-04-B	Lab-3-04-B
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,3	8,3	8,5
	8,2	8,5	8,4
	8,2	8,3	8,6
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	30,50	29,50	30,00
	31,00	30,00	30,00
	30,00	30,50	30,50
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	4,80	4,90	4,90
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,60 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C



TABLA C.25.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-01-C	Lab-2-01-C	Lab-3-01-C
Agua ($A \pm 0,1$) g	533,7	533,8	533,7
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	84,8	84,8	85,0
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	155,3	155,5	155,3
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	159,6	159,4	159,6
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,7	20,7	20,6
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,5	14,5	14,4
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,60	0,60	0,64
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,61	1,62	1,59
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,73	9,75	9,73
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,50	1,52	1,49
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,72	9,72	9,72
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,19	0,19	0,19
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,65	2,65	2,65
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,31	1,31	1,31
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,22	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,51	2,50	2,51
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,62	1,61	1,62

Temperatura ambiente: ($24,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($715,90 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.26.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-C	Lab-2-01-C	Lab-3-01-C
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	3,3	3,1	3,2
	3,2	3,2	3,1
	3,2	3,1	3,2
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.27.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-C	Lab-2-01-C	Lab-3-01-C
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,4	8,4	8,6
	8,4	8,5	8,5
	8,3	8,5	8,6
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	67,00	67,00	67,00
	67,50	67,00	66,50
	68,00	67,50	66,00
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	5,30	6,00	5,40
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (23,0 ± 0,5) °C



TABLA C.28.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-02-C	Lab-2-02-C	Lab-3-02-C
Agua ($A \pm 0,1$) g	533,7	534,0	533,9
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	84,8	84,6	84,5
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	155,3	155,3	155,3
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	159,6	159,6	159,6
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,7	20,5	20,7
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,5	14,5	14,5
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,61	0,60	0,61
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,61	1,61	1,63
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,71	9,70	9,69
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,52	1,52	1,50
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,71	9,71	9,76
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,21	0,20	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,65	2,65	2,64
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,31	1,29	1,31
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,22	0,22	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,51	2,51	2,49
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,62	1,60	1,63

Temperatura ambiente: ($24,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($715,90 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.29.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-C	Lab-2-02-C	Lab-3-02-C
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	2,7	2,7	2,7
	2,8	2,6	2,8
	2,7	2,8	2,8
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.30.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-C	Lab-2-02-C	Lab-3-02-C
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,5	8,5	8,6
	8,5	8,4	8,7
	8,6	8,5	8,6
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	86,00	86,00	86,00
	86,00	85,50	85,50
	86,00	85,50	86,00
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	5,70	4,90	6,20
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (23,0 ± 0,5) °C



TABLA C.31.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-03-C	Lab-2-03-C	Lab-3-03-C
Agua ($A \pm 0,1$) g	533,7	533,8	533,7
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	84,8	84,9	84,8
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	155,3	155,3	155,3
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	159,6	159,4	159,7
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,7	20,7	20,7
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,5	14,5	14,6
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,61	0,61	0,59
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,61	1,60	1,61
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,70	9,71	9,69
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,52	1,50	1,52
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,70	9,71	9,70
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,19	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,64	2,65	2,65
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,21	0,21	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,30	1,29	1,30
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,19	0,21	0,20
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,50	2,50	2,51
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,61	1,62	1,60

Temperatura ambiente: ($28,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($722,10 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.32.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-C	Lab-2-03-C	Lab-3-03-C
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,0	3,0	3,2
	3,1	3,1	3,1
	3,0	3,0	3,2
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

TABLA C.33.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-C	Lab-2-03-C	Lab-3-03-C
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,4	8,5	8,4
	8,6	8,5	8,5
	8,4	8,5	8,4
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	55,00	55,00	54,50
	54,50	54,50	54,00
	54,00	55,00	55,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL	5,10	5,20	5,30
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (26,0 ± 0,5) °C



TABLA C.34.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de muestra		
	Lab-1-04-C	Lab-2-04-C	Lab-3-04-C
Agua ($A \pm 0,1$) g	533,7	533,6	533,7
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	84,8	85,0	84,8
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	155,3	155,3	155,3
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	159,6	159,4	159,6
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,7	20,8	20,7
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,5	14,6	14,5
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,59	0,60	0,60
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,60	1,60	1,60
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,72	9,73	9,72
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,50	1,52	1,50
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,70	9,70	9,71
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,65	2,64	2,65
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,20	0,20	0,21
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,29	1,30	1,31
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,19	0,19	0,22
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,49	2,50	2,50
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,61	1,62	1,61

Temperatura ambiente: ($28,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($712,30 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.35.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-C	Lab-2-04-C	Lab-3-04-C
<p align="center">pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)</p>	3,5	3,6	3,8
	3,5	3,5	3,9
	3,4	3,6	3,8
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (712,30 ± 0,05) mmHg

TABLA C.36.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-C	Lab-2-04-C	Lab-3-04-C
<p align="center">pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)</p>	8,4	8,6	8,6
	8,3	8,6	8,5
	8,3	8,7	8,6
<p align="center">*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)</p>	66,00	65,50	65,50
	65,00	66,00	65,00
	65,50	65,50	65,50
<p align="center">Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05)mL</p>	4,90	5,10	5,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (712,30 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (26,0 ± 0,5) °C

TABLA C.37.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-01-D	Lab-2-01-D	Lab-3-01-D
Agua (A ± 0,1) g	539,4	539,5	539,4
Surfactante (S ± 0,1) g	102,5	102,4	102,5
Monómero Acrílico 1 (MA1 ± 0,1) g	154,1	154,1	154,1
Monómero Acrílico 2 (MA2 ± 0,1) g	138,6	138,6	138,6
Monómero Estirenado (ME ± 0,1) g	20,5	20,6	20,4
Monómero Metilolado (MN ± 0,1) g	14,4	14,5	14,5
Catalizador tipo Sulfato (CS ± 0,001) g	0,01	0,01	0,01
Agua (A ± 0,01) g	0,62	0,62	0,60
Catalizador tipo Persulfato (1) (CP ₁ ± 0,01) g	1,51	1,50	1,49
Agua (A ± 0,01) g	9,29	9,30	9,31
Iniciador (I ± 0,01) g	1,41	1,41	1,41
Agua (A ± 0,01) g	9,31	9,31	9,31
Catalizador tipo Persulfato (1) (CP ₁ ± 0,01) g	0,29	0,29	0,29
Agua (A ± 0,01) g	2,52	2,52	2,51
Catalizador tipo Peróxido (2) (CP ₂ ± 0,01) g	0,30	0,32	0,31
Agua (A ± 0,01) g	1,20	1,21	1,20
Iniciador (I ± 0,01) g	0,31	0,31	0,31
Agua (A ± 0,01) g	2,30	2,30	2,30
Bactericida (B ± 0,01) g	1,60	1,61	1,62

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.38.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-D	Lab-2-01-D	Lab-3-01-D
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,4	3,5	3,6
	3,3	3,5	3,5
	3,4	3,4	3,5
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.39.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-01-D	Lab-2-01-D	Lab-3-01-D
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,4	8,5	8,5
	8,3	8,5	8,4
	8,3	8,6	8,4
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	64,50	64,00	64,50
	63,50	64,00	64,00
	64,00	64,00	64,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	4,90	5,20	5,30
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (27,0 ± 0,5) °C



TABLA C.40.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-02-D	Lab-2-02-D	Lab-3-02-D
Agua ($A \pm 0,1$) g	539,4	539,4	539,4
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	102,5	102,5	102,5
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	154,1	154,1	154,2
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	138,6	138,6	138,4
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,5	20,5	20,4
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,4	14,6	14,4
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,60	0,60	0,60
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,51	1,51	1,51
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,29	9,32	9,32
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,41	1,41	1,39
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,29	9,31	9,33
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,31	0,32	0,29
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,49	2,51	2,49
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,32	0,32	0,32
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,23	1,21	1,21
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,33	0,31	0,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,30	2,30	2,30
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,59	1,62	1,62

Temperatura ambiente: ($26,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($718,50 \pm 0,05$) mmHg

TABLA C.41.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-D	Lab-2-02-D	Lab-3-02-D
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,3	3,4	3,5
	3,4	3,5	3,6
	3,3	3,4	3,5
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.42.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-02-D	Lab-2-02-D	Lab-3-02-D
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,5	8,5	8,5
	8,4	8,5	8,6
	8,5	8,6	8,4
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	80,00	80,00	80,00
	79,50	80,50	80,00
	80,50	80,00	80,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	5,20	5,60	5,10
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición:
 (27,0 ± 0,5) °C



TABLA C.43.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-03-D	Lab-2-03-D	Lab-3-03-D
Agua ($A \pm 0,1$) g	539,4	539,4	539,4
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	102,5	102,4	102,5
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	154,1	154,1	154,1
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	138,6	138,6	138,6
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,5	20,5	20,5
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,4	14,3	14,4
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,60	0,62	0,60
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,50	1,52	1,51
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,29	9,33	9,30
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,42	1,43	1,42
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,29	9,34	9,31
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,30	0,32	0,30
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,51	2,51	2,52
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,34	0,34	0,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,20	1,19	1,23
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,31	0,32	0,32
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,32	2,31	2,31
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,60	1,58	1,62

Temperatura ambiente: ($26,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($718,50 \pm 0,05$) mmHg



TABLA C.44.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-D	Lab-2-03-D	Lab-3-03-D
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	4,3	4,1	4,1
	4,2	4,2	4,0
	4,2	4,1	4,1
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.45.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-03-D	Lab-2-03-D	Lab-3-03-D
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,5	8,6	8,5
	8,6	8,6	8,6
	8,5	8,5	8,5
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	51,50	51,50	52,00
	50,50	51,00	51,50
	50,00	51,00	52,00
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	5,70	4,90	4,80
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,00 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición:
 (27,0 ± 0,5) °C



TABLA C.46.
MASA DE LAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS PARA LA SÍNTESIS
DE LA RESINA ACRÍLICA ESPESANTE

Materia Prima	Número de las muestras		
	Lab-1-04-D	Lab-2-04-D	Lab-3-04-D
Agua ($A \pm 0,1$) g	539,4	539,4	539,4
Surfactante ($S \pm 0,1$) g	102,5	102,5	102,5
Monómero Acrílico 1 ($MA1 \pm 0,1$) g	154,1	154,1	154,1
Monómero Acrílico 2 ($MA2 \pm 0,1$) g	138,6	138,4	138,6
Monómero Estirenado ($ME \pm 0,1$) g	20,5	20,4	20,5
Monómero Metilolado ($MN \pm 0,1$) g	14,4	14,5	14,4
Catalizador tipo Sulfato ($CS \pm 0,001$) g	0,01	0,01	0,01
Agua ($A \pm 0,01$) g	0,61	0,62	0,61
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	1,52	1,53	1,52
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,31	9,32	9,31
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	1,40	1,42	1,40
Agua ($A \pm 0,01$) g	9,30	9,32	9,32
Catalizador tipo Persulfato (1) ($CP_1 \pm 0,01$) g	0,29	0,29	0,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,50	2,50	2,52
Catalizador tipo Peróxido (2) ($CP_2 \pm 0,01$) g	0,29	0,29	0,31
Agua ($A \pm 0,01$) g	1,22	1,22	1,22
Iniciador ($I \pm 0,01$) g	0,33	0,30	0,33
Agua ($A \pm 0,01$) g	2,33	2,30	2,31
Bactericida ($B \pm 0,01$) g	1,62	1,60	1,61

Temperatura ambiente: ($26,0 \pm 0,5$) °C

Presión ambiente: ($714,20 \pm 0,05$) mmHg



TABLA C.47.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (SIN NEUTRALIZAR)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-D	Lab-2-04-D	Lab-3-04-D
pH_{Inicial} (pH_{Inicial} ± 0,1)	3,8	3,7	3,9
	3,7	3,7	3,8
	3,8	3,8	3,9
Aspecto	Blanca un tanto azulada, lechosa no muy viscosa.		
Olor	Fuerte desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.48.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA (UNA VEZ NEUTRALIZADA)

Propiedad	Número de las muestras		
	Lab-1-04-D	Lab-2-04-D	Lab-3-04-D
pH_{Final} (pH_{Final} ± 0,1)	8,7	8,5	8,5
	8,6	8,6	8,4
	8,5	8,5	8,5
*Viscosidad de la resina (μ_{Final} ± 0,3)	59,00	59,50	59,00
	59,50	59,50	59,50
	60,00	59,50	59,50
Volumen de solución amoniacal empleado (V_{NH4} ± 0,05) mL	5,30	6,00	5,30
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,20 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición:
 (27,0 ± 0,5) °C



TABLA C.49.
PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE
SÓLIDOS DISUELTOS DE LAS MUESTRAS

Muestra (Lab)	Masa del envase ($m_E \pm 0,0001$)g	Masa total inicial ($m_{ti} \pm 0,0001$)g	Masa de la solución ($m_{sol} \pm 0,0001$)g	Masa total final ($m_{tf} \pm 0,0002$)g	Masa de los sólidos ($m_{ss} \pm 0,0002$)g	Porcentaje de sólidos disueltos ($P_{ss} \pm 0,01$)%	Porcentaje de sólidos promedio ($\bar{S} \pm 0,01$)%
1-01-A	1,2690	2,2679	0,9989	1,5650	0,2960	29,63	29,61
2-01-A	1,2377	2,2344	0,9967	1,5334	0,2957	29,67	
3-01-A	1,2638	2,2630	0,9992	1,5589	0,2951	29,53	
1-02-A	1,2736	2,2783	1,0047	1,5693	0,2157	29,43	29,54
2-02-A	1,2709	2,2744	1,0035	1,0035	0,2971	29,61	
3-02-A	1,2622	2,2621	0,9999	1,5579	0,2957	29,57	
1-03-A	1,2776	2,2749	0,9973	1,5725	0,2949	29,56	29,67
2-03-A	1,2734	2,2749	1,0015	1,5713	0,2979	29,74	
3-03-A	1,2700	2,2709	1,0009	1,5674	0,2974	29,71	
1-04-A	1,2690	2,2679	0,9989	1,5650	0,2960	29,63	29,61
2-04-A	1,2377	2,2344	0,9967	1,5334	0,2957	29,67	
3-04-A	1,2638	2,2630	0,9992	1,5589	0,2951	29,53	

Temperatura ambiente: $(27,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(724,50 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA C.49. (Continuación)
PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE
SÓLIDOS DISUELTOS DE LAS MUESTRAS

Muestra (Lab)	Masa del envase ($m_E \pm 0,0001$)g	Masa total inicial ($m_{ti} \pm 0,0001$)g	Masa de la solución ($m_{sol} \pm 0,0001$)g	Masa total final ($m_{fi} \pm 0,0002$)g	Masa de los sólidos ($m_{SS} \pm 0,0002$)g	Porcentaje de sólidos disueltos ($P_{SS} \pm 0,01$)%	Porcentaje de sólidos promedio ($\bar{S} \pm 0,01$)%
1-01-B	1,2682	2,2677	0,9995	1,5608	0,2926	29,27	29,36
2-01-B	1,2740	2,2705	0,9965	1,5665	0,2925	29,35	
3-01-B	1,2768	2,2797	1,0025	1,5722	0,2954	29,47	
1-02-B	1,2392	2,2315	0,9923	1,5294	0,2909	29,32	29,36
2-02-B	1,2461	2,2440	0,9979	1,5392	0,2931	29,37	
3-02-B	1,2704	2,2778	1,0074	1,5665	0,2961	29,39	
1-03-B	1,2690	2,2679	0,9989	1,5650	0,2960	29,63	29,61
2-03-B	1,2377	2,2344	0,9967	1,5334	0,2957	29,67	
3-03-B	1,2638	2,2630	0,9992	1,5589	0,2951	29,53	
1-04-B	1,2679	2,2672	0,9993	1,5623	0,2944	29,46	29,49
2-04-B	1,2427	2,2400	0,9973	1,5334	0,2907	29,15	
3-04-B	1,2623	2,2613	0,9990	1,5605	0,2951	29,85	

Temperatura ambiente: $(27,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(724,50 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA C.49. (Continuación)
PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE
SÓLIDOS DISUELTOS DE LAS MUESTRAS

Muestra (Lab)	Masa del envase ($m_E \pm 0,0001$)g	Masa total inicial ($m_{ti} \pm 0,0001$)g	Masa de la solución ($m_{sol} \pm 0,0001$)g	Masa total final ($m_{fi} \pm 0,0002$)g	Masa de los sólidos ($m_{ss} \pm 0,0002$)g	Porcentaje de sólidos disueltos ($P_{ss} \pm 0,01$)%	Porcentaje de sólidos promedio ($\bar{S} \pm 0,01$)%
1-01-C	1,1811	2,1817	1,0006	1,5374	0,3563	35,60	35,67
2-01-C	1,1917	2,1987	1,0007	1,5517	0,3600	35,74	
3-01-C	1,1789	2,1792	1,0003	1,5358	0,3569	35,68	
1-02-C	1,1835	2,1835	1,0000	1,5342	0,3507	35,07	35,10
2-02-C	1,1814	2,1862	1,0048	1,5337	0,3523	35,06	
3-02-C	1,1920	2,1984	1,0064	1,5461	0,3541	35,18	
1-03-C	1,1828	2,1826	0,9998	1,5339	0,3511	35,12	35,03
2-03-C	1,1816	2,1865	1,0049	1,5340	0,3524	35,07	
3-03-C	1,1930	2,2001	1,0071	1,5452	0,3522	34,97	
1-04-C	1,1911	2,1919	1,0008	1,5423	0,3512	35,09	35,35
2-04-C	1,1907	2,1904	0,9997	1,5434	0,3527	35,28	
3-04-C	1,1828	2,1830	1,0002	1,5398	0,3570	35,69	

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(716,10 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA C.49. (Continuación)
PARÁMETROS NECESARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE
SÓLIDOS DISUELTOS DE LAS MUESTRAS

Muestra (Lab)	Masa del envase ($m_E \pm 0,0001$)g	Masa total inicial ($m_{ti} \pm 0,0001$)g	Masa de la solución ($m_{sol} \pm 0,0001$)g	Masa total final ($m_{tf} \pm 0,0002$)g	Masa de los sólidos ($m_{SS} \pm 0,0002$)g	Porcentaje de sólidos disueltos ($P_{SS} \pm 0,01$)%	Porcentaje de sólidos promedio ($\bar{S} \pm 0,01$)%
1-01-D	1,1818	2,1819	1,0001	1,5294	0,3476	34,76	34,83
2-01-D	1,1920	2,1927	1,0007	1,5413	0,3493	34,91	
3-01-D	1,1797	2,1799	1,0002	1,5282	0,3485	34,84	
1-02-D	1,1822	2,1829	1,0007	1,5325	0,3503	35,00	35,02
2-02-D	1,1821	2,1822	1,0001	1,5322	0,3501	35,01	
3-02-D	1,1908	2,1906	0,9998	1,5411	0,3503	35,04	
1-03-D	1,1834	2,1835	0,9998	1,5340	0,3506	35,07	35,18
2-03-D	1,1822	2,1833	1,0001	1,5338	0,3524	35,24	
3-03-D	1,1904	2,1900	0,9996	1,5452	0,3522	35,24	
1-04-D	1,1910	2,1919	0,9996	1,5419	0,3509	35,10	35,13
2-04-D	1,1903	2,1904	1,0001	1,5420	0,3517	35,17	
3-04-D	1,1841	2,1830	0,9989	1,5350	0,3509	35,13	

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

Presión ambiente: $(716,10 \pm 0,05) \text{ mmHg}$



TABLA C.50.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	20,0	870,00	39,0
70,00	20,0	904,00	39,0
92,00	20,0	929,00	39,0
125,00	21,0	965,00	38,0
161,00	21,0	985,00	38,0
182,00	23,0	1027,00	38,0
209,00	26,0	1049,00	38,0
248,00	29,0	1083,00	37,0
267,00	32,0	1113,00	37,0
304,00	33,0	1143,00	37,0
335,00	35,0	1180,00	36,0
366,00	37,0	1205,00	35,0
391,00	38,0	1241,00	35,0
420,00	38,0	1262,00	34,0
450,00	38,0	1296,00	34,0
485,00	39,0	1328,00	34,0
515,00	39,0	1357,00	33,0
542,00	40,0	1382,00	33,0
569,00	40,0	1409,00	33,0
608,00	41,0	1445,00	32,0
625,00	41,0	1467,00	32,0
664,00	41,0	1506,00	32,0
697,00	41,0	1538,00	31,0
724,00	41,0	1564,00	31,0
761,00	40,0	1591,00	30,0
780,00	40,0	1625,00	30,0
815,00	40,0	1652,00	29,0
842,00	40,0	1684,00	29,0



TABLA C.50. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1713,00	28,0	1805,00	27,0
1746,00	27,0	1827,00	26,0
1778,00	27,0	1864,00	26,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.51.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	21,0	870,00	40,0
70,00	21,0	904,00	40,0
99,00	22,0	929,00	40,0
124,00	23,0	968,00	40,0
152,00	25,0	991,00	40,0
185,00	27,0	1024,00	39,0
209,00	29,0	1055,00	39,0
243,00	30,0	1086,00	38,0
277,00	32,0	1117,00	38,0
308,00	35,0	1148,00	37,0
341,00	38,0	1164,00	36,0
365,00	41,0	1209,00	36,0
389,00	41,0	1227,00	36,0
424,00	41,0	1266,00	36,0
457,00	42,0	1295,00	35,0
484,00	42,0	1324,00	35,0
513,00	42,0	1351,00	35,0
540,00	42,0	1380,00	35,0
575,00	43,0	1410,00	34,0
615,00	43,0	1445,00	33,0
630,00	43,0	1471,00	33,0
664,00	43,0	1503,00	33,0
706,00	43,0	1536,00	32,0
728,00	42,0	1569,00	32,0
752,00	42,0	1597,00	32,0
786,00	42,0	1622,00	31,0
818,00	42,0	1656,00	30,0
847,00	42,0	1684,00	30,0



TABLA C.51. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1708,00	30,0	1807,00	29,0
1746,00	29,0	1831,00	29,0
1774,00	29,0	1860,00	28,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,00 ± 0,05) mmHg



TABLA C.52.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	20,0	868,00	43,0
75,00	21,0	907,00	43,0
105,00	21,0	926,00	42,0
128,00	22,0	965,00	42,0
151,00	22,0	991,00	42,0
189,00	24,0	1025,00	42,0
217,00	25,0	1054,00	41,0
245,00	27,0	1082,00	41,0
269,00	29,0	1111,00	41,0
308,00	30,0	1146,00	41,0
337,00	30,0	1179,00	40,0
364,00	31,0	1202,00	39,0
385,00	32,0	1238,00	38,0
426,00	35,0	1267,00	37,0
449,00	36,0	1298,00	36,0
488,00	37,0	1324,00	36,0
511,00	39,0	1349,00	36,0
542,00	40,0	1385,00	35,0
573,00	41,0	1416,00	35,0
615,00	42,0	1444,00	35,0
640,00	43,0	1477,00	34,0
661,00	45,0	1501,00	34,0
680,00	45,0	1528,00	33,0
723,00	45,0	1560,00	32,0
756,00	45,0	1584,00	32,0
785,00	45,0	1626,00	32,0
819,00	44,0	1650,00	31,0
848,00	43,0	1684,00	31,0



TABLA C.52. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1717,00	30,0	1802,00	28,0
1745,00	30,0	1826,00	27,0
1776,00	29,0	1868,00	26,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.53.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	1080,00	64,0
60,00	25,0	1140,00	64,0
120,00	25,0	1180,00	63,0
180,00	26,0	1200,00	63,0
240,00	27,0	1260,00	62,0
300,00	29,0	1320,00	62,0
360,00	32,0	1380,00	62,0
420,00	35,0	1440,00	61,0
480,00	40,0	1500,00	60,0
540,00	42,0	1560,00	60,0
600,00	50,0	1620,00	59,0
630,00	55,0	1680,00	59,0
640,00	58,0	1740,00	58,0
660,00	62,0	1800,00	58,0
670,00	64,0	1860,00	58,0
700,00	64,0	1920,00	57,0
710,00	66,0	1980,00	56,0
719,00	67,0	2040,00	56,0
728,00	68,0	2100,00	56,0
750,00	69,0	2160,00	55,0
773,00	69,0	2220,00	55,0
805,00	69,0	2280,00	54,0
830,00	68,0	2340,00	50,0
860,00	65,0	2400,00	49,0
890,00	66,0	2460,00	47,0
940,00	66,0	2520,00	45,0
1000,00	65,0	2520,00	45,0
1040,00	64,0	2640,00	42,0



TABLA C.53. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
2700,00	41,0	2940,00	39,0
2760,00	40,0	3000,00	39,0
2820,00	39,0	3060,00	39,0
2880,00	39,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.54.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	28,0	938,00	69,0
61,00	28,0	979,00	69,0
118,00	28,0	1026,00	69,0
175,00	28,0	1075,00	68,0
237,00	29,0	1155,00	67,0
285,00	30,0	1217,00	66,0
308,00	31,0	1276,00	66,0
362,00	33,0	1318,00	65,0
380,00	34,0	1375,00	65,0
402,00	35,0	1430,00	64,0
427,00	36,0	1543,00	63,0
451,00	38,0	1580,00	63,0
484,00	40,0	1655,00	62,0
517,00	43,0	1714,00	62,0
545,00	45,0	1760,00	61,0
577,00	49,0	1825,00	61,0
605,00	53,0	1881,00	60,0
630,00	58,0	1936,00	59,0
654,00	65,0	2000,00	59,0
672,00	67,0	2050,00	59,0
689,00	68,0	2120,00	58,0
707,00	69,0	2182,00	58,0
724,00	70,0	2250,00	57,0
750,00	70,0	2327,00	57,0
774,00	71,0	2366,00	56,0
815,00	71,0	2415,00	55,0
840,00	71,0	2465,00	55,0
877,00	70,0	2520,00	55,0



TABLA C.54. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
2579,00	55,0	2995,00	44,0
2644,00	52,0	3047,00	43,0
2695,00	51,0	3101,00	42,0
2757,00	49,0	3166,00	40,0
2820,00	47,0	3192,00	40,0
2885,00	46,0	3261,00	40,0
2944,00	45,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,00 ± 0,05) mmHg



TABLA C.55.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	1562,00	68,0
62,00	26,0	1630,00	68,0
129,00	27,0	1685,00	67,0
188,00	28,0	1746,00	67,0
246,00	30,0	1809,00	67,0
305,00	32,0	1871,00	66,0
367,00	35,0	1937,00	66,0
430,00	38,0	2001,00	65,0
500,00	41,0	2045,00	64,0
545,00	45,0	2106,00	64,0
604,00	47,0	2169,00	63,0
663,00	50,0	2234,00	63,0
721,00	53,0	2295,00	62,0
792,00	58,0	2342,00	60,0
855,00	61,0	2403,00	58,0
906,00	63,0	2466,00	57,0
969,00	65,0	2529,00	55,0
1030,00	68,0	2588,00	53,0
1100,00	70,0	2647,00	52,0
1143,00	71,0	2705,00	51,0
1235,00	71,0	2770,00	49,0
1264,00	70,0	2831,00	47,0
1328,00	70,0	2886,00	46,0
1385,00	69,0	2943,00	45,0
1449,00	69,0	3012,00	43,0
1507,00	69,0	3075,00	40,0

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,00 ± 0,05) mmHg

TABLA C.56.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	856,00	39,0
61,00	24,0	903,00	39,0
91,00	26,0	932,00	38,0
125,00	26,0	967,00	38,0
156,00	27,0	1000,00	38,0
182,00	28,0	1020,00	38,0
209,00	30,0	1050,00	37,0
244,00	30,0	1082,00	37,0
271,00	31,0	1116,00	36,0
303,00	31,0	1147,00	36,0
330,00	33,0	1171,00	35,0
370,00	34,0	1211,00	35,0
408,00	35,0	1248,00	34,0
426,00	36,0	1265,00	33,0
447,00	37,0	1287,00	33,0
484,00	37,0	1326,00	32,0
519,00	37,0	1349,00	32,0
541,00	38,0	1388,00	31,0
568,00	38,0	1420,00	30,0
603,00	38,0	1443,00	30,0
635,00	38,0	1476,00	30,0
667,00	40,0	1503,00	30,0
685,00	40,0	1529,00	30,0
731,00	41,0	1565,00	29,0
762,00	40,0	1592,00	28,0
785,00	40,0	1622,00	27,0
809,00	40,0	1653,00	27,0
843,00	39,0	1680,00	26,0



TABLA C.56. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1711,00	26,0	1806,00	25,0
1745,00	25,0	1837,00	25,0
1770,00	25,0	1862,00	25,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,20 ± 0,05) mmHg

TABLA C.57.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	873,00	41,0
61,00	22,0	905,00	41,0
90,00	23,0	938,00	40,0
122,00	24,0	969,00	40,0
153,00	25,0	1001,00	39,0
187,00	26,0	1025,00	39,0
209,00	26,0	1054,00	39,0
243,00	27,0	1086,00	38,0
264,00	29,0	1119,00	38,0
315,00	31,0	1141,00	37,0
348,00	32,0	1168,00	36,0
366,00	33,0	1210,00	36,0
390,00	35,0	1250,00	36,0
420,00	35,0	1263,00	36,0
456,00	36,0	1295,00	35,0
484,00	37,0	1326,00	34,0
505,00	39,0	1360,00	33,0
549,00	40,0	1395,00	32,0
571,00	41,0	1412,00	31,0
607,00	42,0	1443,00	31,0
629,00	43,0	1465,00	31,0
670,00	43,0	1506,00	30,0
705,00	43,0	1534,00	30,0
726,00	43,0	1569,00	30,0
749,00	43,0	1591,00	29,0
785,00	42,0	1620,00	29,0
814,00	41,0	1650,00	29,0
844,00	41,0	1685,00	29,0



TABLA C.57. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	28,0	1808,00	27,0
1743,00	28,0	1840,00	27,0
1774,00	28,0	1875,00	26,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,20 ± 0,05) mmHg



TABLA C.58.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	23,0	871,00	43,0
65,00	24,0	902,00	42,0
86,00	25,0	940,00	42,0
127,00	26,0	965,00	41,0
151,00	27,0	996,00	41,0
185,00	28,0	1028,00	40,0
209,00	29,0	1057,00	39,0
240,00	30,0	1082,00	38,0
270,00	32,0	1104,00	37,0
315,00	34,0	1151,00	37,0
349,00	36,0	1190,00	37,0
366,00	39,0	1206,00	36,0
394,00	41,0	1238,00	36,0
427,00	43,0	1265,00	36,0
448,00	44,0	1289,00	35,0
488,00	45,0	1328,00	35,0
516,00	45,0	1344,00	34,0
545,00	45,0	1385,00	33,0
577,00	45,0	1405,00	33,0
610,00	45,0	1443,00	33,0
645,00	45,0	1465,00	32,0
668,00	45,0	1501,00	32,0
701,00	46,0	1535,00	31,0
722,00	45,0	1564,00	31,0
749,00	45,0	1596,00	30,0
786,00	45,0	1621,00	30,0
817,00	44,0	1647,00	30,0
844,00	43,0	1683,00	30,0



TABLA C.58. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1703,00	30,0	1810,00	30,0
1745,00	30,0	1829,00	30,0
1788,00	30,0	1863,00	30,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,20 ± 0,05) mmHg



TABLA C.59.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-04-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	931,00	70,0
70,00	26,0	985,00	70,0
117,00	26,0	1022,00	70,0
179,00	27,0	1053,00	69,0
228,00	27,0	1159,00	68,0
287,00	28,0	1218,00	67,0
303,00	29,0	1275,00	66,0
370,00	31,0	1317,00	66,0
375,00	31,0	1376,00	65,0
393,00	33,0	1434,00	65,0
425,00	34,0	1544,00	64,0
454,00	36,0	1575,00	64,0
485,00	38,0	1653,00	63,0
509,00	41,0	1716,00	63,0
543,00	44,0	1769,00	60,0
568,00	46,0	1831,00	60,0
604,00	48,0	1870,00	59,0
633,00	51,0	1931,00	58,0
659,00	55,0	1985,00	58,0
662,00	61,0	2042,00	57,0
667,00	66,0	2123,00	57,0
696,00	68,0	2184,00	57,0
722,00	69,0	2251,00	55,0
751,00	70,0	2325,00	55,0
775,00	71,0	2376,00	55,0
811,00	72,0	2412,00	54,0
842,00	72,0	2464,00	54,0
869,00	71,0	2520,00	53,0



TABLA C.59. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-04-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
2577,00	53,0	2994,00	47,0
2646,00	52,0	3044,00	45,0
2691,00	51,0	3099,00	45,0
2753,00	50,0	3158,00	43,0
2822,00	49,0	3190,00	43,0
2885,00	49,0	3245,00	42,0
2950,00	47,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,50 ± 0,05) mmHg



TABLA C.60.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-04-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1566,00	71,0
61,00	22,0	1624,00	71,0
125,00	23,0	1691,00	69,0
187,00	23,0	1742,00	69,0
249,00	25,0	1808,00	69,0
311,00	27,0	1867,00	67,0
372,00	29,0	1929,00	67,0
435,00	31,0	1983,00	66,0
501,00	34,0	2065,00	66,0
543,00	35,0	2110,00	65,0
606,00	37,0	2171,00	65,0
668,00	39,0	2225,00	64,0
724,00	42,0	2286,00	63,0
782,00	45,0	2344,00	62,0
855,00	47,0	2420,00	61,0
903,00	50,0	2463,00	59,0
971,00	53,0	2526,00	58,0
1022,00	58,0	2585,00	57,0
1085,00	61,0	2644,00	55,0
1143,00	65,0	2701,00	55,0
1230,00	70,0	2760,00	53,0
1262,00	71,0	2832,00	51,0
1321,00	72,0	2895,00	50,0
1385,00	72,0	2946,00	49,0
1440,00	72,0	3003,00	49,0
1509,00	72,0	3064,00	48,0

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.61.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	959,00	69,0
63,00	24,0	984,00	68,0
115,00	25,0	1026,00	68,0
171,00	25,0	1051,00	67,0
225,00	26,0	1166,00	66,0
289,00	26,0	1215,00	65,0
302,00	27,0	1270,00	65,0
371,00	29,0	1318,00	64,0
365,00	30,0	1371,00	63,0
390,00	31,0	1436,00	63,0
426,00	33,0	1542,00	62,0
452,00	34,0	1570,00	62,0
484,00	36,0	1645,00	61,0
507,00	39,0	1718,00	60,0
544,00	41,0	1766,00	58,0
566,00	43,0	1833,00	58,0
603,00	46,0	1868,00	57,0
631,00	49,0	1926,00	57,0
654,00	54,0	1987,00	56,0
663,00	59,0	2049,00	56,0
669,00	63,0	2129,00	55,0
690,00	66,0	2181,00	55,0
721,00	66,0	2256,00	53,0
720,00	68,0	2328,00	53,0
775,00	69,0	2371,00	53,0
810,00	69,0	2411,00	52,0
843,00	70,0	2468,00	52,0
865,00	70,0	2529,00	51,0



TABLA C.61. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-A

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
2577,00	50,0	2997,00	45,0
2640,00	50,0	3038,00	43,0
2695,00	49,0	3089,00	43,0
2759,00	48,0	3145,00	41,0
2823,00	47,0	3190,00	41,0
2884,00	47,0	3242,00	39,0
2955,00	45,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.62.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	870,00	40,0
62,00	25,0	903,00	39,0
90,00	26,0	933,00	39,0
125,00	26,0	970,00	39,0
149,00	27,0	985,00	38,0
183,00	28,0	1020,00	38,0
215,00	29,0	1051,00	38,0
244,00	30,0	1091,00	37,0
268,00	32,0	1122,00	37,0
306,00	32,0	1145,00	37,0
327,00	32,0	1179,00	37,0
369,00	33,0	1202,00	36,0
391,00	33,0	1231,00	36,0
423,00	34,0	1263,00	36,0
455,00	35,0	1296,00	35,0
482,00	35,0	1322,00	35,0
505,00	36,0	1349,00	34,0
543,00	36,0	1381,00	33,0
576,00	37,0	1407,00	33,0
608,00	37,0	1443,00	33,0
624,00	38,0	1474,00	32,0
663,00	38,0	1500,00	32,0
696,00	39,0	1530,00	32,0
725,00	39,0	1563,00	32,0
749,00	39,0	1586,00	32,0
791,00	40,0	1623,00	31,0
808,00	40,0	1665,00	31,0
846,00	40,0	1687,00	31,0



TABLA C.62. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1718,00	31,0	1805,00	31,0
1750,00	31,0	1834,00	30,0
1776,00	31,0	1863,00	30,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,30 ± 0,05) mmHg



TABLA C.63.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	871,00	39,0
64,00	22,0	907,00	39,0
91,00	24,0	927,00	39,0
123,00	25,0	968,00	39,0
153,00	28,0	989,00	38,0
186,00	29,0	1026,00	38,0
205,00	29,0	1051,00	38,0
242,00	30,0	1085,00	36,0
279,00	31,0	1113,00	36,0
310,00	32,0	1144,00	35,0
341,00	33,0	1174,00	35,0
362,00	35,0	1201,00	34,0
395,00	36,0	1230,00	34,0
422,00	35,0	1260,00	34,0
449,00	35,0	1290,00	33,0
487,00	35,0	1322,00	32,0
504,00	36,0	1356,00	32,0
545,00	36,0	1385,00	31,0
569,00	36,0	1409,00	31,0
611,00	36,0	1444,00	31,0
645,00	37,0	1477,00	30,0
666,00	37,0	1501,00	30,0
693,00	37,0	1540,00	30,0
722,00	37,0	1560,00	29,0
740,00	38,0	1590,00	29,0
795,00	38,0	1622,00	29,0
829,00	38,0	1656,00	28,0
846,00	38,0	1685,00	28,0



TABLA C.63. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	28,0	1805,00	27,0
1741,00	28,0	1836,00	27,0
1770,00	27,0	1871,00	26,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,30 ± 0,05) mmHg



TABLA C.64.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	885,00	40,0
70,00	24,0	906,00	38,0
102,00	25,0	937,00	38,0
131,00	26,0	967,00	37,0
145,00	26,0	989,00	37,0
185,00	27,0	1029,00	37,0
211,00	27,0	1051,00	37,0
250,00	29,0	1085,00	36,0
276,00	30,0	1105,00	36,0
301,00	31,0	1146,00	35,0
333,00	33,0	1177,00	35,0
361,00	33,0	1201,00	35,0
385,00	34,0	1240,00	34,0
424,00	35,0	1266,00	34,0
450,00	36,0	1292,00	34,0
480,00	36,0	1328,00	33,0
510,00	37,0	1347,00	33,0
545,00	38,0	1384,00	33,0
580,00	38,0	1410,00	32,0
602,00	39,0	1450,00	32,0
636,00	40,0	1469,00	32,0
661,00	40,0	1506,00	31,0
694,00	41,0	1534,00	31,0
725,00	41,0	1560,00	31,0
748,00	41,0	1601,00	30,0
781,00	41,0	1625,00	30,0
810,00	40,0	1647,00	30,0
851,00	40,0	1683,00	30,0



TABLA C.64. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1717,00	29,0	1802,00	29,0
1744,00	29,0	1833,00	29,0
1771,00	29,0	1865,00	28,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,30 ± 0,05) mmHg



TABLA C.65.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1440,00	38,0
60,00	22,0	1500,00	38,0
120,00	22,0	1560,00	37,0
180,00	22,0	1620,00	37,0
240,00	22,0	1680,00	37,0
300,00	22,0	1740,00	36,0
360,00	22,0	1800,00	36,0
420,00	23,0	1860,00	37,0
480,00	23,0	1920,00	37,0
540,00	25,0	1980,00	37,0
600,00	26,0	2040,00	37,0
660,00	27,0	2100,00	37,0
720,00	29,0	2160,00	36,0
780,00	30,0	2220,00	36,0
840,00	31,0	2280,00	36,0
900,00	33,0	2340,00	36,0
960,00	34,0	2400,00	36,0
1020,00	35,0	2460,00	35,0
1080,00	36,0	2520,00	35,0
1140,00	36,0	2580,00	35,0
1200,00	37,0	2640,00	35,0
1260,00	38,0	2700,00	34,0
1320,00	38,0	2760,00	34,0
1380,00	38,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.66.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	1440,00	38,0
60,00	26,0	1500,00	38,0
60,00	26,0	1500,00	39,0
180,00	27,0	1620,00	39,0
240,00	27,0	1680,00	39,0
300,00	28,0	1740,00	38,0
360,00	28,0	1800,00	38,0
360,00	29,0	1800,00	39,0
480,00	29,0	1920,00	39,0
540,00	31,0	1980,00	38,0
600,00	31,0	2040,00	39,0
600,00	33,0	2100,00	40,0
720,00	33,0	2160,00	40,0
780,00	33,0	2220,00	38,0
840,00	34,0	2280,00	38,0
900,00	34,0	2340,00	37,0
900,00	34,0	2400,00	37,0
1020,00	36,0	2400,00	37,0
1080,00	36,0	2520,00	36,0
1140,00	37,0	2580,00	36,0
1200,00	37,0	2580,00	35,0
1200,00	37,0	2700,00	34,0
1320,00	38,0	2760,00	33,0
1380,00	38,0	2820,00	32,0

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.67.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1500,00	37,0
60,00	22,0	1560,00	37,0
120,00	22,0	1560,00	38,0
120,00	22,0	1680,00	38,0
180,00	22,0	1740,00	37,0
240,00	23,0	1800,00	37,0
300,00	24,0	1860,00	36,0
360,00	26,0	1920,00	36,0
420,00	27,0	1980,00	36,0
480,00	29,0	2040,00	35,0
480,00	30,0	2040,00	35,0
600,00	32,0	2160,00	35,0
660,00	33,0	2220,00	35,0
720,00	34,0	2280,00	34,0
780,00	35,0	2340,00	34,0
840,00	36,0	2400,00	34,0
840,00	36,0	2400,00	34,0
960,00	36,0	2520,00	33,0
1020,00	37,0	2580,00	33,0
1080,00	37,0	2580,00	33,0
1140,00	37,0	2700,00	32,0
1200,00	38,0	2760,00	32,0
1260,00	38,0	2760,00	32,0
1260,00	38,0	2880,00	32,0
1380,00	38,0	2940,00	31,0
1440,00	38,0	3000,00	30,0

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.68.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	876,00	38,0
65,00	22,0	902,00	38,0
91,00	23,0	924,00	38,0
124,00	24,0	966,00	38,0
146,00	26,0	986,00	38,0
187,00	27,0	1022,00	37,0
209,00	29,0	1063,00	37,0
244,00	30,0	1085,00	38,0
273,00	32,0	1110,00	38,0
311,00	32,0	1140,00	37,0
341,00	32,0	1177,00	37,0
362,00	33,0	1204,00	36,0
396,00	33,0	1236,00	36,0
420,00	33,0	1265,00	35,0
452,00	35,0	1292,00	34,0
485,00	35,0	1322,00	34,0
507,00	35,0	1358,00	33,0
545,00	36,0	1388,00	33,0
576,00	36,0	1409,00	32,0
604,00	36,0	1441,00	32,0
629,00	36,0	1467,00	32,0
661,00	37,0	1506,00	31,0
690,00	37,0	1541,00	31,0
721,00	37,0	1563,00	31,0
751,00	37,0	1593,00	30,0
782,00	37,0	1626,00	30,0
813,00	37,0	1657,00	30,0
845,00	37,0	1685,00	30,0



TABLA C.68. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1719,00	30,0	1802,00	29,0
1744,00	29,0	1834,00	29,0
1771,00	29,0	1866,00	29,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,70 ± 0,05) mmHg

TABLA C.69.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	868,00	41,0
61,00	24,0	904,00	41,0
90,00	26,0	928,00	41,0
125,00	27,0	969,00	41,0
153,00	30,0	1001,00	40,0
184,00	31,0	1023,00	40,0
207,00	31,0	1055,00	40,0
240,00	32,0	1082,00	38,0
276,00	33,0	1130,00	38,0
309,00	34,0	1143,00	37,0
333,00	35,0	1167,00	37,0
365,00	37,0	1206,00	36,0
388,00	38,0	1233,00	36,0
420,00	37,0	1263,00	36,0
460,00	37,0	1288,00	35,0
483,00	37,0	1324,00	34,0
513,00	38,0	1355,00	34,0
548,00	38,0	1387,00	33,0
571,00	38,0	1417,00	33,0
601,00	38,0	1448,00	33,0
626,00	39,0	1476,00	32,0
660,00	39,0	1510,00	32,0
690,00	39,0	1545,00	32,0
724,00	39,0	1562,00	31,0
749,00	40,0	1585,00	31,0
783,00	40,0	1623,00	31,0
811,00	40,0	1659,00	30,0
845,00	40,0	1682,00	30,0



TABLA C.69. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1715,00	30,0	1804,00	29,0
1750,00	30,0	1837,00	29,0
1773,00	29,0	1866,00	28,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,70 ± 0,05) mmHg

TABLA C.70.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	875,00	40,0
69,00	25,0	911,00	40,0
86,00	25,0	929,00	41,0
120,00	26,0	963,00	41,0
150,00	28,0	993,00	41,0
188,00	29,0	1020,00	40,0
213,00	30,0	1054,00	41,0
244,00	31,0	1086,00	41,0
266,00	33,0	1113,00	40,0
303,00	33,0	1145,00	40,0
335,00	33,0	1169,00	40,0
367,00	34,0	1203,00	39,0
384,00	34,0	1235,00	39,0
431,00	34,0	1266,00	39,0
450,00	35,0	1294,00	38,0
483,00	35,0	1323,00	38,0
511,00	35,0	1357,00	37,0
545,00	36,0	1384,00	36,0
569,00	36,0	1408,00	36,0
601,00	37,0	1440,00	36,0
627,00	37,0	1470,00	35,0
663,00	37,0	1504,00	35,0
686,00	38,0	1533,00	34,0
728,00	38,0	1562,00	34,0
754,00	38,0	1585,00	34,0
787,00	39,0	1624,00	34,0
821,00	39,0	1654,00	33,0
842,00	39,0	1681,00	33,0



TABLA C.70. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1716,00	33,0	1802,00	32,0
1751,00	32,0	1833,00	31,0
1781,00	32,0	1869,00	31,0

Temperatura ambiente: (27,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,70 ± 0,05) mmHg



TABLA C.71.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-04-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1460,00	39,0
65,00	22,0	1503,00	39,0
130,00	22,0	1563,00	39,0
183,00	22,0	1625,00	38,0
246,00	23,0	1694,00	38,0
309,00	23,0	1746,00	37,0
372,00	23,0	1809,00	37,0
427,00	24,0	1863,00	37,0
484,00	25,0	1924,00	36,0
540,00	25,0	1981,00	36,0
605,00	25,0	2040,00	36,0
668,00	26,0	2110,00	35,0
731,00	27,0	2171,00	35,0
784,00	28,0	2222,00	35,0
849,00	30,0	2283,00	35,0
907,00	31,0	2346,00	34,0
972,00	32,0	2407,00	34,0
1035,00	33,0	2469,00	33,0
1083,00	36,0	2530,00	33,0
1145,00	37,0	2591,00	33,0
1209,00	37,0	2645,00	32,0
1267,00	38,0	2704,00	31,0
1321,00	38,0	2760,00	31,0
1380,00	39,0		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,60 ± 0,05) mmHg



TABLA C.72.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-04-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1504,00	37,0
63,00	22,0	1568,00	38,0
127,00	23,0	1608,00	38,0
153,00	24,0	1686,00	39,0
181,00	24,0	1748,00	39,0
251,00	24,0	1809,00	39,0
313,00	25,0	1870,00	37,0
377,00	25,0	1931,00	37,0
439,00	26,0	1984,00	35,0
485,00	27,0	2043,00	35,0
539,00	27,0	2090,00	35,0
608,00	28,0	2169,00	34,0
666,00	28,0	2230,00	34,0
722,00	30,0	2285,00	34,0
790,00	30,0	2344,00	33,0
843,00	30,0	2408,00	33,0
885,00	31,0	2446,00	33,0
966,00	32,0	2536,00	33,0
1024,00	32,0	2589,00	32,0
1081,00	33,0	2637,00	32,0
1143,00	35,0	2702,00	32,0
1210,00	35,0	2760,00	31,0
1275,00	35,0	2810,00	31,0
1317,00	36,0	2881,00	31,0
1382,00	37,0	2945,00	30,0
1449,00	37,0	3004,00	29,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,60 ± 0,05) mmHg

TABLA C.73.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-B

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	20,0	1449,00	33,0
65,00	20,0	1507,00	35,0
123,00	20,0	1571,00	35,0
188,00	21,0	1625,00	36,0
246,00	21,0	1686,00	37,0
302,00	22,0	1743,00	37,0
370,00	23,0	1807,00	38,0
428,00	23,0	1864,00	38,0
487,00	23,0	1928,00	39,0
541,00	24,0	1992,00	39,0
603,00	24,0	2055,00	39,0
661,00	24,0	2104,00	39,0
721,00	25,0	2169,00	38,0
789,00	25,0	2223,00	38,0
847,00	26,0	2282,00	36,0
906,00	26,0	2340,00	36,0
975,00	28,0	2401,00	35,0
1022,00	28,0	2470,00	35,0
1081,00	30,0	2531,00	34,0
1148,00	30,0	2585,00	34,0
1202,00	31,0	2642,00	34,0
1265,00	31,0	2703,00	33,0
1320,00	31,0	2766,00	33,0
1381,00	33,0		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (717,60 ± 0,05) mmHg



TABLA C.74.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	810,00	55,0
62,00	25,0	848,00	57,0
91,00	25,0	867,00	57,0
125,00	26,0	905,00	58,0
155,00	27,0	930,00	58,0
190,00	29,0	962,00	59,0
220,00	32,0	994,00	61,0
246,00	32,0	1030,00	61,0
281,00	35,0	1057,00	62,0
309,00	35,0	1085,00	64,0
331,00	37,0	1109,00	64,0
360,00	37,0	1140,00	66,0
390,00	37,0	1166,00	67,0
425,00	40,0	1207,00	68,0
452,00	40,0	1239,00	69,0
487,00	42,0	1271,00	68,0
513,00	42,0	1303,00	65,0
545,00	44,0	1327,00	63,0
576,00	45,0	1352,00	61,0
604,00	46,0	1384,00	57,0
629,00	48,0	1407,00	54,0
661,00	49,0	1443,00	50,0
688,00	50,0	1479,00	48,0
731,00	52,0	1502,00	47,0
762,00	53,0	1531,00	45,0
783,00	54,0	1566,00	45,0
0,00	25,0	1588,00	44,0
62,00	25,0	1624,00	44,0



TABLA C.74. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1649,00	43,0	1776,00	41,0
1685,00	43,0	1815,00	41,0
1712,00	43,0	1846,00	40,0
1747,00	42,0	1863,00	40,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.75.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	871,00	44,0
63,00	26,0	909,00	45,0
88,00	27,0	933,00	45,0
124,00	27,0	964,00	46,0
149,00	28,0	989,00	47,0
180,00	30,0	1025,00	48,0
210,00	30,0	1061,00	48,0
242,00	31,0	1082,00	49,0
273,00	31,0	1117,00	50,0
307,00	32,0	1142,00	51,0
327,00	33,0	1176,00	51,0
365,00	33,0	1202,00	55,0
395,00	34,0	1234,00	59,0
422,00	34,0	1263,00	61,0
460,00	34,0	1290,00	63,0
482,00	35,0	1320,00	65,0
508,00	36,0	1359,00	66,0
543,00	36,0	1386,00	66,0
570,00	36,0	1417,00	67,0
607,00	37,0	1449,00	68,0
641,00	37,0	1464,00	66,0
669,00	39,0	1503,00	65,0
693,00	39,0	1530,00	62,0
722,00	41,0	1565,00	60,0
751,00	41,0	1598,00	56,0
785,00	42,0	1627,00	52,0
809,00	42,0	1655,00	50,0
844,00	43,0	1682,00	48,0



TABLA C.75. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1716,00	46,0	1811,00	43,0
1743,00	45,0	1828,00	43,0
1765,00	44,0	1866,00	42,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.76.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	27,0	873,00	55,0
67,00	27,0	915,00	55,0
92,00	28,0	930,00	56,0
126,00	28,0	962,00	57,0
150,00	30,0	989,00	57,0
189,00	32,0	1023,00	58,0
207,00	35,0	1053,00	58,0
244,00	36,0	1089,00	59,0
280,00	38,0	1120,00	60,0
303,00	38,0	1146,00	60,0
325,00	40,0	1177,00	61,0
367,00	40,0	1205,00	62,0
385,00	41,0	1238,00	64,0
428,00	42,0	1264,00	67,0
453,00	42,0	1293,00	68,0
487,00	43,0	1321,00	68,0
521,00	44,0	1350,00	65,0
545,00	44,0	1382,00	65,0
571,00	45,0	1421,00	63,0
604,00	47,0	1449,00	62,0
628,00	47,0	1473,00	61,0
661,00	48,0	1511,00	59,0
690,00	49,0	1527,00	57,0
720,00	51,0	1564,00	54,0
760,00	51,0	1591,00	51,0
782,00	51,0	1623,00	47,0
811,00	52,0	1656,00	44,0
840,00	53,0	1684,00	44,0



TABLA C.76. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1715,00	43,0	1809,00	41,0
1742,00	42,0	1830,00	40,0
1777,00	42,0	1865,00	38,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.77.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	1682,00	66,0
68,00	22,0	1740,00	64,0
124,00	22,0	1815,00	62,0
186,00	23,0	1874,00	62,0
242,00	23,0	1922,00	61,0
307,00	25,0	1988,00	60,0
366,00	27,0	2049,00	60,0
421,00	29,0	2100,00	60,0
483,00	33,0	2167,00	59,0
544,00	35,0	2226,00	58,0
609,00	37,0	2284,00	58,0
660,00	38,0	2345,00	58,0
727,00	40,0	2403,00	57,0
781,00	43,0	2462,00	57,0
843,00	46,0	2521,00	56,0
909,00	51,0	2589,00	55,0
971,00	56,0	2648,00	55,0
1035,00	58,0	2706,00	54,0
1082,00	61,0	2764,00	54,0
1146,00	66,0	2822,00	53,0
1208,00	69,0	2890,00	53,0
1264,00	70,0	2951,00	52,0
1331,00	71,0	3005,00	51,0
1395,00	71,0	3063,00	50,0
1457,00	71,0	3135,00	49,0
1503,00	69,0	3184,00	48,0
1579,00	68,0	3246,00	47,0
1626,00	67,0	3305,00	46,0



TABLA C.77. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
3063,00	50,0	3368,00	45,0
3135,00	49,0	3426,00	44,0
3184,00	48,0	3484,00	43,0
3246,00	47,0	3542,00	42,0
3305,00	46,0	3608,00	41,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.78.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	925,00	69,0
63,00	24,0	934,00	70,0
125,00	24,0	951,00	70,0
187,00	25,0	963,00	70,0
249,00	26,0	998,00	71,0
311,00	27,0	1018,00	71,0
357,00	28,0	1023,00	71,0
424,00	29,0	1049,00	71,0
492,00	31,0	1063,00	70,0
546,00	33,0	1080,00	68,0
598,00	35,0	1101,00	68,0
625,00	39,0	1130,00	67,0
672,00	41,0	1146,00	66,0
671,00	42,0	1165,00	67,0
720,00	44,0	1195,00	66,0
735,00	47,0	1210,00	66,0
752,00	50,0	1272,00	65,0
779,00	51,0	1295,00	64,0
781,00	54,0	1319,00	64,0
780,00	55,0	1345,00	63,0
810,00	57,0	1383,00	63,0
825,00	59,0	1406,00	62,0
849,00	61,0	1441,00	62,0
871,00	62,0	1495,00	61,0
880,00	63,0	1500,00	61,0
895,00	63,0	1561,00	60,0
899,00	65,0	1635,00	60,0
902,00	68,0	1669,00	60,0



TABLA C.78. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1700,00	58,0	2379,00	52,0
1743,00	58,0	2441,00	52,0
1796,00	57,0	2502,00	50,0
1825,00	56,0	2563,00	50,0
1890,00	56,0	2624,00	49,0
1976,00	56,0	2685,00	48,0
1990,00	55,0	2710,00	47,0
2070,00	54,0	2806,00	47,0
2136,00	54,0	2870,00	46,0
2216,00	53,0	2892,00	45,0
2267,00	53,0	2973,00	45,0
2308,00	52,0	3546,00	44,0

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.79.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	1683,00	71,0
64,00	25,0	1755,00	71,0
126,00	25,0	1822,00	70,0
188,00	25,0	1862,00	69,0
249,00	27,0	1941,00	69,0
307,00	27,0	2005,00	68,0
363,00	28,0	2043,00	67,0
421,00	29,0	2106,00	67,0
490,00	30,0	2169,00	67,0
551,00	31,0	2227,00	66,0
605,00	33,0	2284,00	65,0
664,00	35,0	2345,00	65,0
726,00	36,0	2415,00	64,0
788,00	38,0	2471,00	63,0
842,00	41,0	2524,00	61,0
907,00	43,0	2603,00	61,0
969,00	46,0	2642,00	60,0
1051,00	50,0	2701,00	59,0
1081,00	52,0	2765,00	58,0
1151,00	55,0	2826,00	58,0
1225,00	58,0	2910,00	57,0
1263,00	61,0	2942,00	55,0
1324,00	63,0	3015,00	55,0
1388,00	67,0	3071,00	53,0
1449,00	69,0	3134,00	52,0
1507,00	71,0	3207,00	52,0
1566,00	73,0	3243,00	51,0
1625,00	71,0	3306,00	50,0



TABLA C.79. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
3369,00	48,0	3565,00	45,0
3424,00	47,0	3620,00	44,0
3495,00	46,0		

Temperatura ambiente: (24,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (715,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.80.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	23,0	876,00	59,0
69,00	23,0	902,00	61,0
100,00	24,0	938,00	62,0
125,00	25,0	964,00	63,0
145,00	26,0	999,00	66,0
186,00	27,0	1025,00	67,0
212,00	28,0	1060,00	67,0
246,00	29,0	1085,00	67,0
277,00	30,0	1110,00	67,0
308,00	32,0	1141,00	66,0
329,00	33,0	1177,00	65,0
368,00	35,0	1208,00	64,0
400,00	37,0	1231,00	63,0
425,00	39,0	1265,00	63,0
447,00	42,0	1300,00	62,0
484,00	43,0	1322,00	61,0
512,00	44,0	1361,00	61,0
545,00	45,0	1382,00	60,0
573,00	47,0	1415,00	59,0
606,00	49,0	1443,00	58,0
638,00	51,0	1479,00	57,0
669,00	52,0	1508,00	55,0
697,00	53,0	1529,00	54,0
724,00	55,0	1567,00	53,0
762,00	56,0	1593,00	53,0
781,00	57,0	1625,00	52,0
810,00	58,0	1651,00	51,0
845,00	58,0	1684,00	51,0



TABLA C.80. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	49,0	1801,00	46,0
1748,00	48,0	1830,00	45,0
1764,00	47,0	1860,00	45,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg

TABLA C.81.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	23,0	890,00	61,0
62,00	24,0	904,00	62,0
85,00	25,0	929,00	65,0
126,00	25,0	966,00	67,0
152,00	26,0	987,00	67,0
183,00	27,0	1026,00	69,0
217,00	28,0	1045,00	70,0
244,00	28,0	1084,00	70,0
269,00	29,0	1114,00	70,0
305,00	30,0	1147,00	70,0
328,00	31,0	1175,00	70,0
367,00	31,0	1206,00	69,0
390,00	32,0	1231,00	69,0
426,00	33,0	1268,00	69,0
456,00	36,0	1292,00	69,0
489,00	39,0	1324,00	69,0
520,00	39,0	1360,00	68,0
542,00	41,0	1387,00	67,0
574,00	43,0	1413,00	67,0
605,00	45,0	1446,00	67,0
627,00	47,0	1473,00	66,0
660,00	49,0	1506,00	65,0
693,00	52,0	1529,00	65,0
726,00	55,0	1568,00	65,0
757,00	57,0	1602,00	64,0
788,00	58,0	1627,00	63,0
814,00	60,0	1663,00	62,0
850,00	60,0	1685,00	62,0



TABLA C.81. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1712,00	62,0	1804,00	59,0
1746,00	61,0	1834,00	58,0
1771,00	60,0	1867,00	57,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg



TABLA C.82.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	20,0	885,00	60,0
67,00	20,0	906,00	61,0
93,00	20,0	949,00	63,0
126,00	21,0	967,00	65,0
154,00	22,0	1010,00	68,0
184,00	23,0	1022,00	69,0
220,00	25,0	1050,00	69,0
245,00	26,0	1084,00	69,0
265,00	27,0	1109,00	69,0
301,00	29,0	1145,00	70,0
332,00	30,0	1168,00	69,0
365,00	31,0	1206,00	68,0
390,00	33,0	1235,00	67,0
428,00	34,0	1267,00	66,0
468,00	35,0	1292,00	65,0
487,00	36,0	1324,00	64,0
509,00	37,0	1350,00	64,0
548,00	39,0	1382,00	63,0
571,00	40,0	1406,00	62,0
607,00	41,0	1448,00	61,0
632,00	43,0	1474,00	61,0
666,00	45,0	1507,00	60,0
695,00	47,0	1536,00	58,0
724,00	49,0	1569,00	57,0
749,00	51,0	1591,00	55,0
787,00	53,0	1622,00	55,0
821,00	56,0	1653,00	53,0
848,00	59,0	1684,00	52,0



TABLA C.82. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1707,00	51,0	1802,00	48,0
1746,00	49,0	1830,00	47,0
1785,00	48,0	1869,00	45,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (722,10 ± 0,05) mmHg



TABLA C.83.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA

Tiempo ($t \pm 0,01$) s	Temperatura ($T \pm 0,5$) °C	Tiempo ($t \pm 0,01$) s	Temperatura ($T \pm 0,5$) °C
-----------------------------------------------	----------------------------------------------------	-----------------------------------------------	----------------------------------------------------

REACCIÓN DE LA MUESTRA LAB-1-04-C



0,00	18,0	1680,00	50,0
60,00	18,0	1740,00	49,0
120,00	18,0	1800,00	49,0
180,00	18,0	1860,00	48,0
240,00	18,0	1920,00	48,0
300,00	18,0	1980,00	47,0
360,00	19,0	2040,00	47,0
420,00	20,0	2100,00	46,0
480,00	22,0	2160,00	46,0
540,00	24,0	2220,00	46,0
600,00	25,0	2280,00	45,0
660,00	27,0	2340,00	45,0
720,00	31,0	2400,00	44,0
780,00	36,0	2460,00	44,0
840,00	44,0	2520,00	43,0
900,00	53,0	2580,00	41,0
960,00	54,0	2640,00	39,0
1020,00	54,0	2700,00	38,0
1080,00	54,0	2760,00	35,0
1140,00	54,0	2820,00	32,0
1200,00	54,0	2880,00	30,0
1260,00	53,0	2940,00	30,0
1320,00	52,0	3000,00	28,0
1380,00	52,0	3120,00	27,0
1440,00	52,0	3180,00	28,0
1500,00	52,0	3240,00	28,0
1560,00	51,0	3300,00	28,0
1620,00	51,0	3360,00	28,0

Temperatura ambiente: $(28,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ Presión ambiente: $(712,30 \pm 0,05) \text{ mmHg}$



TABLA C.84.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-04-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	18,0	1440,00	54,0
60,00	18,0	1680,00	52,0
120,00	18,0	1740,00	51,0
180,00	18,0	1800,00	51,0
240,00	18,0	1860,00	51,0
300,00	19,0	1920,00	50,0
360,00	20,0	1980,00	49,0
420,00	21,0	2040,00	48,0
480,00	22,0	2100,00	48,0
540,00	25,0	2160,00	47,0
600,00	26,0	2220,00	47,0
660,00	29,0	2280,00	47,0
720,00	32,0	2340,00	47,0
780,00	36,0	2400,00	46,0
840,00	40,0	2460,00	45,0
900,00	50,0	2520,00	45,0
960,00	55,0	2580,00	45,0
1020,00	55,0	2760,00	42,0
1080,00	56,0	2880,00	39,0
1140,00	56,0	2970,00	35,0
1200,00	56,0	3090,00	32,0
1260,00	56,0	3240,00	30,0
1320,00	56,0	3360,00	29,0
1380,00	55,0		

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (712,30 ± 0,05) mmHg



TABLA C.85.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-C

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	18,0	1560,00	51,0
60,00	18,0	1680,00	50,0
120,00	18,0	1740,00	49,0
180,00	18,0	1860,00	49,0
240,00	18,0	1920,00	48,0
300,00	19,0	1980,00	48,0
360,00	19,0	2040,00	47,0
420,00	21,0	2220,00	47,0
480,00	22,0	2280,00	46,0
540,00	24,0	2340,00	46,0
600,00	26,0	2400,00	46,0
660,00	27,0	2460,00	45,0
720,00	31,0	2520,00	45,0
780,00	35,0	2580,00	44,0
840,00	47,0	2640,00	44,0
900,00	53,0	2700,00	43,0
960,00	55,0	2760,00	42,0
1020,00	55,0	2820,00	39,0
1080,00	55,0	2880,00	38,0
1140,00	54,0	2940,00	36,0
1200,00	54,0	3000,00	32,0
1260,00	53,0	3060,00	30,0
1320,00	52,0	3120,00	30,0
1380,00	52,0	3180,00	28,0
1440,00	52,0	3300,00	28,0
1500,00	52,0	3360,00	28,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (712,30 ± 0,05) mmHg



TABLA C.86.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	870,00	42,0
64,00	24,0	905,00	43,0
91,00	25,0	931,00	43,0
122,00	25,0	962,00	44,0
153,00	26,0	993,00	45,0
185,00	28,0	1024,00	46,0
222,00	28,0	1056,00	46,0
247,00	29,0	1085,00	47,0
269,00	29,0	1104,00	48,0
304,00	30,0	1142,00	49,0
337,00	31,0	1173,00	49,0
366,00	31,0	1206,00	53,0
400,00	32,0	1238,00	57,0
420,00	32,0	1261,00	59,0
458,00	32,0	1295,00	61,0
495,00	33,0	1330,00	63,0
520,00	34,0	1365,00	64,0
546,00	34,0	1382,00	64,0
569,00	34,0	1410,00	65,0
607,00	35,0	1441,00	66,0
630,00	35,0	1483,00	64,0
662,00	37,0	1506,00	63,0
701,00	37,0	1525,00	60,0
728,00	39,0	1566,00	58,0
753,00	39,0	1592,00	54,0
786,00	40,0	1627,00	50,0
817,00	40,0	1653,00	48,0
849,00	41,0	1686,00	46,0



TABLA C.86. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1717,00	44,0	1815,00	41,0
1742,00	43,0	1845,00	41,0
1769,00	42,0	1862,00	40,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg



TABLA C.87.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	864,00	53,0
63,00	25,0	908,00	53,0
85,00	26,0	926,00	54,0
122,00	26,0	961,00	55,0
150,00	28,0	989,00	55,0
198,00	30,0	1025,00	56,0
208,00	33,0	1053,00	56,0
253,00	34,0	1084,00	57,0
270,00	36,0	1116,00	58,0
301,00	36,0	1145,00	58,0
322,00	38,0	1172,00	59,0
363,00	38,0	1201,00	60,0
391,00	39,0	1232,00	62,0
422,00	40,0	1267,00	65,0
455,00	40,0	1292,00	66,0
486,00	41,0	1328,00	66,0
509,00	42,0	1356,00	63,0
547,00	42,0	1391,00	63,0
568,00	43,0	1421,00	61,0
604,00	45,0	1448,00	60,0
630,00	45,0	1471,00	59,0
665,00	46,0	1515,00	58,0
691,00	47,0	1550,00	55,0
726,00	49,0	1562,00	52,0
753,00	49,0	1590,00	49,0
784,00	49,0	1626,00	45,0
812,00	50,0	1657,00	42,0
847,00	51,0	1685,00	42,0



TABLA C.87. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	41,0	1801,00	39,0
1744,00	40,0	1828,00	38,0
1767,00	40,0	1865,00	36,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.88.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	23,0	873,00	65,0
62,00	24,0	904,00	65,0
95,00	25,0	931,00	65,0
128,00	25,0	966,00	65,0
149,00	26,0	990,00	65,0
184,00	26,0	1028,00	65,0
216,00	27,0	1060,00	64,0
245,00	28,0	1087,00	64,0
265,00	30,0	1109,00	64,0
300,00	33,0	1148,00	64,0
334,00	37,0	1165,00	63,0
362,00	39,0	1204,00	63,0
390,00	44,0	1221,00	63,0
428,00	45,0	1263,00	62,0
461,00	48,0	1295,00	62,0
495,00	51,0	1324,00	61,0
530,00	53,0	1351,00	61,0
542,00	55,0	1386,00	61,0
576,00	56,0	1418,00	61,0
608,00	58,0	1444,00	59,0
629,00	59,0	1468,00	59,0
664,00	61,0	1505,00	59,0
687,00	62,0	1537,00	59,0
723,00	63,0	1565,00	59,0
742,00	63,0	1602,00	58,0
785,00	64,0	1625,00	57,0
812,00	64,0	1652,00	57,0
846,00	64,0	1684,00	57,0



TABLA C.88. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-01-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	56,0	1804,00	54,0
1747,00	56,0	1837,00	53,0
1767,00	55,0	1875,00	52,0

Temperatura ambiente: (28,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (716,90 ± 0,05) mmHg

TABLA C.89.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	990,00	70,0
60,00	26,0	1020,00	70,0
120,00	26,0	1050,00	70,0
180,00	26,0	1080,00	70,0
240,00	26,0	1110,00	70,0
300,00	27,0	1140,00	70,0
330,00	28,0	1170,00	70,0
360,00	29,0	1200,00	70,0
390,00	30,0	1230,00	70,0
420,00	31,0	1260,00	69,0
450,00	32,0	1290,00	68,0
480,00	33,0	1320,00	67,0
510,00	34,0	1350,00	66,0
540,00	36,0	1380,00	66,0
570,00	37,0	1410,00	66,0
600,00	38,0	1440,00	65,0
630,00	40,0	1470,00	65,0
660,00	41,0	1500,00	64,0
690,00	41,0	1530,00	64,0
720,00	43,0	1560,00	63,0
750,00	46,0	1590,00	63,0
780,00	49,0	1620,00	63,0
810,00	51,0	1650,00	62,0
840,00	55,0	1680,00	62,0
870,00	59,0	1710,00	62,0
900,00	64,0	1740,00	62,0
930,00	67,0	1770,00	61,0
960,00	69,0	1800,00	61,0



TABLA C.89. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1830,00	60,0	2250,00	56,0
1860,00	60,0	2460,00	55,0
1890,00	60,0	2550,00	51,0
1920,00	60,0	2670,00	49,0
1950,00	59,0	2730,00	41,0
1980,00	59,0	2820,00	40,0
2010,00	59,0	2900,00	40,0
2040,00	59,0	2940,00	40,0
2070,00	58,0	2970,00	40,0
2100,00	58,0	3000,00	40,0
2130,00	58,0	3038,00	40,0
2160,00	57,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg

TABLA C.90.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	27,0	1680,00	64,0
60,00	27,0	1740,00	64,0
120,00	27,0	1800,00	63,0
180,00	27,0	1860,00	63,0
240,00	27,0	1920,00	62,0
300,00	27,0	1980,00	61,0
360,00	28,0	2040,00	60,0
420,00	30,0	2100,00	60,0
480,00	32,0	2160,00	59,0
540,00	34,0	2220,00	58,0
600,00	36,0	2280,00	58,0
660,00	39,0	2340,00	57,0
720,00	41,0	2400,00	57,0
780,00	44,0	2460,00	56,0
840,00	48,0	2520,00	56,0
900,00	54,0	2580,00	55,0
960,00	63,0	2640,00	55,0
1020,00	68,0	2700,00	55,0
1080,00	70,0	2760,00	54,0
1140,00	70,0	2820,00	54,0
1200,00	70,0	2880,00	53,0
1260,00	69,0	2940,00	52,0
1320,00	68,0	3000,00	52,0
1380,00	67,0	3060,00	51,0
1440,00	67,0	3120,00	50,0
1500,00	66,0	3180,00	49,0
1560,00	65,0	3240,00	48,0
1620,00	65,0	3300,00	46,0



TABLA C.90. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
3360,00	40,0	3540,00	39,0
3420,00	40,0	3600,00	38,0
3480,00	39,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg



TABLA C.91.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	26,0	920,00	68,0
61,00	26,0	940,00	69,0
124,00	26,0	959,00	69,0
180,00	26,0	975,00	69,0
242,00	26,0	994,00	70,0
303,00	26,0	1015,00	70,0
359,00	28,0	1020,00	70,0
421,00	30,0	1037,00	70,0
490,00	33,0	1058,00	69,0
544,00	35,0	1080,00	68,0
597,00	37,0	1105,00	68,0
640,00	40,0	1123,00	68,0
670,00	43,0	1140,00	67,0
695,00	44,0	1160,00	67,0
720,00	46,0	1190,00	67,0
730,00	48,0	1220,00	67,0
750,00	49,0	1260,00	66,0
770,00	52,0	1294,00	66,0
783,00	53,0	1318,00	65,0
800,00	55,0	1347,00	65,0
810,00	56,0	1380,00	65,0
820,00	58,0	1395,00	64,0
840,00	60,0	1448,00	64,0
852,00	62,0	1492,00	64,0
860,00	63,0	1525,00	64,0
870,00	64,0	1570,00	63,0
880,00	66,0	1620,00	63,0
900,00	67,0	1660,00	62,0



TABLA C.91. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-02-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1723,00	61,0	2390,00	55,0
1763,00	61,0	2450,00	49,0
1791,00	61,0	2510,00	45,0
1854,00	60,0	2570,00	45,0
1910,00	60,0	2630,00	43,0
1970,00	59,0	2690,00	43,0
2030,00	59,0	2750,00	42,0
2090,00	58,0	2810,00	41,0
2150,00	58,0	2870,00	40,0
2210,00	57,0	2930,00	40,0
2270,00	57,0	2990,00	40,0
2330,00	57,0	3590,00	40,0

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (718,50 ± 0,05) mmHg



TABLA C.92.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	22,0	865,00	57,0
61,00	22,0	903,00	57,0
85,00	23,0	937,00	58,0
123,00	24,0	966,00	58,0
156,00	25,0	1000,00	58,0
184,00	26,0	1025,00	58,0
209,00	27,0	1052,00	61,0
247,00	29,0	1088,00	63,0
276,00	31,0	1111,00	63,0
315,00	33,0	1142,00	63,0
350,00	36,0	1176,00	63,0
362,00	39,0	1205,00	62,0
390,00	41,0	1234,00	62,0
424,00	41,0	1268,00	61,0
453,00	43,0	1300,00	61,0
488,00	43,0	1325,00	59,0
522,00	43,0	1350,00	59,0
547,00	45,0	1387,00	59,0
581,00	45,0	1411,00	58,0
605,00	47,0	1440,00	58,0
637,00	50,0	1468,00	57,0
661,00	50,0	1504,00	57,0
689,00	51,0	1527,00	55,0
720,00	53,0	1565,00	55,0
748,00	53,0	1587,00	54,0
786,00	55,0	1624,00	53,0
810,00	56,0	1649,00	53,0
844,00	56,0	1686,00	51,0



TABLA C.92. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1713,00	50,0	1806,00	47,0
1745,00	49,0	1837,00	47,0
1778,00	49,0	1861,00	45,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,00 ± 0,05) mmHg



TABLA C.93.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	21,0	865,00	69,0
63,00	22,0	900,00	69,0
85,00	23,0	936,00	70,0
123,00	25,0	968,00	70,0
159,00	26,0	989,00	70,0
184,00	27,0	1024,00	71,0
216,00	29,0	1058,00	71,0
242,00	30,0	1081,00	71,0
269,00	31,0	1117,00	72,0
308,00	33,0	1142,00	72,0
340,00	35,0	1170,00	72,0
371,00	38,0	1205,00	72,0
410,00	41,0	1232,00	71,0
426,00	46,0	1264,00	71,0
457,00	49,0	1295,00	71,0
484,00	50,0	1322,00	70,0
512,00	51,0	1349,00	69,0
548,00	52,0	1384,00	69,0
580,00	54,0	1407,00	69,0
601,00	55,0	1445,00	68,0
627,00	56,0	1473,00	68,0
662,00	58,0	1506,00	67,0
689,00	59,0	1527,00	66,0
724,00	60,0	1561,00	66,0
748,00	62,0	1591,00	65,0
783,00	65,0	1625,00	65,0
815,00	67,0	1650,00	65,0
842,00	69,0	1684,00	65,0



TABLA C.93. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1718,00	64,0	1804,00	62,0
1747,00	64,0	1833,00	62,0
1769,00	63,0	1861,00	61,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,00 ± 0,05) mmHg



TABLA C.94.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	24,0	879,00	57,0
60,00	24,0	907,00	59,0
90,00	24,0	926,00	61,0
122,00	25,0	968,00	63,0
145,00	26,0	1002,00	65,0
189,00	27,0	1027,00	67,0
217,00	28,0	1064,00	69,0
244,00	29,0	1085,00	70,0
281,00	31,0	1112,00	70,0
305,00	33,0	1146,00	70,0
332,00	35,0	1170,00	70,0
366,00	37,0	1201,00	69,0
393,00	38,0	1225,00	68,0
421,00	39,0	1269,00	67,0
451,00	41,0	1286,00	67,0
485,00	42,0	1326,00	67,0
504,00	42,0	1344,00	66,0
547,00	43,0	1380,00	65,0
569,00	45,0	1413,00	65,0
608,00	47,0	1445,00	64,0
640,00	48,0	1476,00	63,0
671,00	48,0	1502,00	62,0
705,00	49,0	1527,00	61,0
722,00	51,0	1565,00	60,0
746,00	52,0	1584,00	59,0
785,00	53,0	1621,00	59,0
817,00	54,0	1651,00	57,0
844,00	55,0	1685,00	55,0



TABLA C.94. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-03-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
1709,00	54,0	1809,00	50,0
1748,00	53,0	1829,00	48,0
1767,00	51,0	1866,00	47,0

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,00 ± 0,05) mmHg



TABLA C.95.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	1270,00	50,0
60,00	25,0	1370,00	52,0
120,00	26,0	1430,00	53,0
180,00	26,0	1470,00	54,0
240,00	26,0	1500,00	55,0
300,00	26,0	1550,00	55,0
360,00	26,0	1580,00	56,0
420,00	27,0	1650,00	57,0
450,00	28,0	1660,00	57,0
491,00	29,0	1720,00	58,0
550,00	30,0	1780,00	59,0
575,00	31,0	1840,00	60,0
610,00	32,0	1900,00	60,0
649,00	33,0	1960,00	60,0
675,00	34,0	2020,00	61,0
730,00	35,0	2080,00	61,0
760,00	36,0	2140,00	61,0
800,00	37,0	2200,00	61,0
850,00	38,0	2260,00	61,0
880,00	39,0	2320,00	61,0
910,00	40,0	2380,00	60,0
940,00	41,0	2440,00	60,0
980,00	42,0	2500,00	59,0
1030,00	43,0	2579,00	58,0
1055,00	44,0	2640,00	58,0
1140,00	46,0	2660,00	58,0
1200,00	47,0	2720,00	58,0
1245,00	49,0	2780,00	58,0



TABLA C.95. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-1-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
2840,00	57,0	3650,00	52,0
2900,00	57,0	3770,00	48,0
2970,00	56,0	3800,00	46,0
3020,00	56,0	3840,00	45,0
3080,00	56,0	3902,00	44,0
3110,00	55,0	3960,00	42,0
3197,00	55,0	4020,00	40,0
3257,00	54,0	4080,00	40,0
3340,00	53,0	4140,00	40,0
3440,00	53,0	4200,00	40,0
3560,00	52,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,20 ± 0,05) mmHg



TABLA C.96.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	1674,00	55,0
69,00	25,0	1682,00	55,0
115,00	25,0	1743,00	55,0
182,00	26,0	1801,00	57,0
228,00	26,0	1870,00	58,0
310,00	27,0	1865,00	58,0
372,00	27,0	1989,00	60,0
425,00	28,0	2052,00	61,0
479,00	29,0	2104,00	61,0
541,00	30,0	2173,00	61,0
620,00	32,0	2218,00	60,0
656,00	33,0	2283,00	60,0
731,00	34,0	2346,00	60,0
783,00	35,0	2407,00	60,0
845,00	36,0	2453,00	60,0
909,00	38,0	2530,00	59,0
972,00	40,0	2592,00	59,0
1035,00	41,0	2634,00	58,0
1083,00	42,0	2707,00	57,0
1146,00	43,0	2768,00	57,0
1206,00	45,0	2829,00	57,0
1257,00	45,0	2895,00	57,0
1325,00	47,0	2937,00	56,0
1386,00	48,0	3003,00	56,0
1444,00	50,0	3070,00	55,0
1489,00	51,0	3125,00	55,0
1565,00	52,0	3129,00	55,0
1626,00	53,0	3188,00	55,0



TABLA C.96. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-2-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
3247,00	54,0	3723,00	49,0
3306,00	53,0	3789,00	48,0
3343,00	52,0	3837,00	47,0
3440,00	52,0	3901,00	46,0
3490,00	52,0	3950,00	44,0
3555,00	51,0	4020,00	42,0
3606,00	51,0	4086,00	40,0
3656,00	50,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,20 ± 0,05) mmHg



TABLA C.97.
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
0,00	25,0	1669,00	49,0
75,00	25,0	1742,00	50,0
122,00	26,0	1811,00	51,0
179,00	26,0	1850,00	53,0
235,00	26,0	1916,00	54,0
301,00	27,0	1990,00	57,0
363,00	27,0	2040,00	58,0
415,00	28,0	2106,00	59,0
490,00	28,0	2167,00	60,0
555,00	29,0	2229,00	61,0
600,00	30,0	2289,00	61,0
655,00	31,0	2338,00	62,0
708,00	32,0	2405,00	62,0
785,00	33,0	2466,00	62,0
843,00	34,0	2527,00	62,0
904,00	35,0	2588,00	61,0
966,00	36,0	2646,00	61,0
1029,00	37,0	2703,00	59,0
1088,00	38,0	2754,00	59,0
1137,00	38,0	2823,00	59,0
1204,00	39,0	2890,00	59,0
1267,00	40,0	2952,00	58,0
1323,00	41,0	3015,00	58,0
1376,00	42,0	3069,00	57,0
1443,00	42,0	3140,00	57,0
1503,00	43,0	3186,00	57,0
1559,00	45,0	3231,00	56,0
1624,00	47,0	3305,00	55,0



TABLA C.97. (Continuación)
DATOS DEL PERFIL DE TEMPERATURA DE LA
REACCIÓN PARA LA MUESTRA LAB-3-04-D

Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C	Tiempo (t ± 0,01) s	Temperatura (T ± 0,5) °C
3375,00	54,0	3845,00	47,0
3422,00	53,0	3909,00	47,0
3489,00	53,0	3907,00	46,0
3547,00	52,0	3962,00	45,0
3593,00	51,0	4021,00	44,0
3661,00	50,0	4082,00	44,0
3740,00	49,0	4150,00	43,0
3780,00	47,0		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (714,20 ± 0,05) mmHg

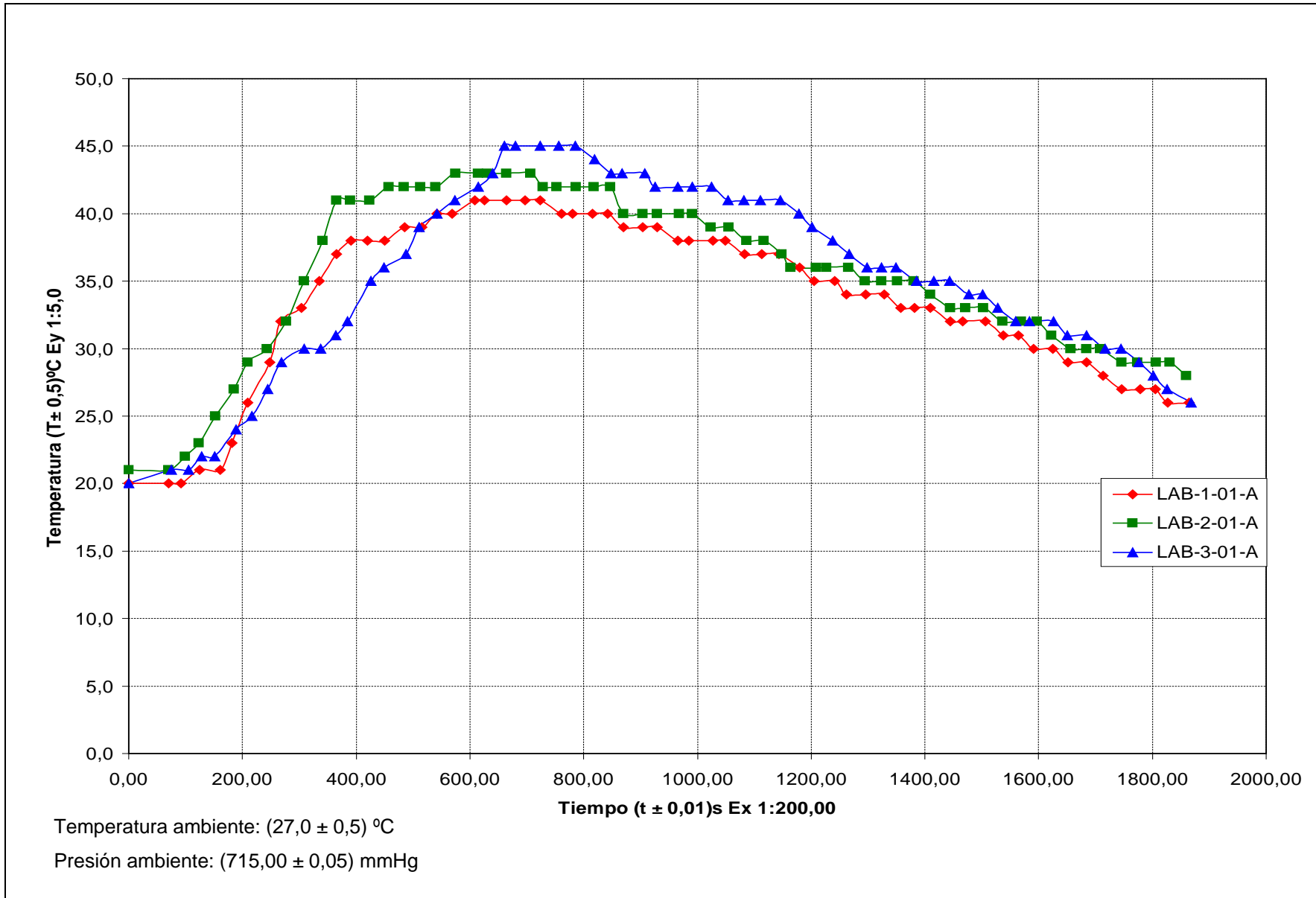




Figura C.1. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-01-A

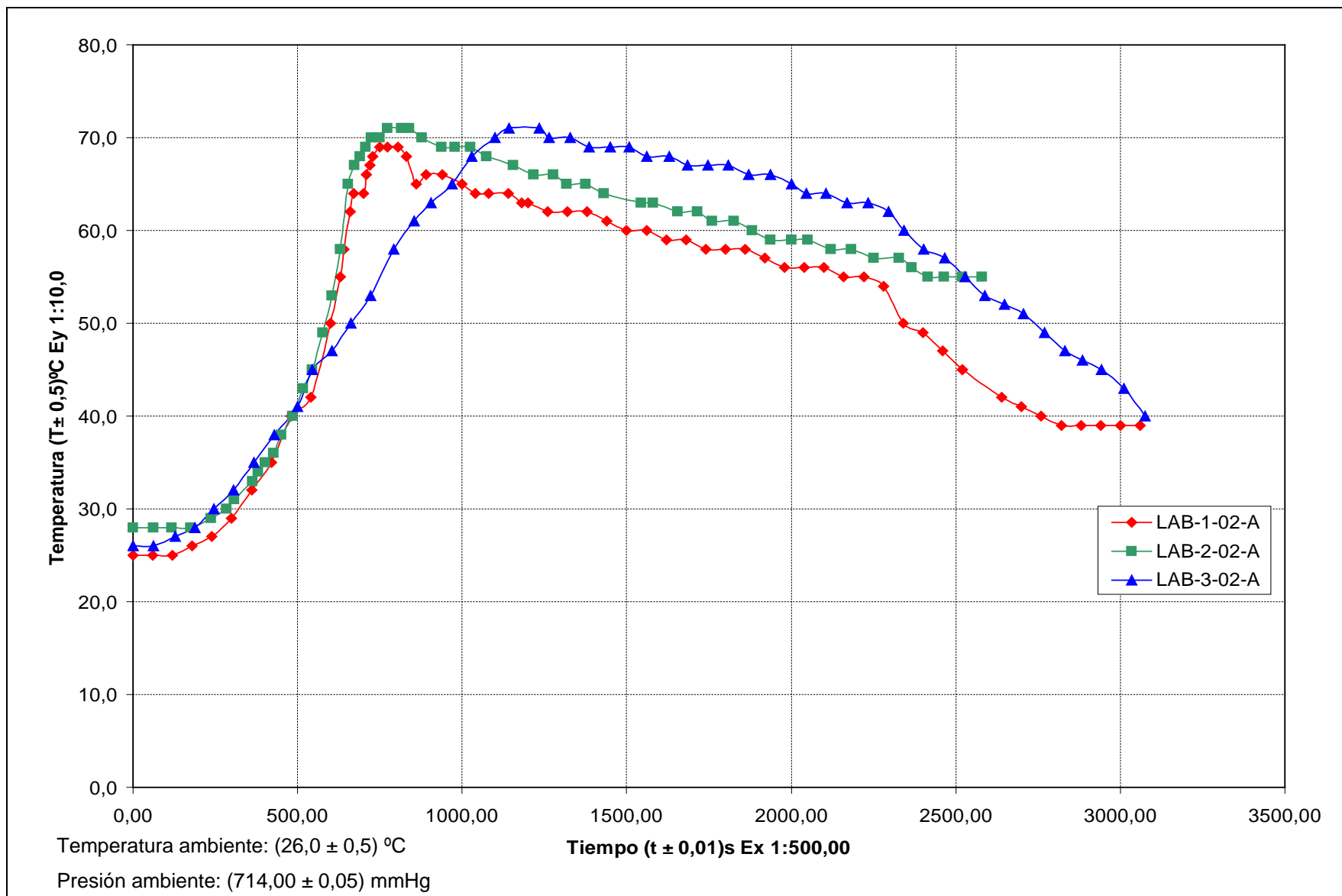


Figura C.2. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-02-A

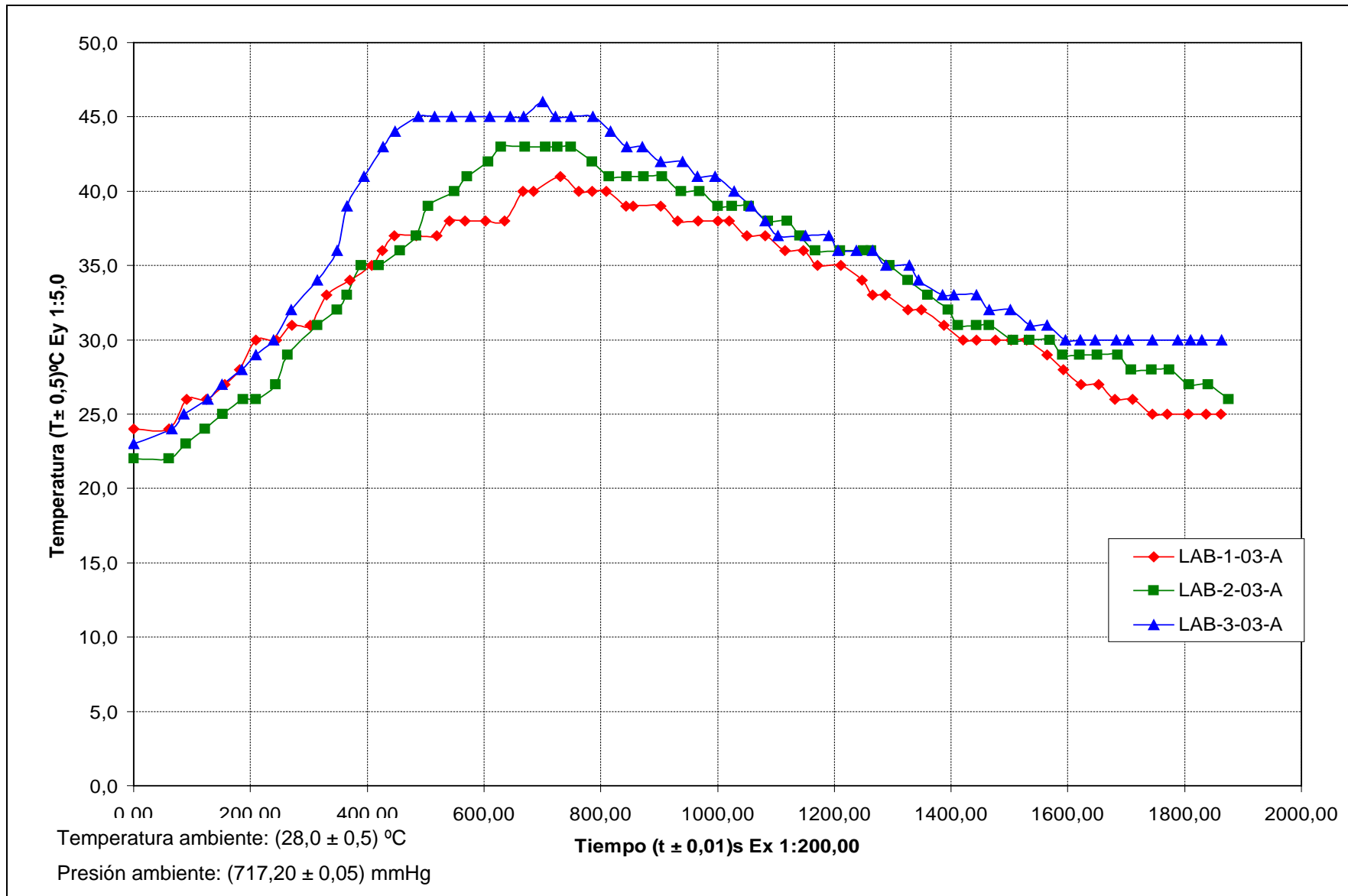


Figura C.3. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-03-A

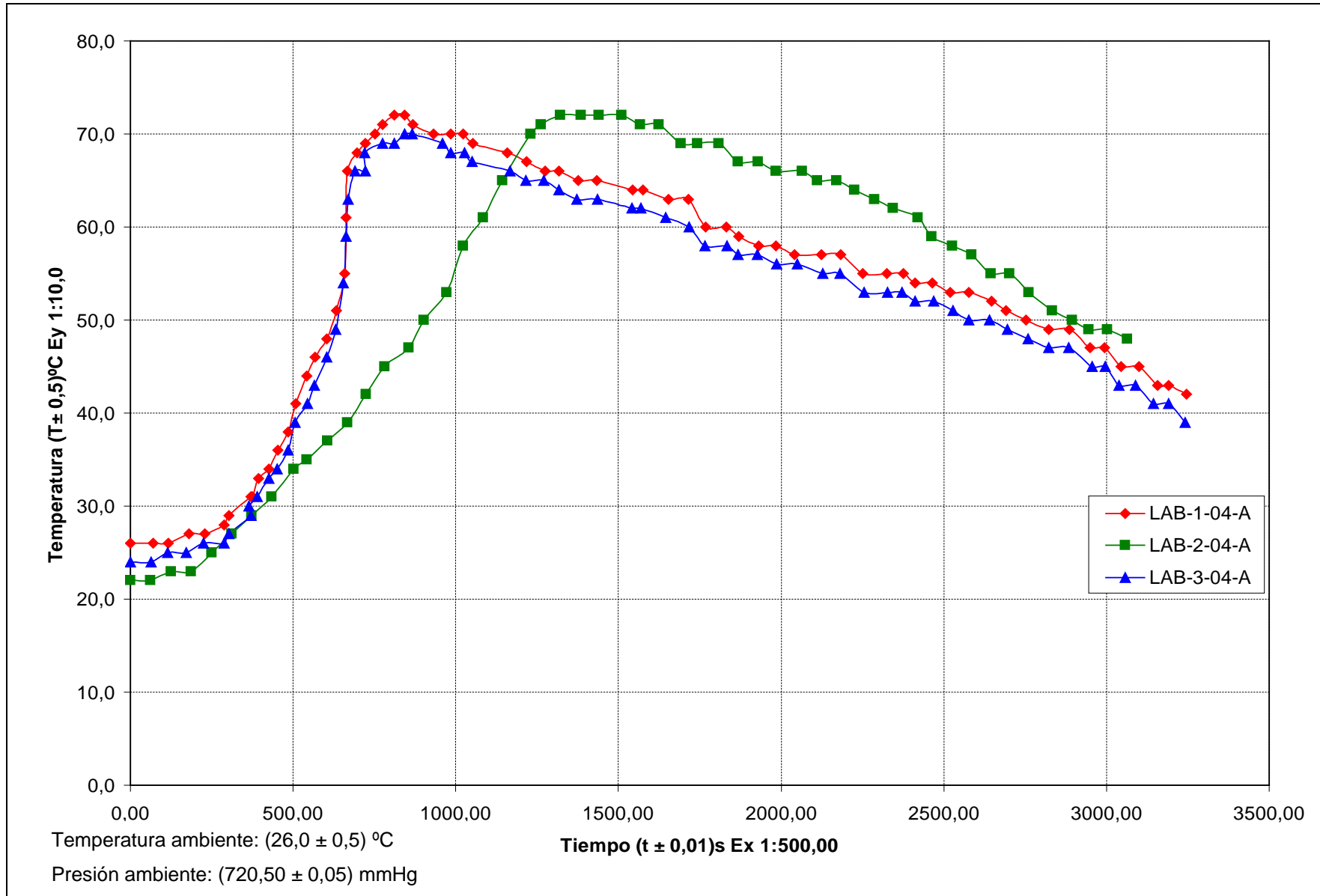


Figura C.4. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-04-A

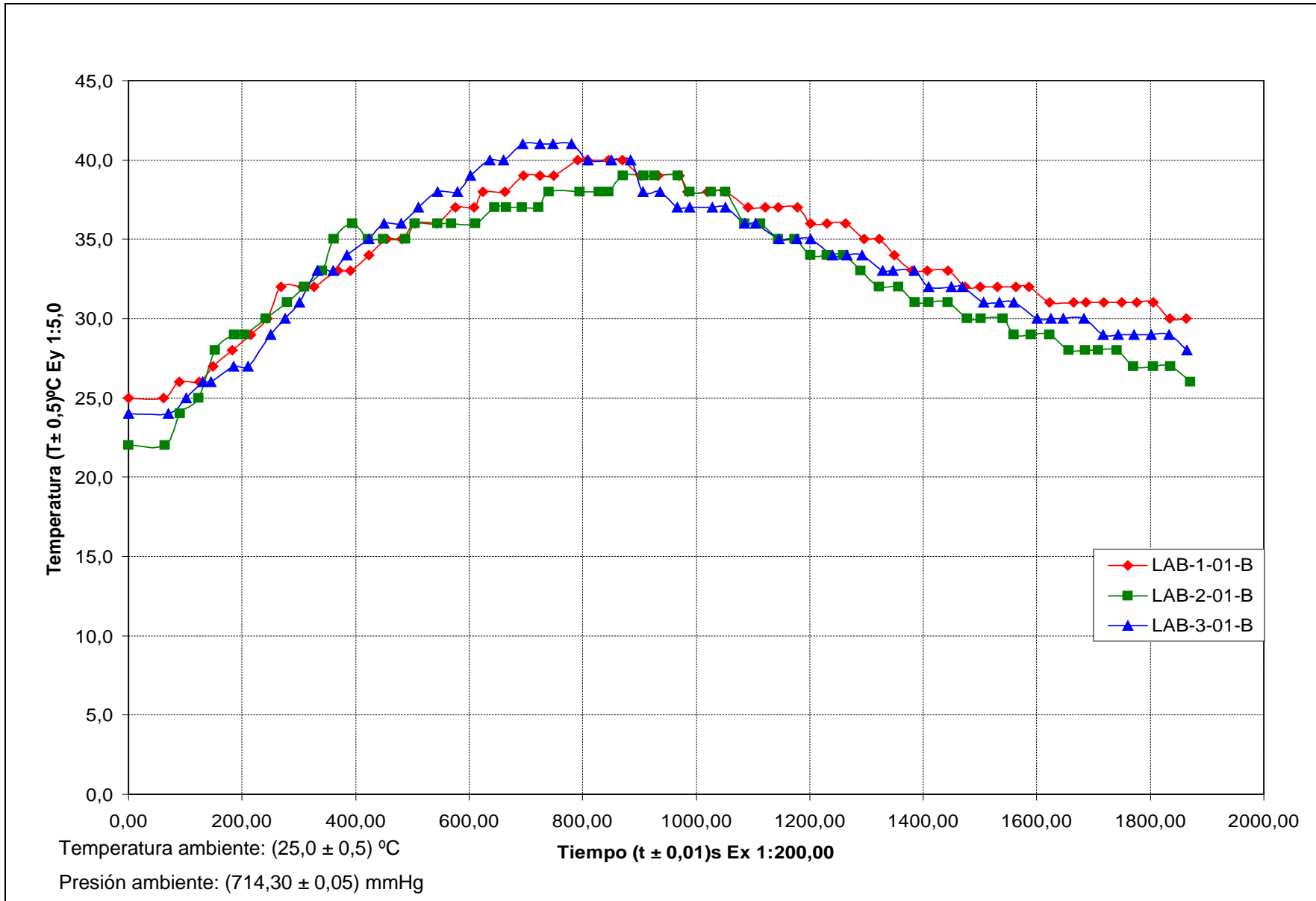




Figura C.5. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-01-B

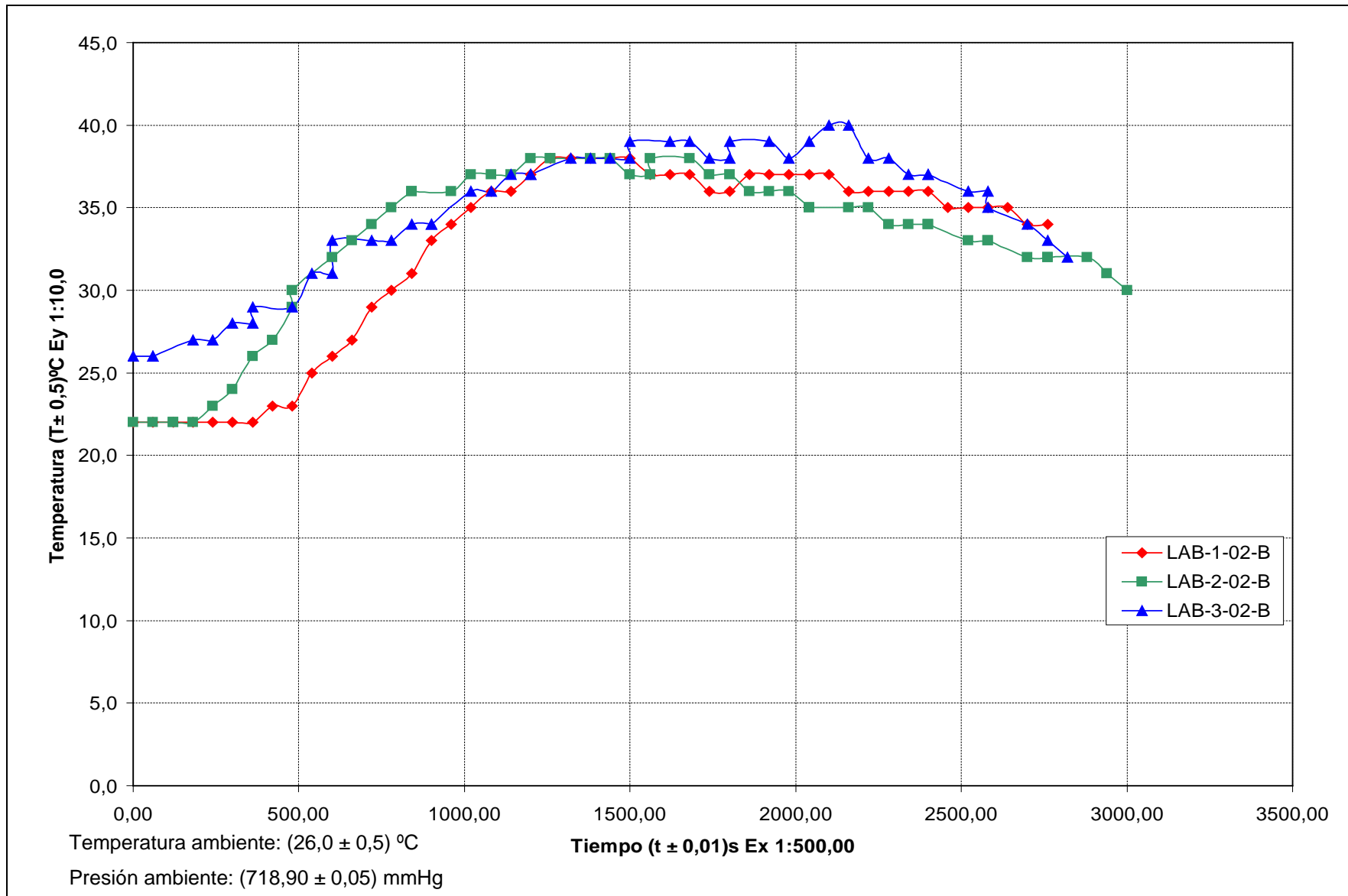


Figura C.6. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-02-B

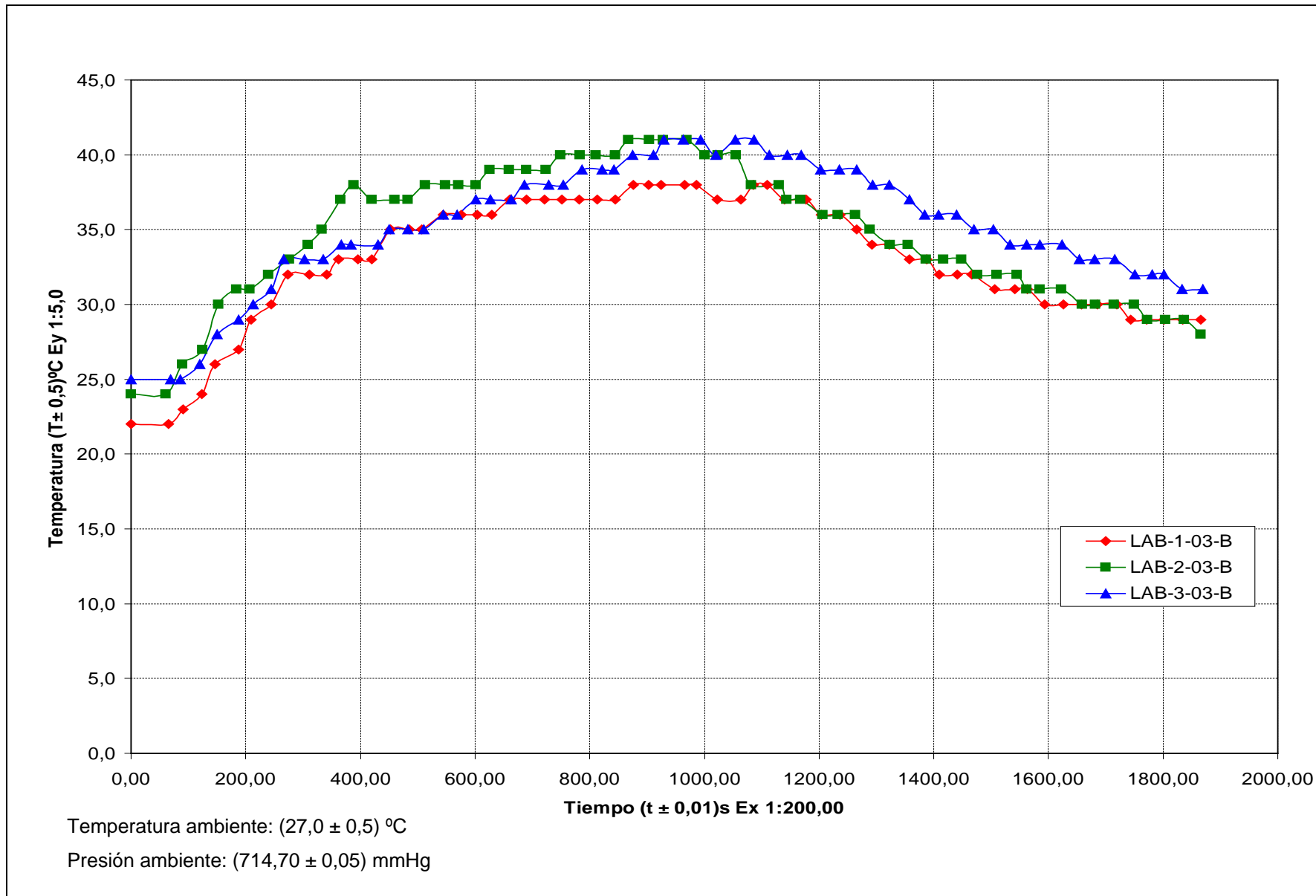




Figura C.7. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-03-B

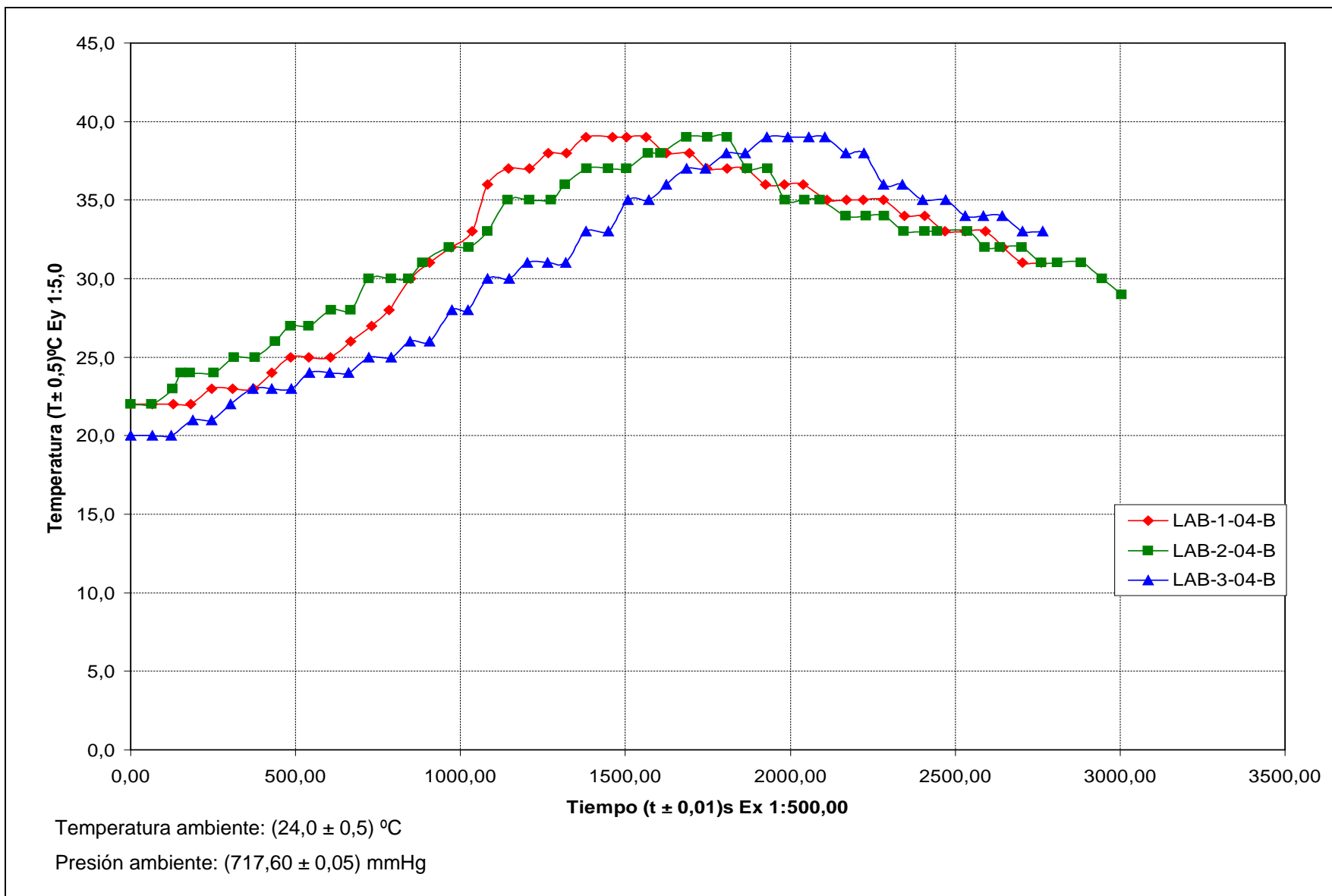


Figura C.8. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-04-B

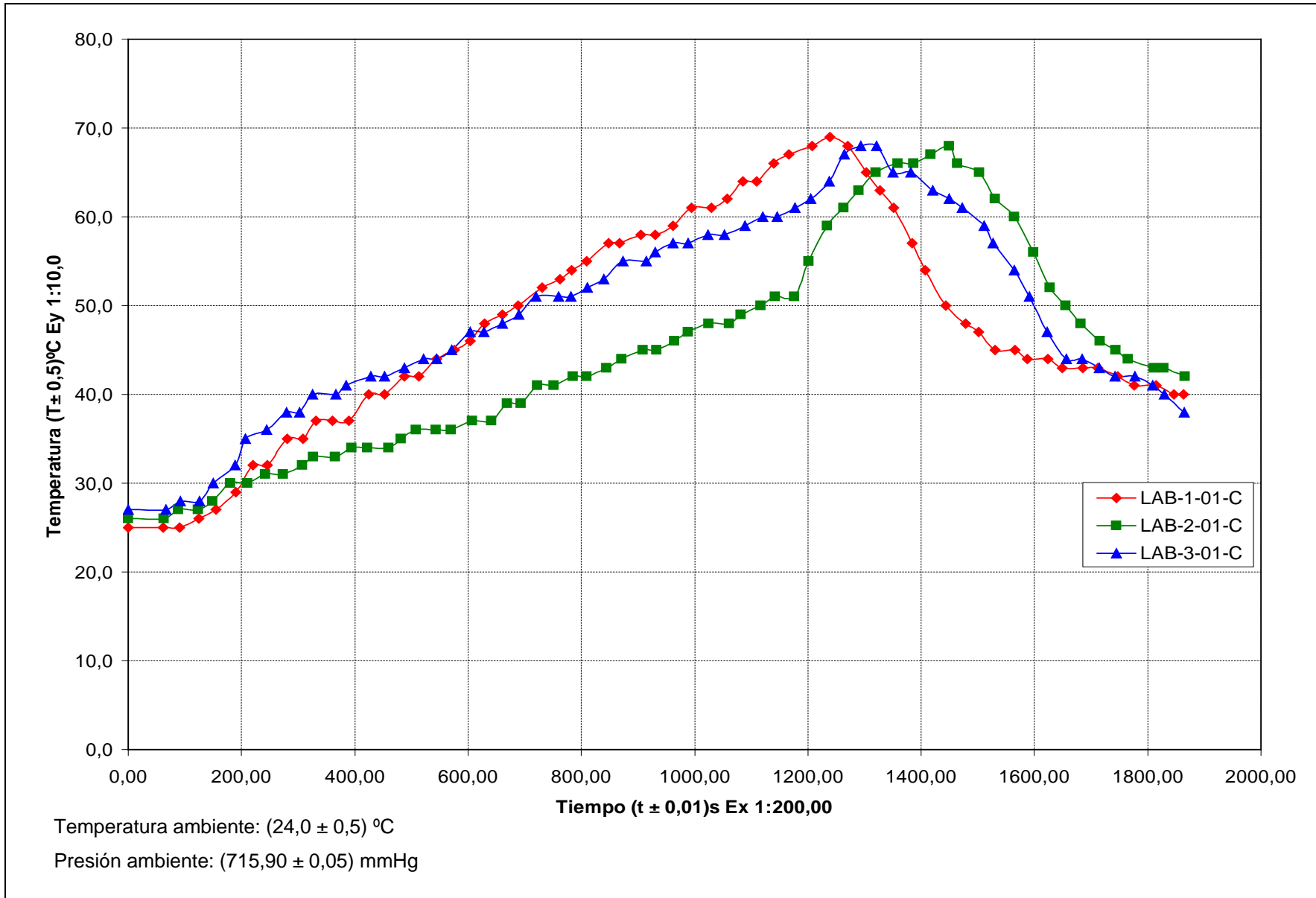




Figura C.9. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-01-C

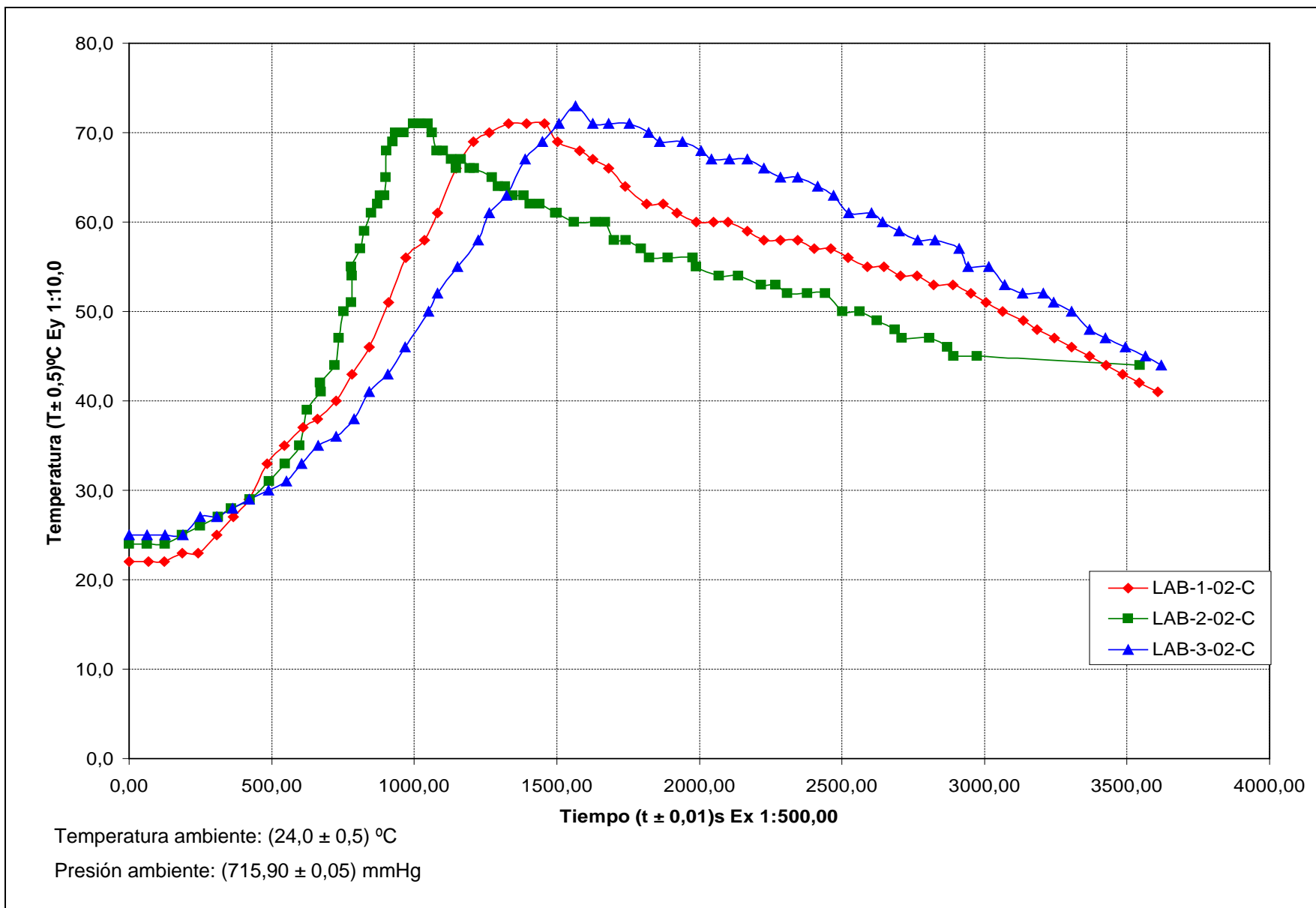




Figura C.10. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-02-C

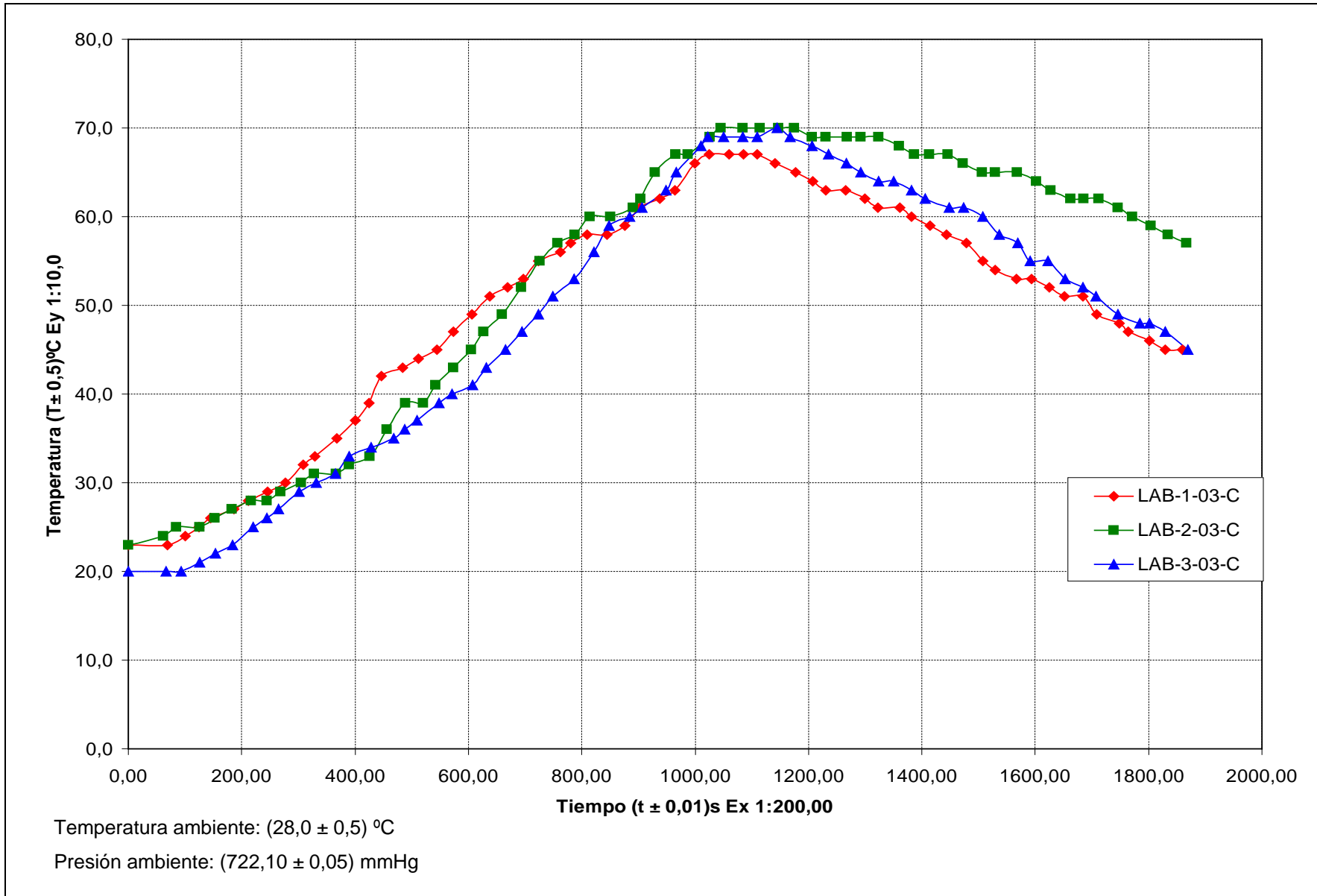




Figura C.11. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-03-C

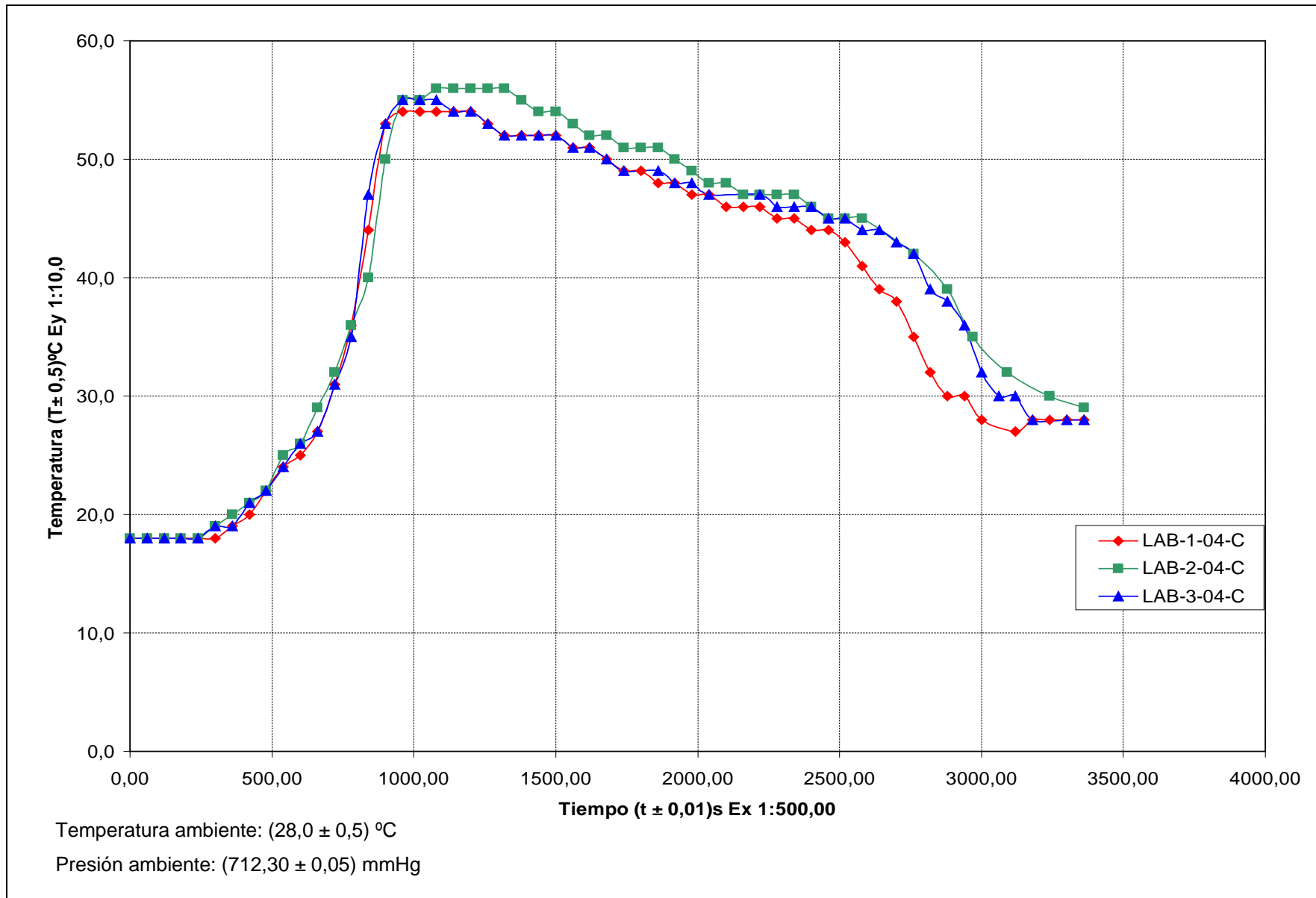




Figura C.12. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-04-C

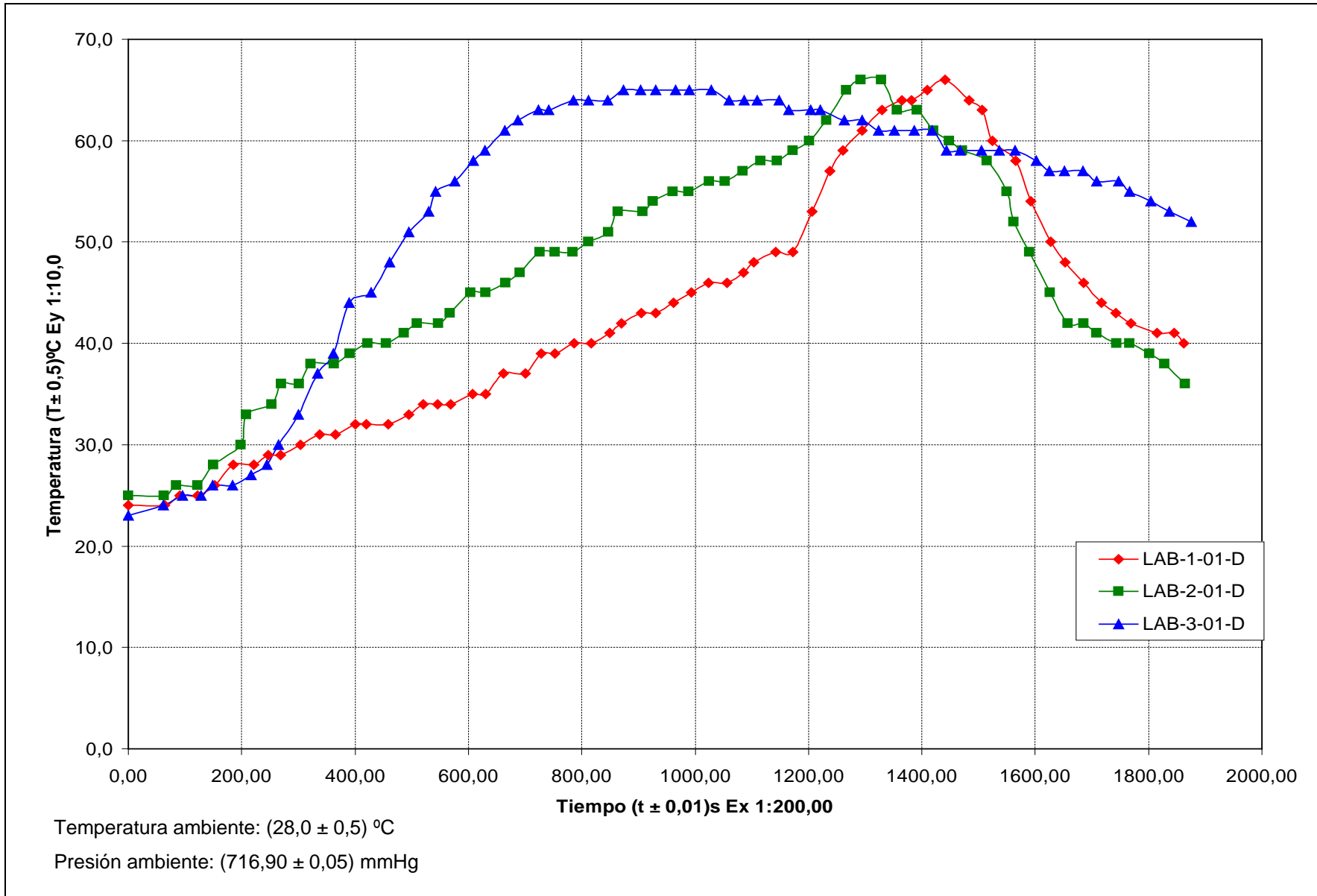




Figura C.13. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-01-D

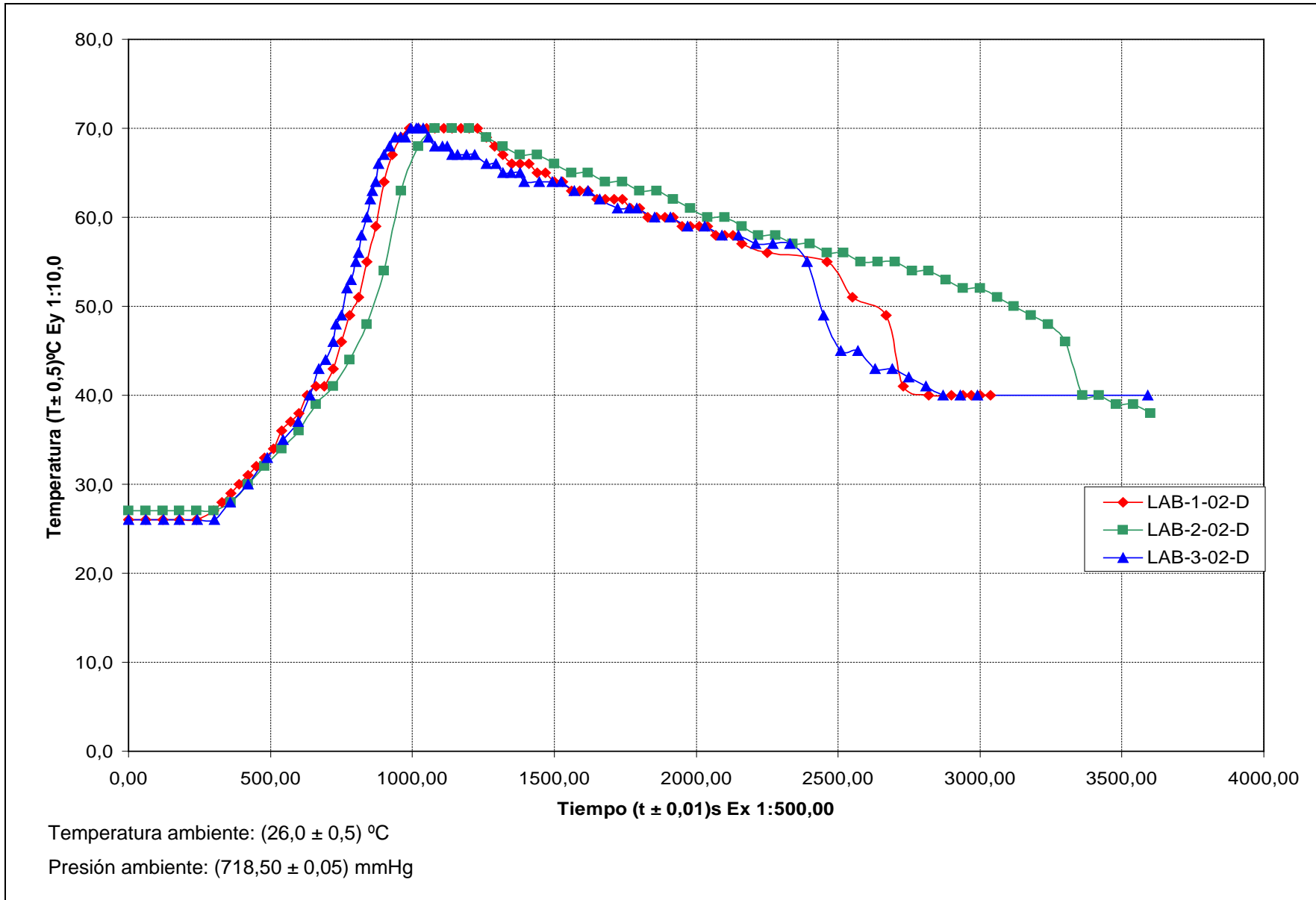




Figura C.14. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-02-D

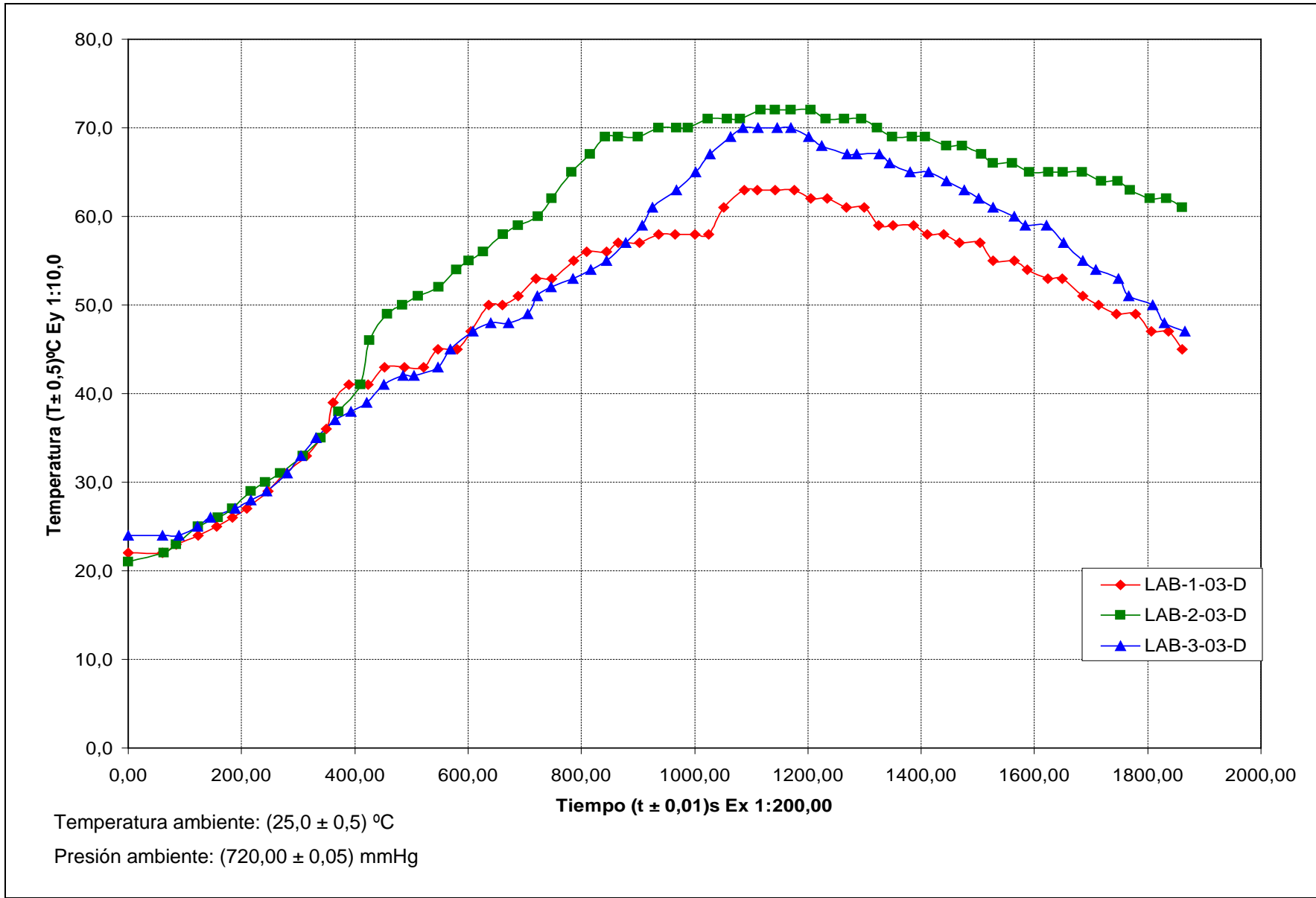




Figura C.15. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-03-D

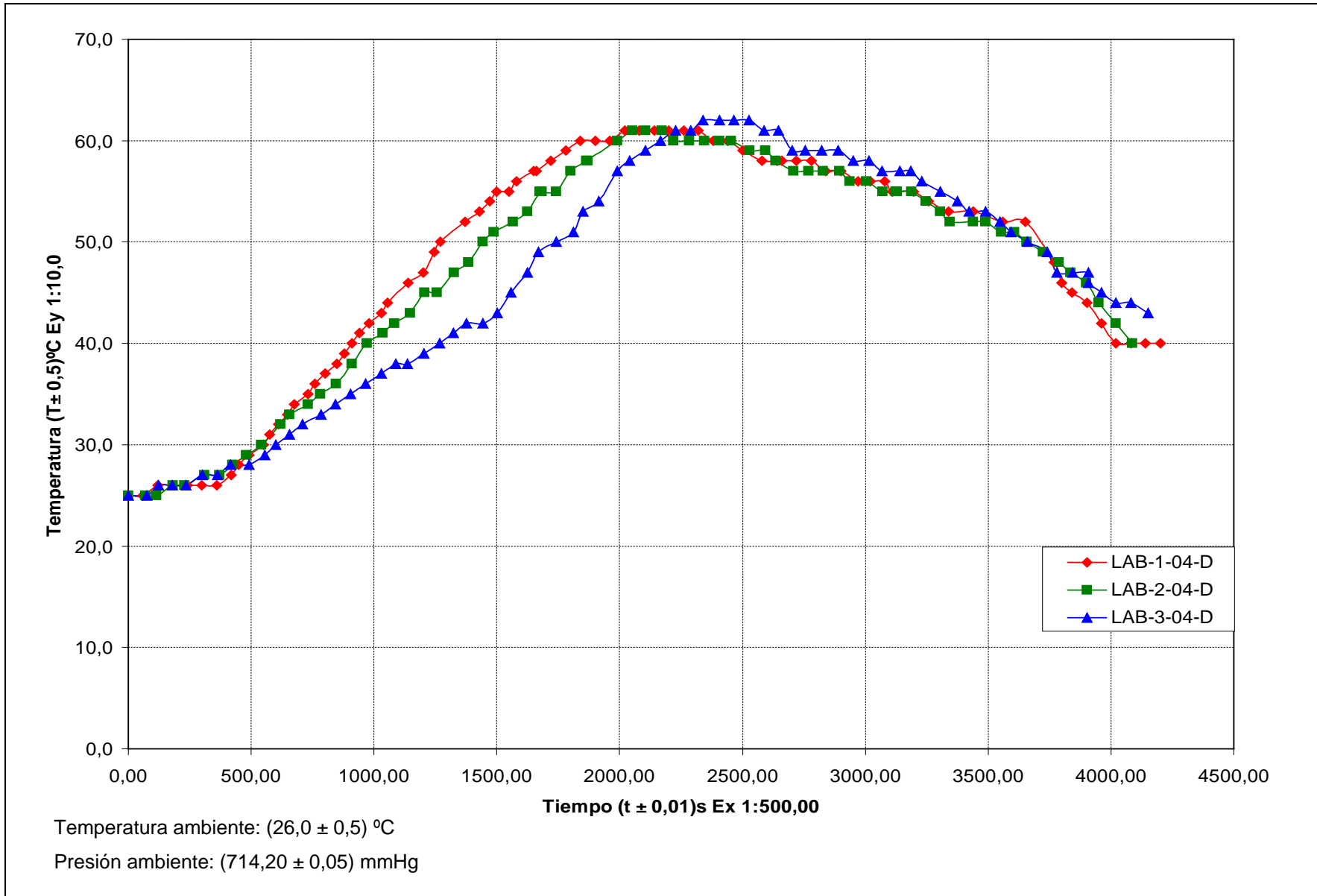




Figura C.16. Perfil de temperatura en función del tiempo de la muestra LAB-04-D

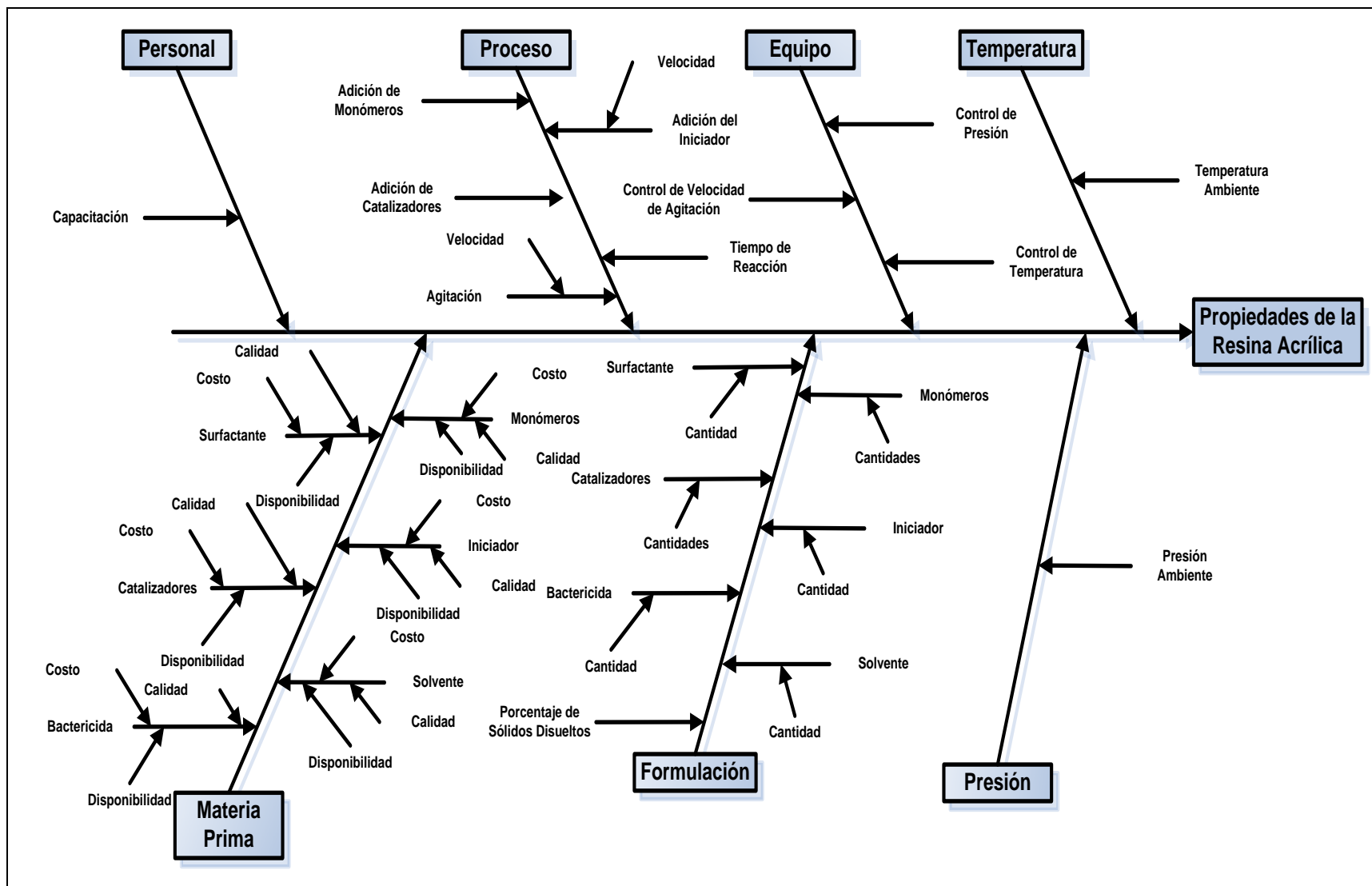


Figura D.1. Diagrama causa – efecto de las variables que afectan las propiedades de la resina acrílica espesante.



TABLA E.1.
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE HIDROXIETILCELULOSA-AGUA
A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Cantidad de Espesante ($C_E \pm 0,01$) g	1,00	2,00	2,50
Cantidad de Agua ($C_A \pm 0,01$) g	99,00	98,00	97,50
pH ($pH \pm 0,1$)	7,7	7,4	7,2
Viscosidad ($\mu \pm 1200$)cP	6900	132000	272667
Aguja empleada en la Medición	LV-4	LV-4	LV-4
Velocidad de la Aguja (rpm $\pm 0,1$)	30,0	1,5	1,5
Tiempo de adsorción ($T \pm 0,01$)s	1921,00	2286,00	2456
Aspecto	Sustancia grisácea gelatinosa un tanto viscosa	Sustancia grisácea clara, gelatinosa y viscosa	Sustancia grisácea muy clara, gelatinosa y viscosa

Temperatura ambiente: $(28,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(717,20 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA E.1. (Continuación)
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE HIDROXIETILCELULOSA-AGUA
A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Cantidad de Espesante ($C_E \pm 0,01$) g	3,00	4,00	5,00
Cantidad de Agua ($C_A \pm 0,01$) g	97,00	96,00	95,00
pH ($pH \pm 0,1$)	7,4	7,6	7,7
Viscosidad ($\mu \pm 24000$)cP	1500000	3640000	6040000
Aguja empleada en la Medición	LV-4	RV-7	RV-7
Velocidad de la Aguja (rpm $\pm 0,1$)	0,3	0,5	0,5
Tiempo de adsorción ($T \pm 0,01$)s	2523,00	3307,80	3612,00
Aspecto	Sustancia amarillosa gelatinosa y muy viscosa	Pasta amarillosa gruesa y altamente viscosa	Pasta amarillosa gruesa y exageradamente viscosa

Temperatura ambiente: $(28,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(717,20 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA E.2.
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE RESINA ACRÍLICA SELECCIONADA -
AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Cantidad de Espesante ($C_E \pm 0,01$) g	1,00	2,00	3,00
Cantidad de Agua ($C_A \pm 0,01$) g	99,00	98,00	97,00
Volumen de Amoniaco ($V_{NH_4} \pm 0,05$) mL	0,9	1,1	1,6
pH ($pH \pm 0,1$)	8,5	8,3	8,3
Viscosidad ($\mu \pm 3$)cP	5	7,666	43,33
Aguja empleada en la Medición	LV-1	LV-1	LV-2
Velocidad de la Aguja (rpm $\pm 0,1$)	60,0	60,0	30,0
Aspecto	Sustancia blanca no viscosa	Sustancia blanca no viscosa	Sustancia blanca no viscosa

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(720,50 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA E.2. (Continuación)
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE RESINA ACRÍLICA SELECCIONADA -
AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Cantidad de Espesante ($C_E \pm 0,01$) g	4,00	5,00	6,00
Cantidad de Agua ($C_A \pm 0,01$) g	96,00	95,00	94,00
Volumen de Amoniaco ($V_{NH_4} \pm 0,05$) mL	2,0	2,5	3,0
pH ($pH \pm 0,1$)	8,2	8,2	8,4
Viscosidad ($\mu \pm 300$)cP	150	350	4400
Aguja empleada en la Medición	LV-2	LV-2	LV-4
Velocidad de la Aguja (rpm $\pm 0,1$)	30,0	30,0	6,0
Aspecto	Sustancia blanca y muy levemente viscosa	Sustancia blanca y muy levemente viscosa	Sustancia blanca gelatinosa un tanto viscosa

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$

Presión ambiente: $(720,50 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA E.2. (Continuación)
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE RESINA ACRÍLICA SELECCIONADA -
AGUA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

Cantidad de Espesante ($C_E \pm 0,01$) g	7,00	8,00	9,00	10,00
Cantidad de Agua ($C_A \pm 0,01$) g	93,00	92,00	91,00	90,00
Volumen de Amoniaco ($V_{NH_4} \pm 0,05$) mL	3,2	3,8	4,2	5
pH ($pH \pm 0,1$)	8,3	8,4	8,2	8,7
Viscosidad ($\mu \pm 1200$)cP	24000	32000	166000	192000
Aguja empleada en la Medición	LV-3	LV-3	LV-4	LV-4
Velocidad de la Aguja ($rpm \pm 0,1$)	3,0	0,3	1,5	1,5
Aspecto	Sustancia gelatinosa azul clara brillante y viscosa	Sustancia gelatinosa azul clara brillante y viscosa	Sustancia incolora, gelatinosa y viscosa	Sustancia traslucida, gelatinosa y viscosa

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(720,50 \pm 0,05)$ mmHg



TABLA E.3.
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE BASE BLANCA EMPLEANDO COMO
ESPESTANTES HIDROXETILCELULOSA Y LA RESINA ACRÍLICA
SINTETIZADA A DIFERENTES CONCENTRACIONES

	HEC	RA-UC
Cantidad de Espesante (C_E ± 0,01) g	2,00	9,40
Cantidad de Base empleada (C_B ± 0,01) g	200,00	200,00
Volumen de Amoniaco (V_{nh4} ± 0,05) mL	0,8	2,0
pH (pH ± 0,1)	8,3	8,2
Viscosidad (μ ± 60)cP	5400	5267
Aguja empleada en la Medición	LV-4	LV-4
Velocidad de la Aguja (rpm ± 0,1)	30,0	30
Tiempo de adsorción (T ± 0,01)s	1707,60	-----
Aspecto	Sustancia blanca un tanto viscosa	Sustancia blanca un tanto viscosa

Temperatura ambiente: (25,0 ± 0,5) °C

Presión ambiente: (720,00 ± 0,05) mmHg

TABLA E.4.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FISICAS DE LA MUESTRA LAB-01A
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,2	8,3	8,4
	8,1	8,4	8,3
	8,1	8,3	8,4
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	38,00	38,00	38,00
	38,50	37,50	39,00
	38,50	38,00	38,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.5.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FISICAS DE LA MUESTRA LAB-02A
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,4	8,3	8,4
	8,3	8,4	8,4
	8,4	8,4	8,5
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	48,50	49,00	48,50
	48,00	49,00	49,00
	48,00	48,50	48,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.6.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-03A
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,5	8,3	8,4
	8,4	8,3	8,5
	8,4	8,4	8,5
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	30,50	31,50	31,00
	31,00	30,50	31,50
	31,00	31,00	31,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.7.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-04A
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,5	8,4	8,3
	8,5	8,2	8,2
	8,4	8,3	8,3
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	37,50	37,50	36,0
	36,50	37,50	37,00
	37,00	37,00	37,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.8.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-01B
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,2	8,5	8,2
	8,3	8,4	8,1
	8,3	8,3	8,2
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	35,50	35,50	35,50
	35,00	35,50	34,50
	34,50	35,00	36,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.9.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-02B
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,4	8,4	8,4
	8,5	8,5	8,3
	8,4	8,3	8,3
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	44,00	45,00	45,00
	44,50	44,50	44,50
	45,00	45,00	45,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.10.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-03B
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,2	8,5	8,4
	8,5	8,5	8,5
	8,4	8,5	8,5
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	26,50	26,00	26,00
	26,00	26,50	26,50
	26,50	26,50	26,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.11.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-04B
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,3	8,4	8,5
	8,4	8,5	8,5
	8,3	8,4	8,6
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	32,50	31,50	32,00
	32,00	32,00	32,00
	32,50	31,50	31,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 12 factor de ajuste: 500 Temperatura de medición: (28,0 ± 0,5) °C

TABLA E.12.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-01C
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,4	8,5	8,6
	8,5	8,5	8,6
	8,4	8,5	8,6
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	69,00	69,00	69,00
	69,50	69,00	68,50
	70,00	69,50	69,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.13.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-02C
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,6	8,5	8,7
	8,5	8,5	8,7
	8,6	8,5	8,6
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	89,00	89,00	89,00
	89,00	88,50	88,50
	89,00	88,50	88,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.14.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-03C
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,4	8,5	8,5
	8,6	8,5	8,5
	8,4	8,5	8,4
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	58,00	58,00	57,50
	57,50	57,50	58,00
	57,50	58,00	57,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.15.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-04C
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,3	8,5	8,5
	8,5	8,6	8,6
	8,3	8,5	8,6
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	68,00	67,50	67,50
	67,50	68,00	68,00
	67,50	67,50	68,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.16.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-01D
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,4	8,4	8,4
	8,3	8,4	8,5
	8,4	8,3	8,4
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	66,50	66,00	66,50
	66,50	66,50	66,00
	65,50	66,00	66,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.17.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-02D
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,5	8,5	8,4
	8,4	8,5	8,5
	8,3	8,4	8,3
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	83,00	83,00	83,00
	81,50	82,50	83,00
	82,50	83,00	82,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.18.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-03D
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,5	8,4	8,5
	8,5	8,5	8,5
	8,5	8,5	8,4
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	54,00	52,50	54,00
	53,50	54,00	53,50
	54,00	54,00	54,00
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C

TABLA E.19.
CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MUESTRA LAB-04D
DESPUES DE SER SOMETIDA A PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	1	2	3
pH_{Final} (pH_{D.inc} ± 0,1)	8,5	8,3	8,3
	8,4	8,4	8,4
	8,5	8,4	8,3
*Viscosidad de la Muestra (μ_{D.inc} ± 0,3)	62,00	61,50	62,00
	61,50	61,50	61,50
	62,00	62,00	61,50
Aspecto	Gelatinosa, viscosa, incolora a la luz pero de color azul brillante muy claro con poca luz.		
Olor	Un tanto desagradable y penetrante		

Temperatura ambiente: (26,0 ± 0,5) °C Presión ambiente: (717,50 ± 0,05) mmHg

*Aguja empleada: LV-4 rpm: 0.3 factor de ajuste: 20000 Temperatura de medición: (24,0 ± 0,5) °C



TABLA E.20.
VISCOSIDADES DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE LA
RESINA ACRILICA SINTETIZADA

Muestra	Viscosidad		
<u>Lab-01-A</u>	18500,00	18250,00	18416,66
<u>Lab-02-A</u>	23250,00	22916,66	23083,33
<u>Lab-03-A</u>	14500,00	14666,66	14583,33
<u>Lab-04-A</u>	17500,00	17333,33	17250,00
<u>Lab-01-B</u>	16583,33	16666,66	16500,00
<u>Lab-02-B</u>	21083,33	21000,00	21166,66
<u>Lab-03-B</u>	12250,00	12500,00	12583,33
<u>Lab-04-B</u>	15250,00	15000,00	15083,33
<u>Lab-01-C</u>	1350000,00	1343333,33	1330000,00
<u>Lab-02-C</u>	1720000,00	1713333,33	1716666,66
<u>Lab-03-C</u>	1090000,00	1093333,33	1090000,00
<u>Lab-04-C</u>	1310000,00	1313333,33	1306666,66
<u>Lab-01-D</u>	1280000,00	1280000,00	1283333,33
<u>Lab-02-D</u>	1600000,00	1603333,33	1600000,00
<u>Lab-03-D</u>	1020000,00	1023333,33	1036666,66
<u>Lab-04-D</u>	1190000,00	1190000,00	1186666,67



TABLA E.21.
VISCOSIDADES DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE LA RESINA ACRILICA
SINTETIZADA, DESPUES DE SER SOMETIDAS A
PERIODO DE INCUBACIÓN

Muestra	Viscosidad		
<u>Lab-01-A</u>	19166,67	18916,67	19250,00
<u>Lab-02-A</u>	24083,33	24416,67	24333,33
<u>Lab-03-A</u>	15416,67	15500,00	15583,33
<u>Lab-04-A</u>	18500,00	18666,67	18333,33
<u>Lab-01-B</u>	17500,00	17666,67	17666,67
<u>Lab-02-B</u>	22250,00	22416,67	22500,00
<u>Lab-03-B</u>	13166,67	13166,67	13083,33
<u>Lab-04-B</u>	16166,67	15833,33	15916,67
<u>Lab-01-C</u>	1390000,00	1383333,33	1376666,67
<u>Lab-02-C</u>	1780000,00	1773333,33	1770000,00
<u>Lab-03-C</u>	1153333,33	1156666,67	1150000,00
<u>Lab-04-C</u>	1353333,33	1353333,33	1356666,67
<u>Lab-01-D</u>	1323333,33	1323333,33	1326666,67
<u>Lab-02-D</u>	1646666,67	1656666,67	1656666,67
<u>Lab-03-D</u>	1076666,67	1070000,00	1076666,67
<u>Lab-04-D</u>	1236666,67	1233333,33	1233333,33

Temperatura ambiente: $(26,0 \pm 0,5)$ °C

Presión ambiente: $(717,50 \pm 0,05)$ mmHg



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta una descripción detallada del problema que se persigue resolver con el presente trabajo, así como la situación actual del proceso y la situación deseada del mismo, los objetivos planteados, la justificación y las limitaciones de la investigación a realizar.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa patrocinante de la investigación se especializa en la fabricación de pinturas y productos para cerámicas al frío y manualidades, en general. Nace en el año 1990, a raíz de la iniciativa de una familia venezolana, interesada en el área, que decidió hacer un producto netamente venezolano, que cubriera las expectativas de calidad, variedad, precio y servicio. Desde entonces, con gran optimismo y entusiasmo en el desarrollo industrial de nuestro país, esta organización comienza a desarrollar una serie de productos destinados al campo de las manualidades.

Hoy, la empresa cuenta con una amplia planta ubicada en el Estado Aragua, Zona Industrial San Vicente I de Maracay, Av. Antón Phillips, en la cual se elabora una gran gama de productos, con el apoyo de modernas maquinarias y materias primas de alta calidad.

Esta empresa posee un departamento de fabricación industrial, donde se elaboran dispersiones de pigmentos y resinas tipo vinílicas, acrovinílicas y acrílicas; cuenta también, con equipos de ayuda para los diversos procesos, tales como caldera de vapor, enfriador (chiller), planta eléctrica de emergencia, dispersores, homogeneizadores, tanques de pastas, entre otros. Además, posee un departamento técnico que dispone de un laboratorio de desarrollo y control de calidad, con personal calificado. Cuenta, también, con un departamento artístico, donde se evalúan cada uno de los productos y se desarrollan técnicas de aplicación, que permite a los clientes aprovechar de mejor forma los productos.



Dicha empresa está enfocada a la fabricación de productos de calidad, reconocida a nivel nacional e internacional, en el área de la fabricación de pinturas artísticas. Esta industria se preocupa por innovar y fabricar productos que satisfagan las necesidades más exigentes del mercado. La demanda principal de los productos desarrollados va dirigida hacia industrias de recubrimiento y acabado en madera, vidrio, cerámica y textil, así como también, a la industria de la pintura, suministrándole la materia prima para la elaboración de otros tipos de recubrimientos.

Entre los productos con mayor demanda, se encuentran las pinturas acrílicas, pinturas para telas, pinturas para vidrio, pinturas perladas, pinturas metálicas, geles metalizados, geles escarchados, resinas acrílicas, solventes, adhesivos, pegamentos para manualidades y maderas, entre otros.

Toda la amplia gama de productos destinados al recubrimiento y acabado artesanal, mencionados anteriormente, son elaborados con componentes inorgánicos en base acuosa, por lo cual requieren de la adición de un agente espesante para así obtener un producto terminado con las características y propiedades deseadas. Un agente espesante es aquel compuesto orgánico que se adiciona a una sustancia con el fin de incrementar su viscosidad; el espesante utilizado en la empresa es la hidroxietilcelulosa (HEC), conocida comercialmente con el nombre de Natrosol. Este compuesto es un polímero, no iónico, modificado y de alto peso molecular, derivado de la celulosa. Es de fácil ruptura y no se fermenta; además, incrementa la viscosidad de los fluidos. Se le designa como un polímero modificado, debido a que un número apreciable de grupos hidroxilo (-OH), de las unidades de glucosa presentes en la unidad repetitiva, se han sustituido por grupos hidroxietil éter (-OCH₂CH₂OH); estos grupos, más voluminosos, impiden la cristalización de este polímero y el empaquetamiento de las cadenas, lo cual genera que éste sea soluble en agua.

El proceso de la elaboración de pinturas es por carga y consta de varias etapas: acondicionamiento de los equipos y dosificación de la materia prima, mezclado inicial de los componentes, adición del espesante, mezclado final y finalmente, la descarga.



En la etapa de acondicionamiento de los equipos y dosificación de la materia prima, se verifica la limpieza de los tanques de mezclado, así como también, se suministran los componentes de la mezcla en las cantidades especificadas, dentro del tanque.

En la siguiente etapa, se realiza el mezclado inicial de los componentes, obteniéndose un producto intermedio, que posee propiedades de viscosidad bajas por su alto contenido acuoso.

Los pasos siguientes son, la adición del espesante a la mezcla y un proceso de mezclado final. En esta etapa, se suministra la Hidroxietilcelulosa al producto intermedio obtenido en la etapa anterior y, se procede a homogeneizar la mezcla mediante agitación, lo cual es necesario para que el compuesto actúe, ya que el mismo, al entrar en contacto con el agua sus partículas, tiende a aglomerarse, sedimentándose en el fondo del recipiente. En esta etapa del proceso, el Natrosol, al entrar en contacto con la parte acuosa del producto intermedio, se solubiliza y absorbe parte del agua presente en el medio de interacción, mediante la formación de puentes de hidrógeno con los grupos hidroxilos y éteres disponibles, esto hace que todo el sistema se hinche y aumente la viscosidad, pues se “consume” el vehículo (Aqualon, 1985). La etapa final del proceso es la descarga de la mezcla y el posterior almacenamiento de la misma.

El Natrosol es un producto manufacturado en el exterior; sin embargo, se ha desarrollado recientemente, en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencia y Tecnología, de la Universidad de Carabobo, a nivel de laboratorio, la síntesis de Hidroxietilcelulosa (HEC), a partir de Celulosa, extraída de la masa foliar del gamelote (*panicum virgatum*), y Óxido de Etileno, por medio de una copolimerización tipo injerto (Rodrigo, 2006). Esta síntesis aún no ha sido escalada a nivel industrial, por lo que no es posible satisfacer la demanda nacional. En consecuencia, se debe importar la Hidroxietilcelulosa.

En el país existe un solo proveedor de Natrosol, que lo suministra a todo el territorio nacional. Debido a la monopolización del mercado que este proveedor posee, los costos inherentes a la adquisición de este producto se han incrementado notablemente, y dado que el consumo por mes de la empresa, bajo consideración de este producto es de 200 a 400 kilogramos, y el mismo se traduce en egresos cercanos a los 4000 dólares mensuales. El desarrollo de un nuevo producto con propiedades espesantes similares a las del Natrosol y que no modifique las condiciones de operación del proceso sería de gran beneficio para la empresa, ya que reduciría los costos de adquisición de materia prima para el proceso.

Experimentalmente, se conoce que existen ciertos tipos de resinas acrílicas que tienen propiedades espesantes, similares a las que posee el Natrosol; estas resinas son compuestos obtenidos a partir de reacciones de polimerización de monómeros de acrilatos, lo cual genera compuestos de alto peso molecular, con presencia de grupos carboxílicos o derivados y de estructura estable, que tienen como característica principal, el aumento de la viscosidad de los fluidos donde se encuentran diluidos.

Para la síntesis de una resina acrílica, se utiliza un proceso de reacción por carga, el cual consta de una sola etapa de reacción, en la que se suministran los reactivos y los catalizadores a un tanque de reacción y después de un determinado tiempo, se obtiene el producto deseado (Figura 1.1).

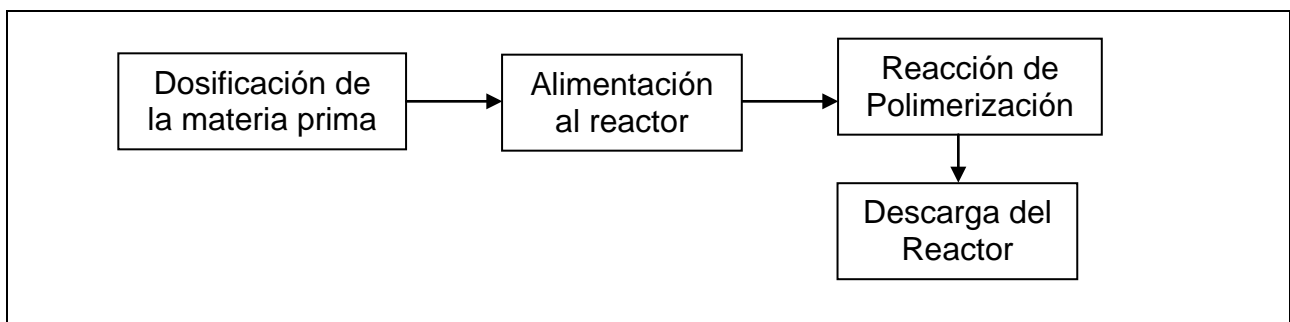


Figura 1.1 Diagrama de bloque del proceso de fabricación de una resina.



La reacción ocurrida dentro del tanque es la polimerización de los monómeros de acrilato reactivos, para producir una resina acrílica. Cabe destacar que, este tipo de reacciones se lleva a cabo en presencia de catalizadores, que permiten acelerar la velocidad de reacción. Además de los catalizadores, se suministran al reactor otros compuestos, como por ejemplo; surfactantes, emulsificantes, co-catalizadores, bactericidas, entre otros. El proceso de polimerización que se lleva a cabo dentro del reactor es del tipo de reacción en cadena, vía iónica o radical libre, que se inicia con un ión positivo o negativo (dependiendo del tipo de monómero) o una sustancia reactiva, como un radical libre, conocidos como iniciadores. Dicho proceso se lleva a cabo en poco tiempo (Wade, 2004).

En su síntesis, es de suma importancia la adición de los bactericidas, debido a que por el alto contenido acuoso de la mezcla, debe evitarse la proliferación de hongos y bacterias dentro de la misma.

El resultado de esta investigación representaría una gran ventaja dentro del proceso, disminuyendo los costos asociados a la adquisición de la materia prima.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para la producción de pinturas en base acuosa, en Venezuela, se dispone de materias primas, como dispersiones de pigmentos, estabilizantes y compuestos espesantes como la Hidroxietilcelulosa (HEC). Sin embargo, en el país no existe ninguna empresa que sintetice la HEC, lo que hace necesario la importación de este compuesto, incrementándose los costos de adquisición de esta materia prima.

1.2.1 SITUACIÓN ACTUAL

Los productos elaborados en la empresa patrocinante de la investigación requieren, entre otras materias primas, la HEC la cual es adquirida mediante un proveedor



extranjero; esta situación, aunada a la dificultad de adquisición de divisas, ha limitado la posibilidad de disminuir los costos de producción.

Por otra parte, se dispone de un laboratorio de investigación y desarrollo que hasta ahora no está siendo aprovechado. Dicho laboratorio cuenta con una serie de equipos y materiales necesarios, que pueden ser empleados para sintetizar productos o diversos tipos de resinas, incluyéndose las acrílicas, mediante reacciones de polimerización, que pudieran ser añadidas a la formulación actual de las pinturas en sustitución de la HEC. Algunos compuestos acrílicos poseen propiedades espesantes, que pueden ser aprovechadas para reemplazar el compuesto actual (Odián, 2004).

1.2.2 SITUACIÓN DESEADA

Se desea obtener un producto de características y propiedades similares a las que posee la HEC, sin modificar las condiciones de operación del proceso y que posea un costo de producción menor al correspondiente a la adquisición de la HEC. Con esto, se puede minimizar la inversión monetaria en materia prima para la elaboración de los productos de la empresa.

Como un alcance de la investigación, se pretende determinar la formulación y composición de la resina acrílica que satisfaga más eficientemente la problemática planteada, concluyendo con la evaluación económica de la misma, más no, con su implementación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sustitución del espesante utilizado en la fabricación de pinturas decorativas por una resina acrílica en base acuosa.



1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.3.2.1. Diagnosticar el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso, con la finalidad de identificar las variables involucradas en el sistema y el efecto de este compuesto en la mezcla.
- 1.3.2.2. Analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas, empleando ésta como espesante, con el objeto de determinar las propiedades del compuesto y las del producto final.
- 1.3.2.3. Sintetizar una resina acrílica que posea características espesantes, similares a la HEC.
- 1.3.2.4. Evaluar las características de las pinturas en base acuosa, empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada, con el objeto de comparar el producto final.
- 1.3.2.5. Evaluar la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada, empleadas como espesantes en el proceso de elaboración de pinturas, con la finalidad de determinar si la nueva formulación ofrece disminución de los costos de producción.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de un estudio para la síntesis de una resina acrílica espesante en base acuosa, empleando compuestos orgánicos, será de gran importancia debido a que representaría un avance en la industria de la pintura, ya que permitiría obtener un compuesto con propiedades y características fisicoquímicas semejantes a la de la materia prima usada en la actualidad en esta industria, disminuyendo así los costos de inversión asociados a ellas. Actualmente, el producto empleado no se desarrolla en Venezuela de manera comercial, por lo que su obtención se realiza mediante la importación; además, en el país existe un solo proveedor de dicho producto, generando así la monopolización del mercado que este proveedor maneja, lo cual recae en los costos inherentes a la adquisición del producto, incrementándolos notablemente. Esta



situación provoca en la empresa caso estudio, egresos cercanos a los 4000 dólares mensuales, por lo cual, sería de gran beneficio para la empresa, la síntesis de este nuevo compuesto, ya que reduciría los costos de adquisición de materia prima para el proceso, brindando la misma calidad que poseen sus productos.

Finalmente, con esta investigación se quieren adquirir conocimientos, técnicas y procedimientos que favorezcan el desarrollo profesional de los autores, sirviendo como experiencia para los siguientes desafíos que se puedan presentar a lo largo de toda la carrera profesional.

1.5 LIMITACIONES

Una de las limitaciones, hasta el momento, es la falta de información actualizada sobre la formulación de los productos desarrollados en la empresa y la confidencialidad de la información manejada y utilizada, ya que la empresa debe mantener una cierta privacidad con respecto a sus procesos, debido a que cualquier información relevante puede ser de gran utilidad en el ámbito competitivo; esto a su vez, repercute en la segunda limitación importante como lo es el tiempo de la investigación, ya que la primera genera la dedicación de una mayor cantidad de tiempo en el planeamiento, diseño y desarrollo de la investigación, generando que la misma se vea afectada por la culminación del período académico previsto para ella.

Además de esto, otra limitación presente dentro del desarrollo de la investigación es la disponibilidad de los reactivos para la síntesis de la resina, ya que el desarrollo experimental se llevará a cabo utilizando, únicamente, los reactivos disponibles en el laboratorio de la empresa, sin la posibilidad de realizar pruebas o ensayos con otro tipo de compuestos; delimitando la investigación al uso sólo de materias primas presentes en el inventario de la empresa.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

A continuación se presenta una recopilación de los antecedentes y bases teóricas que se relacionan con el estudio que se quiere llevar a cabo y que por su contenido y metodología, sirven como base para el desarrollo de este trabajo de grado.

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Pilsniak, M. (2007). **Synthesis and characterization of polymeric resins with aliphatic and aromatic amino ligands and their sorption behavior towards gold from ammonium hydroxide solutions.** (Síntesis y caracterización de resinas poliméricas alifáticas y ligantes amino-aromáticos y su comportamiento en la absorción hacia oro en soluciones de hidróxido de amonio). Universidad de Tecnología de Wrocław. Polonia.

El objetivo principal de esta investigación es la síntesis de resinas funcionales con amino-ligandos, mediante la ligera modificación de matrices entrecruzadas. Entre las conclusiones se encuentra que, las resinas resultantes, muestran grados diferentes de modificación según el método aplicado y contienen 1.61-3.68 mmol de ligante/g.

Como una semejanza del trabajo de investigación antes descrito con el propuesto podemos destacar la síntesis y caracterización de las resinas poliméricas obtenidas y como una diferencia, se destaca que en esa investigación se aplican las resinas para aumentar la absorción, mientras que para la investigación precedente, se pretende utilizar la resina como un espesante de una solución acuosa.

2.1.2 Aglan, A. (2006). **Formulation and evaluation of nano-structured polymeric coatings for corrosion protection.** (Formulación y evaluación de capas poliméricas nano-estructuradas para protección de corrosión). Universidad Tecnológica de Michigan. Michigan. USA



El principal objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la adición de nano-tubos de carbono, multi-amurallados (MWCNT), a capas copoliméricas epóxicas, de acetato y cloruro de vinilo, para evaluar la capacidad de proteger los sustratos.

Entre las conclusiones más relevantes tenemos que, las pruebas de fuerza mecánica, tanto antes como después de la inmersión en la solución al 5 % en NaCl, mostraron que tanto las películas epóxicas como las de resinas de vinil cloruro/copolímero de acetato de vinilo (VYHH), que contienen MWCNTs, habían mejorado la fuerza, una indicación de una mejora de las propiedades de las capas cohesivas.

Como principal semejanza entre las investigaciones tenemos la identificación y la evaluación de las estructuras poliméricas presentes en las distintas reacciones, mientras que como una diferencia se presenta la aplicación de las resinas sobre sustratos de acero mientras que en la investigación presentada a continuación se utilizan en pinturas de base acuosa.

2.1.3 Muñoz, M. (2005). **Síntesis y caracterización de geles como vehículos de Meloxicam y Acetato de vitamina E de aplicación tópica terapéutica y cosmética. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia.** Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica. ISBN 84-228-3300-6. Granada.

El objetivo de esta investigación fue estudiar la posibilidad de seleccionar un gel que presente características organolépticas y reológicas idóneas para su administración tópica, es decir, con extensibilidad y textura adecuada que además, permita la máxima velocidad de liberación del principio activo, con el objeto de no constituir un factor limitativo de la posterior adsorción transdérmica. Por lo tanto, además de optimizar el vehículo de aplicación tópica de forma que se maximice la biodisponibilidad del fármaco, es también importante asegurarse de que la preparación sea estéticamente aceptable para el paciente, fácil de usar y que se adhiera al área deseada en el tiempo oportuno.



Entre las conclusiones más relevantes de este trabajo se tiene el diseño y sintetizado de nuevas formulaciones de geles hidrogeles hidrofílicos e hidrófobos, elaborados, mayoritariamente, a partir de aceite de oliva (lipogeles), como vehículos para la administración tópica de meloxicam, fármaco anti-inflamatorio y acetato de vitamina E activo, cosmético oxidante que han sido caracterizados desde el punto de vista organoléptico y reológico, con objeto de seleccionar las formulaciones más adecuadas que, posteriormente, han sido sometidas a ensayos de liberación, cesión y permeación del activo correspondiente. El cálculo de determinados parámetros reológicos ha servido como criterio discriminatorio por su repercusión directa sobre la extensibilidad, estabilidad y consistencia de las preparaciones, tales como la viscosidad aparente a determinadas velocidades de deformación, el carácter elástico o viscoso de la muestra.

La relación de esta investigación con el presente trabajo reside en el hecho que en ésta se desarrolló una formulación nueva y particular, que además de ser formulada, fue sometida a ensayos para estudiar sus características; como estabilidad, consistencia, elasticidad y viscosidad; de la misma forma en que se desea realizar la formulación y caracterización de la resina acrílica a desarrollar en esta investigación.

La diferencia es que la investigación anterior desarrolló geles tanto hidrófilos como hidrófobos mientras que en nuestra investigación sólo se desarrollará un compuesto hidrófilo, debido a que por su utilización es necesaria su completa solubilización en agua.

2.1.4 Seda, R. (2004). **Synthesis and characterization of pure polyacrylate latexes** (Síntesis y caracterización de poliacrilatos puros de látex). Universidad de Hacettepe. Departamento de Ingeniería de Sustancia Química. 06532 Ankara. Turquía.

El objetivo principal de la investigación fue la producción de una resina acrílica que garantice una formación de película excelente y un buen aspecto; así como también, buenas propiedades mecánicas, en emulsiones acuosas, usadas como



revestimientos en formulaciones de pintura libres de solvente, además de la caracterización del látex y la determinación de propiedades de formación de película, el tamaño de partícula y la densidad de carga superficial.

Entre las conclusiones más importantes se tienen que, para la producción o síntesis de una resina acrílica de homopolímeros y copolímeros, la misma se realiza mediante una polimerización en emulsión, que emplea los monómeros de metilacrilato, etilacrilato y butilacrilato, los cuales en sus resultados a las prueba de análisis mecánicos, claramente muestran que el metilacrilato proporciona propiedades mecánicas satisfactorias para formar una excelente película, además de demostrar la capacidad de cubrimiento de éste, que puede ser usada ampliamente en la industria de pintura.

La similitud de esta investigación con el presente trabajo radica en la producción de una resina acrílica, para ser empleada en emulsiones acuosas en la industria de la pintura, lo cual se asemeja al desarrollo del compuesto copolimérico aquí propuesto.

La diferencia se haya en que la finalidad de la investigación anterior fue el desarrollo de una resina que mejorara la propiedades de recubrimiento de las pinturas, mientras que en nuestro desarrollo se enfoca en la capacidad espesante del compuesto, manteniendo el mismo estándar de calidad en cuanto al producto terminado.

2.1.5 Wolff, N. (2003). **Desarrollo de una resina acrílica en emulsión para uso en artes gráficas en la empresa productos Stahl de Venezuela**. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Los objetivos planteados en este trabajo fueron el desarrollo de una resina acrílica en emulsión para uso en artes gráficas que proporcione las mismas características al producto final, como lo hace la resina existente, determinando las variables asociadas a la síntesis de la resina en emulsión, así como también, la



caracterización de la resina, por medio de sus propiedades y de las propiedades que le confiere a la tinta.

Entre las conclusiones más relevantes arrojadas por esta investigación se tiene la obtención de una resina acrílica en emulsión que puede ser utilizada en artes gráficas, proporcionando al producto final características similares a las ofrecidas o cedidas por la resina empleada antiguamente, además de conclusiones puntuales sobre la caracterización de la misma, entre las que se mencionan, la combinación de los surfactantes empleados, que generó mejores resultados de viscosidad en las emulsiones desarrolladas para un rango de estudio, así como también, la función de dependencia de las variables como viscosidad, pH, porcentaje de sólidos, porcentaje de monómeros libres, entre otros, con las diferentes ensayos realizados.

La semejanza de esta investigación con la propuesta, radica en el desarrollo de una resina acrílica para ser sustituida por una actualmente empleada para la obtención de un producto en específico, además del planteamiento de un desarrollo experimental para la síntesis de la misma y su respectiva caracterización, para comparar sus propiedades con la resina que se desea sustituir.

La principal diferencia de esta investigación con la aquí propuesta se encuentra en que la resina sintetizada en dicho trabajo es una resina acrílica en emulsión, además de que ésta es destinada a ser empleada en el campo de las artes gráficas, mientras que en nuestra investigación se propone el desarrollo de una resina en base acuosa, para ser empleada en el proceso de producción de pinturas.

2.1.6 Rodrigo, G. (2006). **Estudio preliminar de la síntesis de Hidroxietilcelulosa a partir de oxido de etileno y celulosa proveniente de la masa foliar de *panicum virgatum* (Gamelote).** Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Química.



El objetivo principal de esta investigación es estudiar la síntesis de Hidroxietilcelulosa (HEC) a partir de óxido de etileno y celulosa extraída de la masa Foliar del *Panicum Virgatum*, por medio de la copolimerización del tipo injerto.

Entre las principales conclusiones obtenidas se tiene, que el rendimiento de la reacción de obtención de hidroxietilcelulosa fue de 25 % cuando se utilizó celulosa extraída del gamelote y 45 % al usar celulosa microcristalina comercial, usada como patrón, debido a la diferencia existente entre ambas estructuras.

La semejanza con el presente trabajo radica que en el desarrollo anterior se utilizó una caracterización con especificaciones técnicas de Natrosol, para comparar la existencia de hidroxietilcelulosa en el producto sintetizado, de la misma forma como es necesario caracterizar la resina acrílica en este trabajo, para identificar su similitud con la HEC.

La principal diferencia entre ambos desarrollos es que en el primero se busca la obtención de HEC, mientras que en el segundo, se busca la obtención de un componente con propiedades similares a ésta.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Hidroxietilcelulosa (HEC) (NATROSOL)

El Natrosol o Hidroxietilcelulosa, es un polímero no iónico, soluble en agua, derivado de la celulosa. Éste se disuelve rápidamente en agua, tanto en frío o en caliente. Estas soluciones poseen propiedades de flujo diferentes que aquellas obtenidas con otros polímeros solubles en agua. El natrosol es usado para producir soluciones con un ancho rango de viscosidad. Estas soluciones son pseudo plásticas, las cuales varían en viscosidad, dependiendo del grado de tensión aplicado.

El natrosol se usa como espesante, protector coloidal, aglomerante, estabilizante, agentes suspensores y en una variedad de aplicaciones industriales, incluyendo, farmacéuticas, textiles, papel adhesivos, aplicaciones decorativas y revestimientos protectores, polimerización en emulsión, cerámicos y algunos usos misceláneos.

El polímero de natrosol es un hidroxietil éter de celulosa. La estructura molecular de la celulosa es mostrada en la figura 2.1. Cada unidad de anhidroglucosa contiene 3 hidroxilos capaces de reaccionar. Mediante el tratamiento de celulosa con hidróxido de sodio y óxido de etileno reactivo, son introducidos los grupos de hidroxietil para producir un hidroxietil éter. El producto de la reacción es un polvo blanco muy fino y puro (Aqualon, 1985).

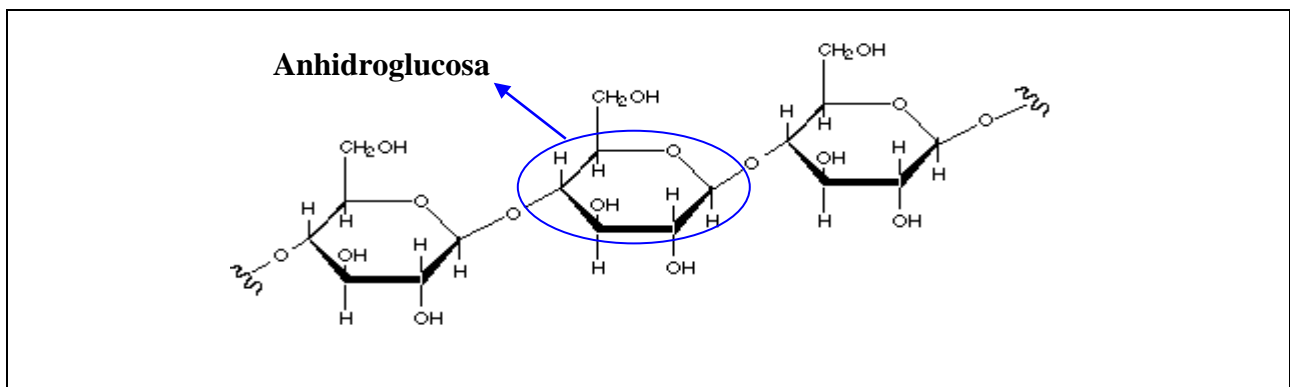


Figura 2.1. Estructura de celulosa (Aqualon, 1985).

2.2.1.1. Sustitución

Cada unidad de anhidroglucosa de la molécula de celulosa posee tres grupos hidroxilos, como se observó en la figura 2.1. El número por el cual es sustituido en algunas reacciones es conocido como “Grado de sustitución” o DS, por sus siglas en inglés. Teóricamente, los tres hidroxilos pueden ser sustituidos. El producto de cada una de las reacciones tendrá tres grados de sustitución o tres DS.

Los grupos de hidroxietil pueden ser sustituidos en la molécula de celulosa por dos vías. La primera se logra con óxido de etileno reactivo. La segunda, reaccionando óxido de etileno con hidroxilos previamente sustituidos, con lo que puede polimerizarse para formar un cambio de tamaño.

El número de moles de óxido de etileno, que viene unido a cada unidad de anhidroglucosa, en la celulosa, en las dos vías descritas, es llamado “moles de combinación sustituida” o MS, por sus siglas en inglés.

En la reacción de óxido de etileno con celulosa, para formar la hidroxietil éter de celulosa, la solubilidad en agua es alcanzada a medida que el grado de sustitución se incrementa. Debido a la selección apropiada de condiciones de reacción y moles de sustitución, se obtiene una completa y rápida solubilidad en agua. El natrosol 250, el cual tiene una óptima solubilidad, en agua posee 2,5 MS. La estructura idealizada del natrosol 250 es mostrada en la figura 2.2. (Aqualon, 1985).

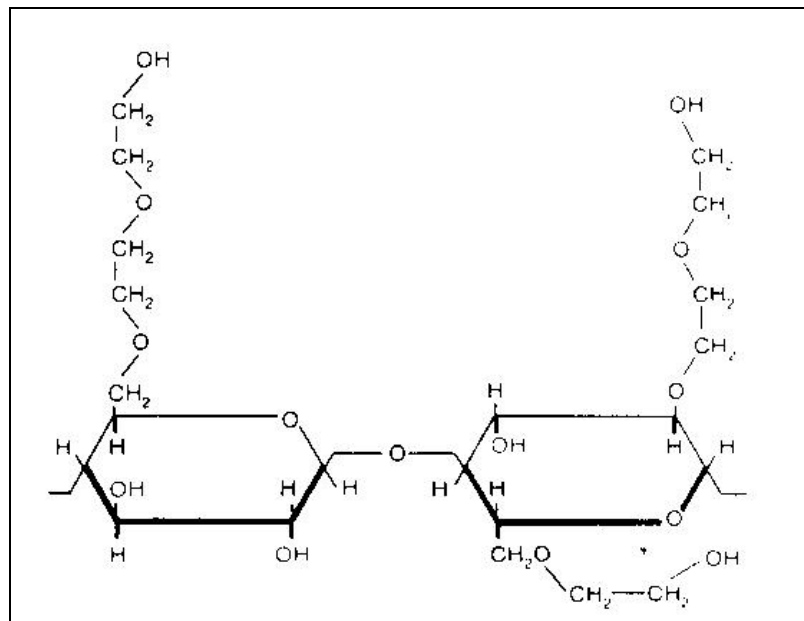


Figura 2.2. Estructura idealizada del Natrosol 250 (Aqualon, 1985).



2.2.3. Resina

Compuesto polimérico de estructura compleja, producto de reacciones por pasos o vía cadena, que presenta generalmente, propiedades termoestables. Normalmente, se encuentra en estado líquido, disuelta en un solvente determinado. Cuando es utilizada como recubrimiento, el solvente se evapora, dando como resultado una capa fina y altamente rígida, producto de los entrecruzamientos de los polímeros que las conforman **(OROCOLOR, 2002)**.

2.2.4. Pintura

Es un líquido compuesto por una mezcla de resinas, solventes, aditivos y pigmentos, que luego de ser aplicado sobre una superficie y al evaporarse sus solventes, seca y endurece, formando una película fina y sólida, la película de la pintura cumple dos funciones importantes, protección y decoración; la primera de éstas, quizás la más importante, debido a que cumple con la función de proteger a la superficie sobre la cual se aplica, de la oxidación y de la acción de factores ambientales. La segunda tiene como objetivo el embellecimiento de la superficie sobre la cual se aplica.

Estos recubrimientos tienen propiedades en grados variables, dependiendo de la composición del recubrimiento: buen flujo y nivelación; proporción de aspersion y grosor de película satisfactorios; secado rápido, alta impermeabilidad, buena adhesión, flexibilidad y dureza, resistencia a la abrasión y durabilidad.

Existen una amplia variedad de técnicas válidas para la manufactura de pinturas. Las técnicas se pueden diferenciar en base solvente y base acuosa **(OROCOLOR, 2002)**.



2.2.5. Catalizador

Un catalizador, propiamente dicho, es una sustancia que está presente en una reacción química en contacto físico con los reactivos, y acelera, induce o propicia dicha reacción sin actuar en la misma **(Chang, 2002)**.

2.2.6. Surfactante

Son sustancias que poseen afinidad con dos sustratos diferentes. Su función principal es la de ajustar el diámetro de partículas, así como también, actuar estabilizando la emulsión final. Los surfactantes también son conocidos como emulsificantes, jabones, agentes dispersantes, o detergentes. Un surfactante generalmente posee dos extremos de distinta solubilidad. Un extremo apolar, denominado cola, consiste de una larga cadena hidrocarbonada, soluble en compuestos orgánicos, no polares. El otro, llamado cabeza, a menudo una sal de sodio o potasio, soluble en agua. La sal soluble en agua puede ser la sal de un ácido carboxílico o ácido sulfónico. El término técnico para la exhibición química de "personalidades duales" es anfipático. Son compuestos de bajo peso molecular, encargados de formación de micelas, sitios para la formación de partículas **(Salager, 1993)**.

Como se mencionó anteriormente estos compuestos son capaces de formar agregados hidratados llamados micelas (figura 2.3.). Las micelas están compuestas de un cierto número de moléculas de surfactante, en las cuales los terminales liposolubles son orientados hacia el interior, es decir, hacia el centro y los terminales solubles en agua, se orientan hacia el agua, es decir, hacia la periferia. Si el medio es acuoso, el monómero se difunde en forma de gotas en la mezcla, a través de la fase acuosa hacia el interior de las micelas. La polimerización se inicia, principalmente, en el interior de las micelas, las cuales se hinchan mientras el polímero se forma y a la vez, se admite la difusión de más monómeros hacia su interior. Finalmente, la estructura de la micela es destruida y las moléculas de surfactante permanecen atrapadas en las partículas de

polímero, como capas unimoleculares. El monómero continuará difundándose dentro de estas partículas y polimerizará hasta que la conversión esté completa.

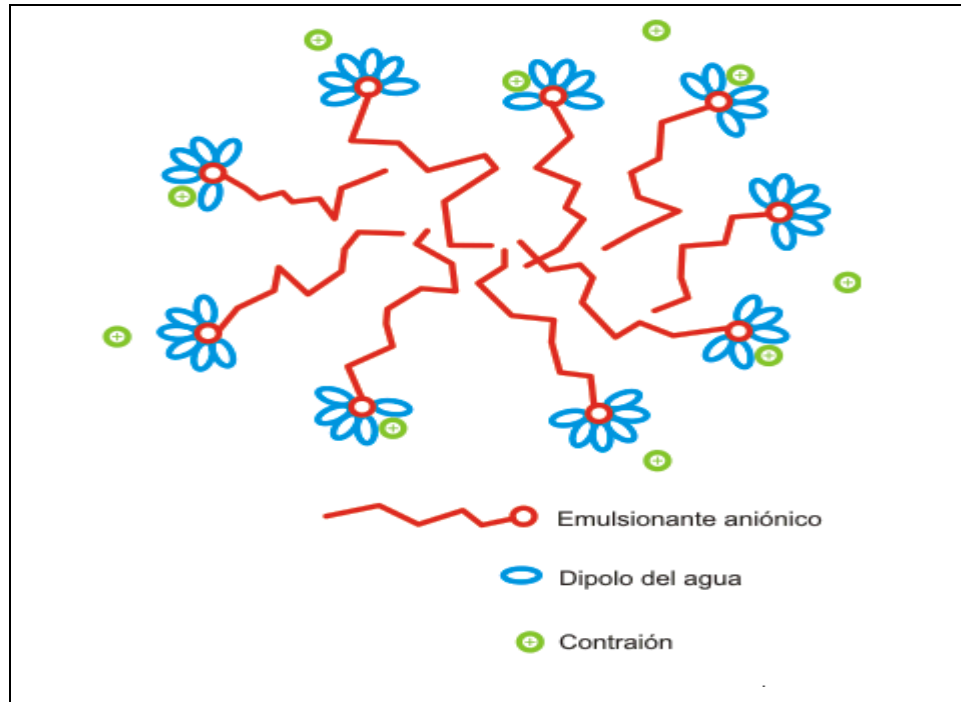


Figura 2.3. Representación esquemática de una micela esférica. (<http://www.textoscientificos.com>)

Bajo la acción de una agitación mecánica eficaz, los surfactantes dispersan el o los monómeros en forma de gotitas, atrapando el mismo dentro de las micelas y constituyen, en cierto modo, un depósito de monómeros durante la polimerización, es decir, se comportan como un mini-reactor por carga durante el proceso de polimerización en emulsión.

Los surfactantes, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, desempeñan un papel importante respecto al tamaño de las partículas. En el aspecto cualitativo, se ha establecido que la dimensión de las micelas formadas decrece cuando la longitud de la cadena del emulsionante crece y además, pasa por un mínimo, el cual ocurre para un contenido óptimo de óxido de etileno en el caso de mezclas de tensoactivos aniónicos y no iónicos; mientras que en el aspecto cuantitativo, el tamaño de las micelas es, en



forma general, inversamente proporcional a la concentración de emulsionante (**Odian, 2004**)

Los surfactantes pueden ser clasificados en tres tipos, dependiendo de la carga eléctrica:

- **Aniónicos:** se disocian en un anión anfífilo y un catión, el cual es generalmente un metal alcalino o un amonio cuaternario.

A este tipo pertenecen los detergentes sintéticos como los alquil benceno sulfonatos, los jabones (sales de sodio de ácidos grasos), los agentes espumantes como el lauril sulfato, los humectantes del tipo sulfosuccinato, los dispersantes del tipo lignosulfonatos, etc.

- **Catiónicos:** se disocian en solución acuosa en un catión orgánico anfífilo y un anión generalmente del tipo halogenuro. La gran mayoría de estos surfactantes son compuestos nitrogenados del tipo sal de amina grasa o de amonio cuaternario.
- **No iónicos:** en solución acuosa no se ionizan, puesto que ellos poseen grupos hidrófilos de tipo alcohol, fenol, éter o amida. El grupo hidrófobo es generalmente un radical alquilo o alquil benceno y a veces una estructura de origen natural como un ácido graso, sobre todo cuando se requiere una baja toxicidad.

(Salager, 1993)

2.2.7. Monómero

Monómero del griego mono: uno y mero: parte, éstos son moléculas de pequeña masa molecular que unida a una secuencia de monómeros adicionales, similares o distintos, a veces cientos o miles son capaces de formar enlaces covalentes para formar macromoléculas llamadas polímeros. En otras palabras, se trata de una sustancia que



bajo las condiciones de reacción se convierte en una unidad repetida en la secuencia del polímero **(Brydson, 1970)**.

2.2.8. Copolímero

Un copolímero es una macromolécula compuesta por dos o más unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas, por medio de enlaces químicos; estos monómeros pueden distribuirse de forma aleatoria o periódica **(Wade, 2004)**.

2.2.9. Polímero

Es una macromolécula compuesta por la unión de un gran número de moléculas más pequeñas. Las moléculas pequeñas que se combinan entre sí, para formar moléculas de polímeros, son conocidas como monómeros, y la reacción por la cual ellas se combinan, son conocidas con el término de polimerización. Los polímeros pueden estar constituidos por cientos, miles, decenas de miles, o de más moléculas de monómeros unidas entre sí, formando una sola molécula de polímero **(Odián, 2004)**.

2.2.9.1. Polímero espesante

Los polímeros espesantes, son sustancias que al agregarse a una mezcla, aumentan su viscosidad sin modificar sustancialmente sus otras propiedades, como el olor o color. Proveen cuerpo, aumentan la estabilidad y facilitan la formación de suspensiones **(Aqualon, 1985)**.

2.2.10. Polimerización y estructura

Se denomina polimerización a la reacción química por la cual se sintetiza un polímero, a partir de sus monómeros; dando lugar a una molécula de gran masa molar, con una estructura, la cual puede ser una cadena lineal, ramificada o entrecruzada (tridimensional). En cualquier caso, el tamaño de la cadena dependerá de parámetros

como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y, por tanto, una masa molecular distinta, por lo que se habla de masa promedio para el polímero. A continuación se presenta en la figura 2.4. la clasificación de los polímeros de acuerdo a su estructura (**Odian, 2004**).

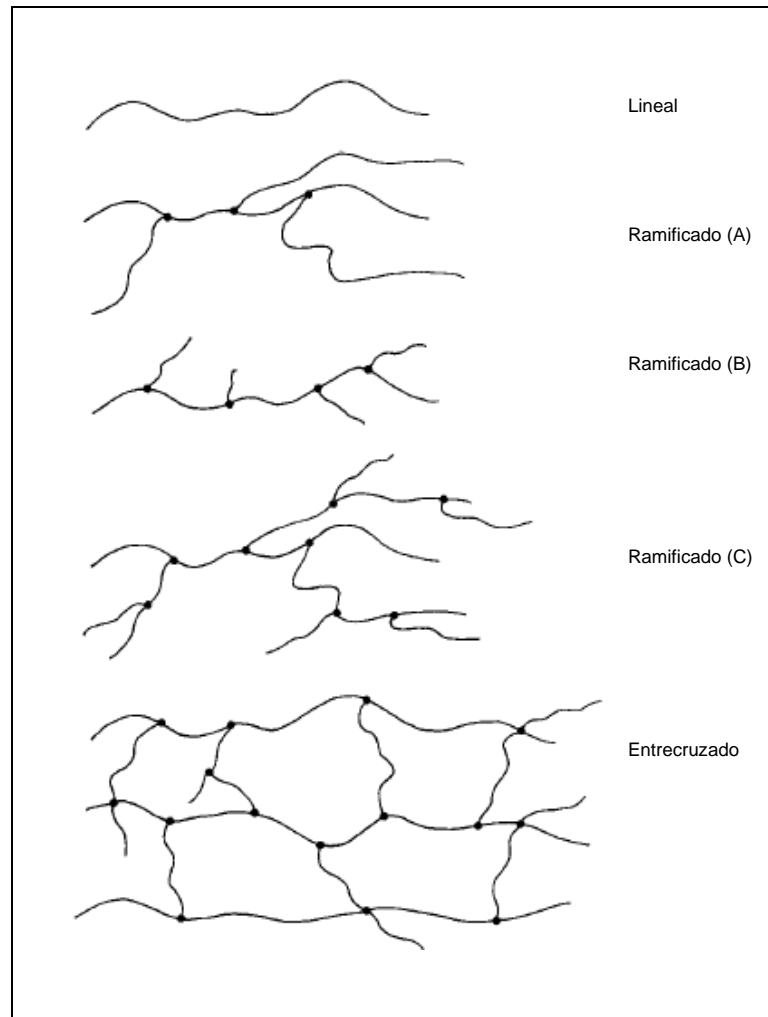


Figura 2.4. Estructura de los polímeros; lineal, ramificados y entrecruzados (Odian, 2004).

La diferencia entre las moléculas lineales y ramificadas, que dan forma a los polímeros, puede ser apreciada en la representación estructural en la figura 2.4. Los puntos donde crecen las ramificaciones, son indicados con puntos más oscuros. La ilustración muestra que hay diferentes clases de polímeros ramificados. Los polímeros ramificados pueden ser combinados con cualquier tipo de estructuras, largas (A) o



cortas (B). Cuando existen ramificaciones extensivas, los polímeros pueden tener una estructura dendrítica, en la cual hay ramificaciones que parten de otras ramificaciones, que son ramificaciones de ramificaciones (C). La presencia de ramificaciones en un polímero, usualmente, tiene un gran efecto en muchas propiedades importantes del mismo. El cambio de la propiedad más significativa ocasionado por las ramificaciones es el decremento de la cristalinidad. Los polímeros ramificados no se cristalizan tan fácilmente como lo hacen los polímeros lineales **(Odián, 2004)**.

La naturaleza química de los monómeros, su masa molecular y otras propiedades físicas, así como la estructura que presentan, determinan diferentes características para cada polímero; ahora bien, los enlaces de carbono en los polímeros no son equivalentes entre sí, por eso, dependiendo del orden estereoquímico de los enlaces, un polímero puede ser: atáctico (sin orden), isotáctico (mismo orden), o sindiotáctico (orden alternante); a esta conformación se le llama tacticidad. Las propiedades de un polímero pueden verse modificadas severamente, dependiendo de su estereoquímica.

En el caso que el polímero provenga de un único tipo de monómero, se le denomina homopolímero y si proviene de varios monómeros se le llama copolímero o heteropolímero (figura 2.5.). Por ejemplo, el poliestireno es un homopolímero, pues proviene de un único tipo de monómero, el estireno, mientras que si se parte de estireno y acrilonitrilo se puede obtener un copolímero de estos dos monómeros, el copolímero estireno-acrilonitrilo.

En los heteropolímeros, los monómeros pueden distribuirse de diferentes maneras; particularmente, para polímeros naturales, los monómeros pueden repetirse de forma aleatoria o periódica. Análogamente, los monómeros que conforman la cadena de un copolímero se pueden ubicar en la cadena principal alternándose según diversos patrones, denominándose copolímero alternante, en bloque, estadístico (aleatorio), de injerto. Para lograr este diseño, la reacción de polimerización y los catalizadores deben ser los adecuados **(Brydson, 1999)**.

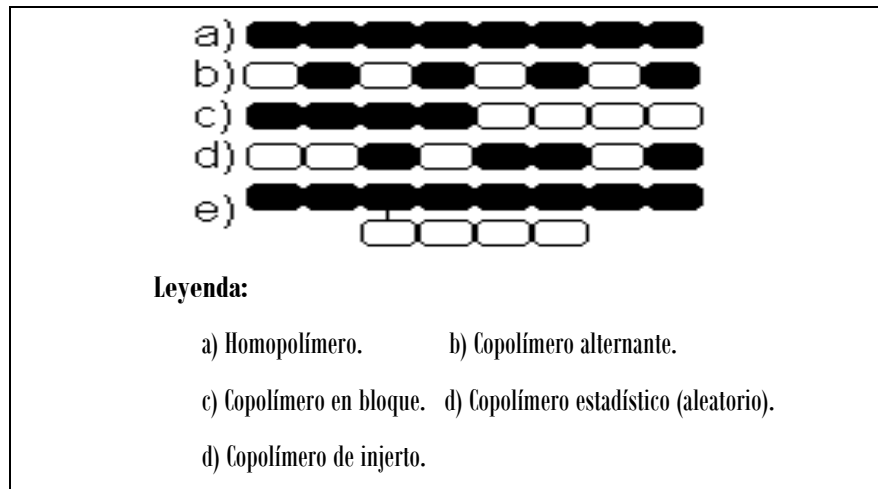


Figura 2.5. Representación gráfica de la distribución de monómeros en homopolímeros y copolímeros (Brydson, 1999).

2.2.11. Clasificación de los Polímeros

Existen dos tipos de mecanismos de polimerización básicos y varios sistemas para categorizarlos. Las categorías principales son:

- Polimerización vía reacción en cadena.
- Polimerización por paso.

2.2.11.1. Polimerización vía reacción en cadena

Se obtiene a partir de la adición rápida de una molécula a una cadena de polímeros en crecimiento, generalmente, con un intermedio reactivo (catión, radical o anión) en el extremo de crecimiento de la cadena. A los polímeros obtenidos de acuerdo a este mecanismo, se les denomina, generalmente, como polímeros de adición; a veces, también se les conoce como polímeros de crecimiento de cadenas, ya que el crecimiento, en general, se produce en el extremo de una cadena. Los monómeros, usualmente, son alquenos y la polimerización implica adiciones sucesivas a los dobles enlaces. En una



polimerización vía cadena, la molécula de monómero pasa a formar parte del polímero sin pérdida de átomos (**Wade, 2004**).

2.2.11.2. Polimerización por paso

En la polimerización por paso, los monómeros pasan a formar parte de la cadena de uno en uno. Primero se forman dímeros, después trímeros, a continuación, tetrámeros, y la interacción de todos ellos entre sí. La cadena se incrementa de uno en uno, monómero a monómero; en ésta, las cadenas en crecimiento pueden reaccionar entre sí para formar cadenas aún más largas. Esto es aplicable a cadenas de todos los tamaños. En una polimerización por paso, sólo los monómeros pueden reaccionar con cadenas en crecimiento (**Odian, 2004**).

Los polímeros obtenidos por este mecanismo se consideran, en general, polímeros de condensación. Las condensaciones más frecuentes implican la formación de amidas y ésteres. En una polimerización por condensación, cualquiera de las dos moléculas puede condensar, no necesitan estar en el extremo de la cadena (**Wade, 2004**).

2.2.12. Polimerización batch

En este proceso de polimerización tanto los monómeros como los catalizadores son cargados al reactor bajo agitación, llevándose a cabo la reacción de polimerización completamente en un período de tiempo corto (**Uribe, 1990**).

2.2.13. Polimerización en solución

Constituye un sistema de reacción de polimerización, en el cual los catalizadores se encuentran dispersos dentro del solvente orgánico que contiene los monómeros, este proceso permite disipar el calor producido por reacciones de polimerización exotérmicas, sin embargo, tiene como desventaja la formación de productos no



deseados y la dificultad de separación del polímero producido del solvente utilizado como medio de reacción **(Uribe, 1990)**

2.2.14 Polimerización en suspensión

Este sistema de reacción de polimerización está compuesto por un medio de reacción inorgánico, en el cual se disuelven los catalizadores, mientras que los monómeros se encuentran dispersos en el mismo. Para muchos sistemas este proceso presenta una baja eficiencia por dar como resultado polímeros con una distribución de peso molecular muy amplia **(Uribe, 1990)**

2.2.15. Polimerización en emulsión

Constituye un sistema de reacción de polimerización, en el cual los monómeros forman parte de la fase dispersa de una emulsión. La polimerización en emulsión es uno de los métodos más usados en la obtención de copolímeros acrílicos, debido a que se obtienen polímeros de alto contenido de sólidos y masa molar elevada; además de ofrecer control favorable de la temperatura y reproducibilidad de las formulaciones. En esta polimerización, el iniciador es soluble en agua, mientras que el monómero es apenas parcialmente soluble y el surfactante tiene como objetivo formar micelas, donde el monómero queda contenido. Entonces se define un límite de concentración por encima del cual las moléculas se agrupan en dos capas que colocan frente a frente sus partes hidrofóbicas; estos conjuntos forman las micelas y este límite se llama concentración micelar crítica (CMC).

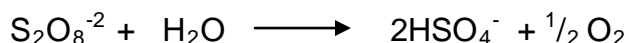
Algunas micelas son activas, es decir, la reacción de polimerización se procesa dentro de ellas, mientras que otras son inactivas (gotas de monómeros en suspensión y no constituyen emulsiones verdaderas), comportándose apenas, como una fuente de monómero. A medida que la reacción ocurre, las micelas inactivas suplen a las activas con monómero, que crecen hasta formar gotas de polímero, originando posteriormente, el polímero sólido **(Uribe, 1990)**.



2.2.15.1. Iniciadores en la polimerización en emulsión

Las polimerizaciones en emulsión han sido casi completamente restringidas a iniciación vía radical libre. Los iniciadores se clasifican en dos grupos; el primero de ellos, de tipo oxidante, denominados peroxidatos (por ejemplo, persulfatos de NH_4^+ , Na^+ o K^+), que se forman por ruptura térmica de la ligadura del iniciador de radical libre, mientras que el segundo grupo es de tipo redox (por ejemplo, peróxido de hidrógeno/ sales ferrosas), donde el iniciador es generado por mecanismos de transferencia de electrón que requieren de un iniciador de radical libre y un agente reductor.

Los persulfatos de amonio, sodio y potasio son los principales iniciadores en las reacciones de polimerización de monómeros acrílicos, debido a la solubilidad de estos compuestos en agua. La preferencia es hacia las sales de amonio, debido a su menor peso molecular y a la ausencia de los iones metálicos. En solución alcalina, neutra o ligeramente ácida, la descomposición térmica de los iones persulfatos origina la formación de dos radicales iónicos, según la siguiente ecuación general:



Los iniciadores de peróxido comunes, (compuestos de azufre con un alto grado de oxidación), pueden combinarse con agentes reductores, de manera de comenzar la polimerización a bajas temperaturas. Como agregado se puede introducir un catalizador para aumentar la relación de la formación radical **(Odián, 2004)**.



2.2.15.2. Agentes de reducción

Por lo general se utilizan compuestos de azufre, con un bajo grado de oxidación como agentes reductores. El bisulfito o el metabisulfito de sodio (el cual se hidrata en bisulfito de sodio en agua), el tiosulfato de sodio, sulfito de sodio o sulfooxalato de formaldehído, sirven como dadores de electrones en la reacción redox **(Brydson, 1999)**.

2.2.15.3. Catalizadores en la polimerización en emulsión

Las sales de hierro (II) se utilizan comúnmente como catalizadores, especialmente, el sulfato de hierro (II) y las “sales de Mohr” (Sulfato hexahidratado de amonio y hierro (II)).

Estas sales se agregan en cantidades catalíticas algo bajas, a fin de aumentar el grado de descomposición del sistema redox. Debido a que el ión hierro (II) primero se oxida y luego, en una segunda etapa, se reduce nuevamente, su actividad se regenerará a través de la reacción y en consecuencia, no se agotará **(Brydson, 1999)**.

2.2.15.4. Iniciadores solubles en agua - Iniciación redox

La presencia de un agente reductor lleva a una descomposición más rápida y eficaz de la molécula del iniciador. En lo esencial, un mecanismo similar vale para la descomposición del iniciador acrecentado por redox, con la diferencia que cantidades catalíticas de hierro (II) hacen el papel de agente reductor, el cual primero es oxidado por el iniciador y luego, reducido nuevamente por el agente bisulfito, acrecentando de este modo, el grado de reacción aún más que con el simple uso del sistema redox (figura 2.6.).

Estos mecanismos de arranque, que implican el uso de sistemas redox y redox catalizados, permiten comenzar la polimerización a temperaturas tan bajas como los 293 K. De todos modos, a temperaturas tan bajas es difícil controlar la reacción en lo respecta a la disipación de calor (**Odian, 2004**).

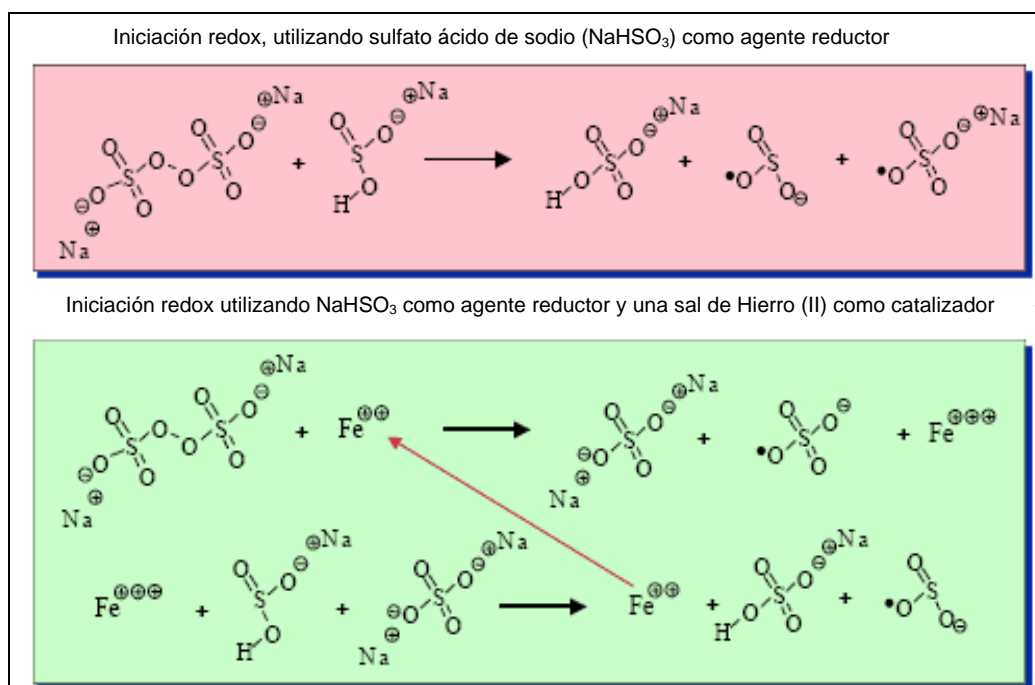


Figura 2.6. Representación gráfica de la iniciación de la reacción redox, empleando sulfito ácido de sodio. (<http://www.textoscientificos.com>).

2.2.15.5. Proceso de iniciación y propagación en cadena

La reacción inicial en la polimerización vía radical, está determinada por dos etapas: descomposición del iniciador y adición radical al primer monómero. La velocidad de reacción depende del grado de descomposición (por ej., del tiempo de vida media, de la energía de activación) del iniciador, el cual, a su vez, depende de la temperatura. El radical que resulta de la descomposición del iniciador, es una especie altamente reactiva, que reacciona con facilidad con el doble enlace de una primera molécula de monómero, formando una unión covalente y generándose otro radical en el lugar terminal del monómero.



Este radical terminal es ahora capaz de agregar otra unidad de monómero no saturada, lo cual conduce al crecimiento de la cadena polimérica. La reacción del crecimiento requiere una energía de activación mucho más baja, comparada con la reacción de iniciación, por lo tanto, su velocidad es menos dependiente de la temperatura que la velocidad de reacción de la reacción inicial (**Odian, 2004**).

2.2.16. Concentración Micelar Crítica (CMC)

Los tensoactivos son moléculas que tienen una parte polar (cabeza hidrofílica) y otra no polar (cola hidrófoba) y tienen por ello afinidad tanto por el agua como por el aceite. Son activos sobre la tensión superficial y tienden a acumularse en la superficie o en la interfase aceite-agua. Este fenómeno se conoce como adsorción de interfases líquidas; de este modo, la energía interfásica y la energía libre de la interfase, disminuyen. Cuando la estructura molecular de un compuesto es tal que su molécula contiene partes solubles en agua y otras insolubles, el comportamiento del compuesto frente al disolvente cambia, ya que no se distribuyen uniformemente en el disolvente, siendo su concentración en la superficie de éste y en sus proximidades, mayor que en el resto del líquido.

Los tensoactivos debido a su estructura polar-apolar de su molécula, presentan este fenómeno y disminuyen la tensión superficial del agua en concentraciones por debajo de la concentración en la que el tensoactivo ha cubierto la totalidad de la superficie. Por encima de esta concentración, las moléculas del tensoactivo se dirigen hacia al interior del líquido, formando agregados de moléculas sencillas de tensoactivos, resultando una estructura con una orientación específica de alto peso molecular, a partir de la cual, se observan cambios bruscos en las propiedades fisicoquímicas, como en su conductividad, presión osmótica, turbidez, tensión superficial, viscosidad y la reología de la formulación, así como la solubilidad del principio activo. A esta concentración a la cual se da este cambio, se le llama concentración micelar crítica (CMC).



La micelización produce un cambio cualitativo del sistema: la transición del sistema homogéneo a un sistema disperso coloidal microheterogéneo. Este cambio cualitativo viene acompañado de una variación brusca, que se registra experimentalmente, de las propiedades fisicoquímicas del sistema y que se manifiesta, en la mayoría de los casos, por la aparición de una inflexión en las curvas de la variación de los parámetros fisicoquímicos con la concentración de las sustancias tensoactivas. En las disoluciones de tensoactivos iónicos, cuando comienza la asociación micelar, se produce una disminución de la velocidad de aumento de la conductividad con la concentración de tensoactivo. Este cambio de comportamiento se debe a que la micela no libera el 100% de los iones al seno de la disolución, sino un 20-30%, según su grado de disociación. Este cambio de las propiedades eléctricas de la disolución, permite calcular los parámetros relacionados con el cambio:

- Concentración micelar crítica (cmc).
- Grado de disociación micelar (α) del agregado que se forma.

Ahora bien, la figura 2.7. muestra la acción de un tensoactivo sobre la tensión superficial (γ). Al aumentar la concentración de tensoactivo en agua, la tensión superficial disminuye (línea AB) debido a que las moléculas se adsorben en la superficie del agua.

Al agregar más tensoactivo se alcanza el punto B donde las moléculas están totalmente empaquetadas en la superficie, de forma totalmente vertical, con la parte hidrofílica orientada hacia el agua y la parte lipofílica hacia el aire. Si se continua agregando tensoactivo, no caben más moléculas en la superficie, y se agregan en estructuras denominadas micelas; la tensión superficial no disminuye más y permanece aproximadamente constante (línea horizontal BC). La concentración a la que comienza la formación de micelas (punto B) es donde se observa la llamada Concentración Micelar Crítica (CMC).

Para que una molécula sea tensoactiva su afinidad por la interfase debe ser mayor que su afinidad por el interior del líquido, es decir, el número de moléculas debe ser mayor en la superficie que en la disolución, como se observa en la figura 2.7 (Salager, 1993)

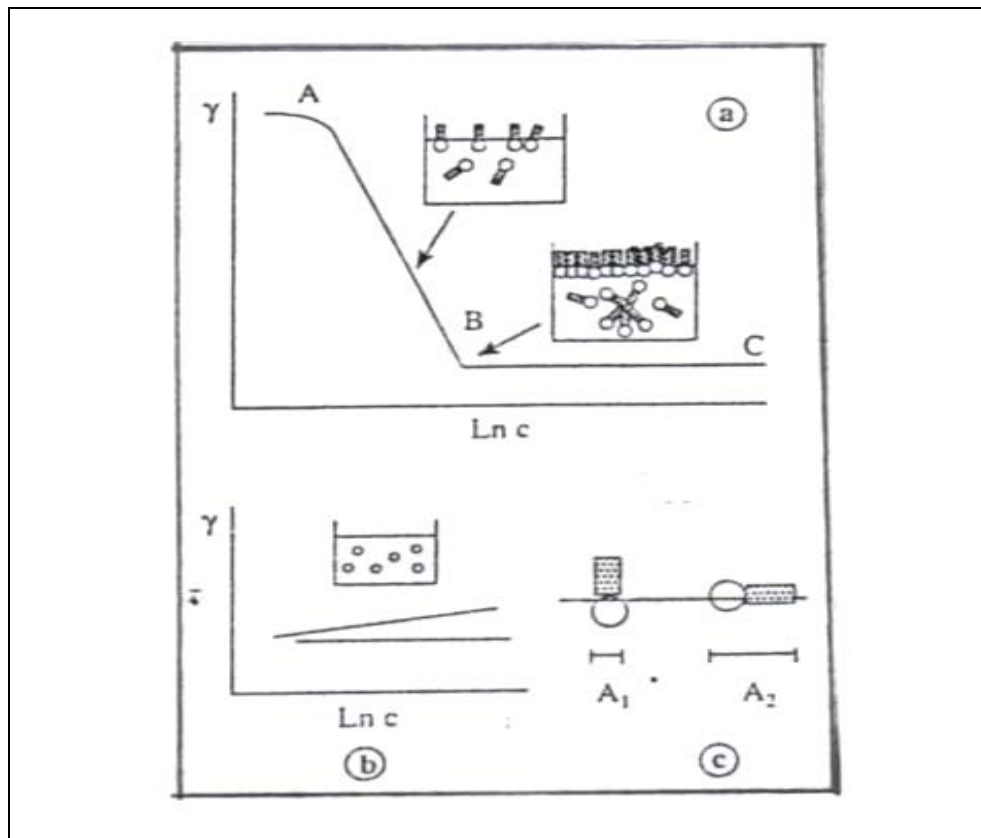


Figura 2.7. Relación entre la tensión superficial y el logaritmo de la concentración. a. Tensoactivo. b. Moléculas sin capacidad tensoactiva. c. Comparación del área que ocupa una molécula en la superficie en posición vertical (A1) y horizontal (A2) (Salager, 1993)

2.2.17. Temperatura de transición vítrea

La temperatura de transición vítrea es la temperatura en el cual los dominios amorfos del polímero toman las propiedades características del vidrio; fragilidad y rigidez. Está representada por T_g . La determinación de esta temperatura en copolímeros acrílicos presenta ciertas dificultades debido a la inexactitud de la transición.



Los polímeros así como los vidrios, no solidifican a una temperatura única, lo hacen más bien en un rango de temperaturas, pasando gradualmente de fluidos a sólidos. Los puntos de inicio y finalización de este rango son la temperatura de fusión cristalina y la temperatura de transición vítrea, respectivamente (**Odian, 2004**).

2.2.17.1. Influencia de los Monómeros en la transición vítrea del polímero

Los monómeros suelen dividirse arbitrariamente en dos grupos: monómeros blandos y monómeros duros. “Blando” y “duro” se refieren aquí a las propiedades del homopolímero resultante en la partícula de látex, por lo general, definida a través de la temperatura de transición vítrea (T_g) del polímero, lo que a su vez, se convierte en una propiedad importante para denotar la dureza o la durabilidad mecánica de un polímero. La dureza o maleabilidad de los monómeros se caracteriza por la presencia o ausencia de grupos voluminosos que impide o facilitan su movilidad.

Habitualmente, las propiedades deseadas del polímero no pueden ser logradas por el uso de un solo monómero, razón por la cual, normalmente, son utilizados copolímeros de un monómero blando con un monómero duro, en adecuada proporción, dependiendo de la aplicación (**Odian, 2004**).

2.2.18. Diseño de Experimentos

Un experimento es sólo una prueba o una serie de pruebas en la cual se controla o manipula una o más variables independientes, para determinar el efecto que la manipulación o manipulaciones de dichas variables, tienen sobre otra variable especificada. En todas las disciplinas científicas y de ingeniería, se realizan experimentos, y son una parte importante en el aprendizaje de la forma en que trabajan los sistemas y los procesos. La validez de las conclusiones que se obtienen de un experimento, depende en gran medida, de la manera en que éste se efectúe. Por tanto,



el diseño del experimento tiene un papel importante en la solución eventual del problema que lo motivó (**Montgomery, 2003**).

El diseño de experimentos es una técnica estadística, que proporciona una estructura rígida y universal para planear, ejecutar y analizar experimentos. Es un enfoque usado para identificar los factores o pasos que más contribuyen a la generación de variaciones dentro del producto o proceso (respuesta). Por otra parte, éste se enfoca en identificar los factores que afectan el nivel de respuesta de un producto o proceso a determinados agentes, a fin de generar un modelo matemático predictivo.

Un enfoque estadístico para un experimento permite, de una forma sistemática, recaudar, analizar e interpretar datos, para alcanzar los objetivos en estudio. Mediante el uso de la estadística, en un diseño de experimentos se puede obtener la máxima información acerca de las características de los factores considerados, a un costo y tiempo mínimo.

El diseño experimental permite mejorar un proceso en toda su plenitud, obteniendo un mejor ajuste para alcanzar las metas, una vez que existe una previsión del modelo. Además, éste permite estudiar simultáneamente los efectos individuales e interpretaciones de muchos factores.

En el planeamiento de un diseño experimental se manejan diversas terminologías que deben ser definidas.

- Factor: es toda variable de interés, cuya influencia se considera significativamente sobre la respuesta. Los factores son sometidos a estudio, para determinar su respuesta sobre el sistema. Estos factores pueden ser cualitativos o cuantitativos. Es cualquier variable de interés para el experimentador, cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar.



- Nivel: son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento.
- Tratamiento: cada una de las combinaciones de niveles de los distintos factores.
- Repeticiones: es el número de réplicas en las que se realizará cada tratamiento.
- Efecto: valor numérico que cuantifica la influencia que tiene un determinado factor sobre la respuesta.
- Respuesta: resultado obtenido de cada uno de los diferentes tratamientos.

El plantear un diseño experimental ofrece diversas ventajas a la investigación, entre las cuales se mencionan:

- Reducir los costos asociados a la no calidad.
- Aumento de la productividad.
- Elección de los ensayos sobre bases científicas, detectando el efecto de los parámetros, además de cuantificarlos.
- Reducir el número de ensayos innecesarios.

(Kuehl, 1999)

2.2.19. Diagrama Causa-Efecto

El Diagrama Causa-Efecto (figura 2.8.) es una herramienta de análisis de problemas, que ilustra gráficamente, la relación existente entre un efecto particular y sus correspondientes causas; es utilizado, generalmente, en la fase de diagnóstico y solución del problema. Para su uso, es necesario identificar el problema o la situación que se desea mejorar, lo cual se logra a través de: una tormenta de ideas, un diagrama de Pareto, un histograma o un diagrama de corrida y su finalidad es contribuir a resolver problemas o analizar oportunidades de mejora. El diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa, es una herramienta que ayuda a determinar las posibles causas de los problemas o fuentes de oportunidad; permite la generación de ideas, su clasificación por importancia y la selección final de las más importantes por consenso de los involucrados (Taguchi, 1979).

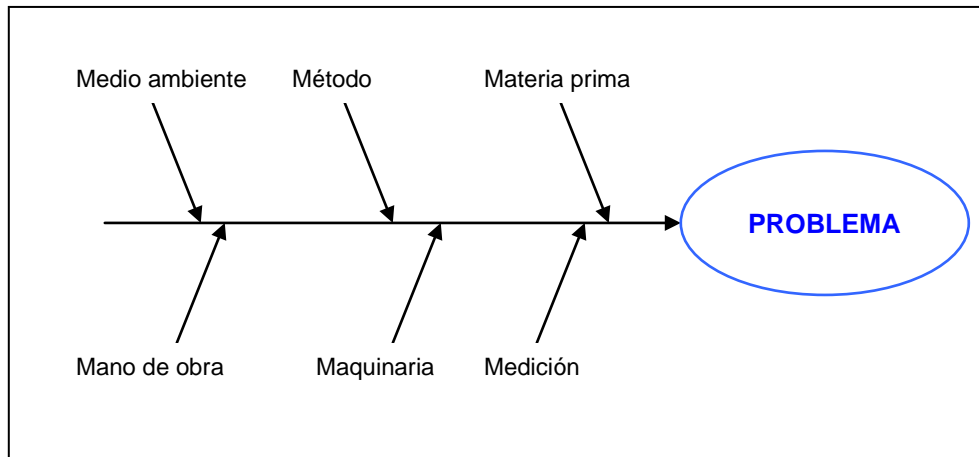


Figura 2.8. Representación gráfica de un diagrama causa-efecto, en forma general. (Fuente: <http://www.gestiopolis.com>).

2.2.20. Experimentos Factoriales

Por experimento factorial se entiende aquel donde en cada ensayo o replica completa del experimento, se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores. Cuando en un experimento se tienen varios factores que son de interés, entonces debe emplearse el diseño experimental factorial (**Montgomery, 2003**).

2.2.21. Arreglos ortogonales

Es una matriz de números o signos, en los cuales las columnas representan los factores y las filas los tratamientos. Los números o los signos representan los niveles de los factores involucrados, de modo que aseguran el cálculo independiente de los efectos de los factores. Las matrices se designan mediante la siguiente nomenclatura: $\mathbf{L}_a(\mathbf{b}^c)$, siendo **a**, el número de corridas experimentales, **b**, número de niveles de cada factor y **c**, el número de columnas en el arreglo (factores). El principal papel de un arreglo ortogonal es evaluar el diseño de una parte o proceso con respecto a la robustez “control ruido”, el costo involucrado; además, describe el número de experimentos requeridos, de forma tal que, las combinaciones de variables puedan ser corregidas. A continuación, en la tabla 2.1, se presenta uno de los modelos ortogonales existentes:

TABLA 2.1.
MODELO DE LA MATRIZ DEL ARREGLO ORTOGONAL PARA
UN DISEÑO EXPERIMENTAL $L_2(2^4)$

Corrida	A	B	C	D
1	-	-	-	-
d	-	-	-	+
c	-	-	+	-
cd	-	-	+	+
b	-	+	-	-
bd	-	+	-	+
bc	-	+	+	-
bcd	-	+	+	+
a	+	-	-	-
ad	+	-	-	+
ac	+	-	+	-
acd	+	-	+	+
ab	+	+	-	-
abd	+	+	-	+
abc	+	+	+	-
abcd	+	+	+	+

Fuente: Taguchi, 1979.

2.2.22. Análisis de Varianza

En estadística, el análisis de varianza (ANOVA, según terminología inglesa), es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, el cual sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos, son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos. El procedimiento para comparar estos valores está basado en la varianza global, observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar



una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones, es distinta de la media de otro grupo de puntuaciones.

El ANOVA parte de algunos supuestos que han de cumplirse:

- La variable dependiente debe medirse al menos a nivel de intervalo.
- Independencia de las observaciones.
- La distribución de la variable dependiente debe ser normal.
- Homogeneidad de las varianzas.

Existen tres tipos de modelos:

- El modelo de efectos fijos asume que el experimentador ha considerado para el factor todos los posibles valores que éste puede tomar. Ejemplo: Si el género del individuo es un factor, y el experimentador ha incluido tantos individuos masculinos como femeninos, el género es un factor fijo en el experimento.
- Los modelos de efectos aleatorios asumen que en un factor se ha considerado tan sólo una muestra de los posibles valores que éste puede tomar. Ejemplo: Si el método de enseñanza es analizado como un factor que puede influir sobre el nivel de aprendizaje y se ha considerado en el experimento sólo tres de los muchos más métodos posibles, el método de enseñanza es un factor aleatorio en el experimento.
- Los modelos mixtos describen situaciones donde están presentes ambos tipos de factores: fijos y aleatorios.

La técnica fundamental consiste en la separación de la suma de cuadrados (SS, “sum of squares” por sus siglas en inglés), en componentes relativos a los factores contemplados en el modelo. Como ejemplo, en la ecuación I se muestra el modelo para un ANOVA simplificado, con un tipo de factores en diferentes niveles. (Si los niveles son cuantitativos y los efectos son lineales, puede resultar apropiado un análisis de regresión lineal).



$$SS_{Total} = SS_{Error} + SS_{Factores} \quad (I)$$

Donde:

SS_{Total} : Suma de cuadrados totales

SS_{Error} : Suma de cuadrados del error

$SS_{Factores}$: Promedio de Suma de cuadrados de los factores individuales y sus respectivas interacciones

La suma de cuadrados se define como la suma producto entre los valores obtenidos mediante la experimentación y la combinación de tratamientos previstos en el diseño experimental, conocido como contraste; entre el producto del número de replicas realizadas, para evaluar la condición de respuesta del experimento y el número de niveles, elevado a los factores considerados en el diseño. El modelo matemático asociado se muestra en la ecuación II

$$SSi = \frac{(Contraste)^2}{n2^k} \quad (II)$$

Donde:

SSi : Suma de cuadrados de un factor

Contraste : Suma producto de las réplicas de cada uno de los respectivos tratamientos de un diseño experimental

n : Número de réplicas

k : Número de factores estudiados

El número de grados de libertad (gl) puede separarse de forma similar a la suma de cuadrados ya estudiada, y se corresponde con la forma en que la distribución chi-cuadrado describe la suma de cuadrados asociada, para el cálculo del mismo se emplea la ecuación III.

$$gl_{Total} = gl_{Error} + gl_{Factores} \quad (III)$$

Donde:

gl_{Total} : Grados de libertad para la suma de cuadrados total.



gl_{Error} : Grados de libertad para la suma de cuadrados del error.

$gl_{Factores}$: Grados de libertad para la suma de cuadrados de los factores individuales y sus respectivas interacciones

Existen otro par de factores que deben ser contemplados en el análisis de varianza de diseños experimentales. Estos son: la media de cuadrados y el factor de renglón ó puntos porcentuales de distribución F_0 ; los cuales son determinantes para la determinación del grado de relevancia o influencia de un factor o arreglo, sobre el diseño experimental en estudio.

La media de cuadrados, se define como el cociente entre la suma de cuadrados de un tratamiento i y los grados de libertad asociados a éste, como se muestra en la ecuación IV.

$$MS_i = \frac{SS_i}{gl_i} \quad (IV)$$

Donde:

MS_i : Cuadrado medio para un factor individual

gl_i : Grados de libertad de un factor

Sustituyendo los valores calculados anteriormente, se tiene:

El factor de renglón o puntos porcentuales de distribución F_0 , es definido como el cociente de la media de cuadrados de un tratamiento i y la media cuadrados del error de las fuentes de variación, el modelo matemático asociado se muestra en la ecuación V.

$$f_0 = \frac{MS_i}{MS_{Error}} \quad (V)$$

Donde:

f_0 : Factor de renglón para una variable

(Montgomery, 2003).



2.2.23. Generalidades Económicas

A continuación se muestran una serie de conceptos extraídos de la bibliografía de Guerra, “*Glosario para administradores y economistas agropecuarios*” (1995); que permiten definir los terminados asociados al estudio económico planteado en la investigación.

2.2.23.1. Beneficio

Expresa la relación que existe entre el ingreso generado cuando es mayor que el capital empleado. Los beneficios intangibles no se pueden incorporar al marco beneficio-costos, aun cuando son aceptables como valiosos, por tanto, deben calcularse de manera subjetiva o indirecta.

2.2.23.2. Costo

El término, generalmente, se entiende como el desembolso o gasto en dinero que se hace en la adquisición de los insumos empleados en la producción de bienes y servicios. La suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir algo útil.

2.2.23.3. Relación Beneficio-Costo

La relación o cociente beneficio-costo, es una medida actualizada del valor del proyecto. Se calcula dividiendo el valor de la corriente de beneficio entre el valor de la corriente de costos. El criterio de la relación beneficio-costo de uno o mayor indica que el proyecto es factible o que se obtiene un beneficio del mismo, de resultar el valor menor a la unidad indica lo contrario.

(Guerra G, 1995).



CAPÍTULO III DESARROLLO METODOLÓGICO

A continuación se muestra la metodología a utilizar en cada uno de los objetivos trazados. Se definen los aspectos considerados para el desarrollo sistemático de los objetivos, que a su vez, estos últimos sirven para considerar este trabajo de investigación a nivel de profundidad de tipo proyecto factible, ya que consiste en el desarrollo de una alternativa viable que señala una solución a un problema y que tiene como propósito satisfacer una necesidad.

La estrategia o diseño de investigación a utilizar es de tipo experimental, ya que se manipulan variables a diferentes condiciones de operación; para así obtener las condiciones que favorezcan en mayor forma la alternativa planteada (**Hurtado, 2000**).

Para el desarrollo sistemático de la investigación (DSI) se plantean las siguientes fases:

3.1. Diagnosticar el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso

A continuación se detallan cada una de las actividades realizadas durante el desarrollo de la investigación que permitieron conocer el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y las variables involucradas en el sistema.

3.1.1. Identificación de equipos, condiciones de operación, puntos de control y tiempos de ciclo en el proceso de fabricación de pinturas.

En esta etapa se recopiló información relevante relacionada con el funcionamiento de la planta, para identificar los equipos, puntos de control, condiciones de operación y tiempos de ciclo del proceso de fabricación de pinturas y comprender cada una de las mismas. Esto se logró a través de



observación directa del proceso, mediante visitas a la planta, así como también, la aplicación de entrevistas no estructuradas, al personal involucrado dentro del proceso, con el fin de conocer el proceso productivo, características y detalles a tomar en cuenta para el desarrollo de la investigación. Además, se revisaron manuales existentes en la compañía, con la finalidad de comprender el proceso de elaboración de pinturas en planta.

3.1.2. Recopilación de información sobre compuestos orgánicos espesantes, HEC y compuestos afines.

En esta sección se realizó la revisión bibliográfica pertinente, para obtener las bases teóricas sobre los elementos y compuestos que participan dentro del sistema; y en especial, sobre compuestos orgánicos espesantes y afines, con el fin de conocer los parámetros básicos involucrados; así como también, la función de cada uno de éstos en las etapas del proceso de elaboración de las pinturas.

3.1.3. Determinación de los componentes de la materia prima.

Mediante la aplicación de entrevistas no estructuradas, al personal técnico de la empresa y por medio de las investigaciones realizadas previamente en los distintos libros y manuales, se logró la identificación generalizada de las materias primas empleadas en la fabricación de las pinturas y el aporte de cada uno de estos compuestos en las etapas del proceso.

3.1.4. Comprensión del proceso de fabricación de pinturas y la información recopilada.

Una vez recopilada la información pertinente sobre el proceso de fabricación de pinturas se procedió a realizar el análisis de la misma, obteniendo un punto de vista general de los factores y parámetros que rigen las características del proceso y del producto final obtenido, lo cual permitió un posterior



establecimiento de las variables y factores más influyentes y representativos a estudiar.

3.1.5. Puntualización de las variables que afectan la capacidad espesante de los compuestos.

Con base en la comprensión del proceso, además del aporte del personal técnico de la empresa y los fundamentos teóricos recopilados, se procedió a listar las posibles variables que podían tener un efecto influyente sobre la capacidad espesante de los compuestos, con la finalidad de resaltar las variables y/o los factores más representativos.

3.1.6. Clasificación de las variables de acuerdo a su importancia.

Una vez puntualizadas las variables que probablemente afectarían la capacidad espesante de los compuestos, se procedió a agruparlas en variables de proceso y de producto, de acuerdo a la función que cumplan cada una de éstas dentro del sistema; las mismas se reclasificaron de acuerdo a su relevancia, basada en su influencia sobre cada uno de los factores a ser estudiados.

3.1.7. Establecimiento de las ponderaciones de cada variable de acuerdo a su importancia.

Mediante la realización de una matriz de selección (figura 3.1.), de acuerdo a la puntualización y clasificación de las variables previamente realizada y tomando en cuenta la revisión bibliográfica y las entrevistas no estructuradas, aplicadas al personal técnico de la empresa, se otorgó el valor de importancia correspondiente a cada uno de los factores o variables estudiadas, para su posterior evaluación. Dicho personal se haya compuesto por gerente de producción (Ingeniero Químico), gerente de calidad (Licenciada en Química), y personal de laboratorio (Técnicos Superiores Universitarios en Química).

Para la evaluación de la matriz de valoración, se empleó una escala comprendida entre cero (0) y diez (10), donde cero representa el valor menos significativo y diez el valor más significativo; la multiplicación es el producto entre el peso y el valor de la escala, posteriormente se sumaron todos los valores de las multiplicaciones y la mayor sumatoria arrojará la mejor alternativa. Para la asignación de los diferentes valores de escala para cada factor se realizaron tormentas de ideas y entrevistas no estructuradas con el personal técnico de la empresa, de acuerdo a sus criterios y a las revisiones bibliográficas realizadas se establecieron las ponderaciones.

Factores	Peso (%)	ALTERNATIVAS					
		Opción 1		Opción 2		Opción n	
		Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación
Factor 1							
Factor 2							
Factor m							

Figura 3.1. Matriz de selección generalizada (Taguchi, 1979).

3.1.8. Eliminación de las variables menos significativas.

Una vez establecidas las ponderaciones se procedió a descartar los valores de menor relevancia dentro del estudio, de acuerdo a los valores obtenidos en la matriz de selección, para sólo tomar en cuenta los factores más significativos para los fines de la investigación. Esto ayudó a descartar variables consideradas para el estudio, significativamente no influyentes, que no arrojaron conclusiones relevantes sobre la capacidad espesante de los compuestos.



3.1.9. Identificación las variables involucradas en el sistema y estudio del efecto de la HEC en la mezcla.

Luego de descartar las variables menos significativas y tomando en cuenta los resultados de la matriz de selección elaborada se definieron cuáles son las variables más relevantes, a ser tomadas en cuenta para el desarrollo de la investigación y a su vez se determinó el comportamiento y la influencia de la HEC dentro de las pinturas.

3.2. Analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas empleando ésta como espesante

3.2.1. Traslado de las muestras al laboratorio.

En esta etapa se realizó la recolección de las muestras de pintura que emplearon HEC como espesante, así como también la recolección de las muestras de la HEC pura y su posterior traslado al laboratorio de investigación y desarrollo de la empresa, para la aplicación de las diferentes pruebas específicas necesarias para su análisis.

3.2.2. Aplicación de las pruebas correspondientes.

Mediante la aplicación de pruebas de pH, viscosidad y porcentaje de sólidos disueltos, basados en normas COVENIN, ASTM y manuales técnicos de la empresa, se determinaron los parámetros que se deseaban alcanzar en la nueva formulación y en el producto final, empleando la formulación desarrollada del espesante en sustitución de la HEC.

Los análisis de pH fueron realizados con un pHmetro ATI Orion 320 digitales (figura 3.2.), con un electrodo vidrio y cálmel, según la norma COVENIN 0676:1996 y la ASTM E 70-70.



Figura 3.2. pHmetro ATI Orion 320 Digital.

La viscosidad fue medida con viscosímetros Brookfield (figura 3.3.), tipos LVT y RVT, de acuerdo con la norma COVENIN 0577:2007 y el ASTM D 2196-05.



Figura 3.3. Viscosímetros Brookfield tipos LVT y RVT.

El porcentaje de sólidos disueltos fue determinado mediante la diferencia de masas obtenidas en una balanza analítica Mettler H31 (figura 3.4.), según la norma COVENIN 0680:1996 y lo establecido en el ASTM D 2369-07.



Figura 3.4. Balanza analítica Mettler H31.

3.2.3. Obtención de los resultados de las pruebas específicas aplicadas.

En base a las pruebas específicas realizadas se obtuvieron los resultados necesarios para establecer los valores de los parámetros fijados como metas de la investigación.

3.2.4. Determinación de las propiedades particulares del producto final, establecidas por las normas COVENIN, ASTM y los manuales técnicos de la empresa.

En esta sección se analizaron los resultados obtenidos, mediante las pruebas específicas anteriormente efectuadas según las normas, y se determinaron las propiedades particulares que la HEC le concede al producto final, con base en comparaciones con los manuales técnicos de la empresa y las especificaciones de los mismos.



3.3. Sintetizar la resina acrílica

A continuación se detallan cada una de las actividades a realizadas durante la síntesis de la resina acrílica. Se trabajó con un diseño de experimentos que permitió evaluar cada uno de los polímeros obtenidos, mediante la realización de pruebas de caracterización al producto terminado, para conocer el efecto de la modificación de las variables de entrada, seleccionadas con base a la capacidad espesante del compuesto sintetizado.

3.3.1. Recopilación de información acerca de los resultados obtenidos en los diferentes procesos existentes para la síntesis de resinas acrílicas.

Mediante la revisión bibliográfica de textos, manuales técnicos y documentos en línea; se logró la recopilación de información generalizada sobre los diferentes procesos, para la síntesis de resinas acrílicas y, los resultados obtenidos mediante la implementación de cada uno de éstos, lo cual sirvió de base para la posterior selección del método a utilizar en la síntesis de la resina acrílica desarrollada.

3.3.2. Interpretación de las diferentes alternativas para la producción de resinas acrílicas.

Luego de recopilar la información referente a los procesos existentes para la síntesis de resinas acrílicas y los resultados que éstos brindan, se procedió a interpretar ésta, con lo cual se precisaron las diferentes maneras por las cuales podría sintetizarse la resina acrílica desarrollada.

3.3.3. Aplicación de entrevistas.

Además de la interpretación de la información recopilada sobre la síntesis de compuestos espesantes, resinas acrílicas y los resultados que pueden



alcanzarse mediante la aplicación de estos métodos, se realizaron entrevistas no estructuradas, al personal técnico especializado de la empresa, para reforzar y/o descartar todas las informaciones obtenidas. Por otra parte, mediante éstas se logró identificar las adecuaciones necesarias de los procesos investigados para que fueran aplicables a las especificaciones y condiciones de la empresa.

3.3.4. Revisión de las diferentes innovaciones tecnológicas en cuanto a la síntesis de compuestos espesantes.

Una vez recopilada y analizada toda la información obtenida de las revisiones bibliográficas y de las entrevistas con el personal técnico de la empresa, sobre la síntesis de compuestos espesantes y resinas acrílicas, se llevó a cabo la revisión de innovaciones tecnológicas, en cuanto a la síntesis de estos compuestos, para identificar las posibles tecnologías a ser empleadas en la síntesis de la resina acrílica y su posible implementación en el laboratorio de desarrollo de la empresa.

3.3.5. Clasificación de los procesos de síntesis de resinas acrílicas de acuerdo a su aplicabilidad y eficiencia.

Posteriormente, analizada toda la información recopilada sobre los diferentes métodos de síntesis de resinas acrílicas se procedió a agruparlas en procesos aplicables y procesos eficientes, de acuerdo a las características de cada uno de éstos, para su posterior evaluación y selección.

3.3.6. Establecimiento de las ponderaciones de cada variable de acuerdo a su importancia.

Mediante la realización de una matriz de selección (figura 3.1.), de acuerdo a la clasificación de las variables previamente realizada y tomando en cuenta la revisión bibliográfica y las entrevistas no estructuradas, aplicadas al personal



técnico de la empresa, se asignó el valor de importancia correspondiente a cada uno de los métodos estudiados, para su posterior evaluación.

La evaluación de la matriz de valoración por puntos correspondiente se realizó siguiendo el mismo principio anteriormente descrito.

3.3.7. Eliminación de las variables menos significativas.

Una vez establecidas las ponderaciones se procedió a descartar los valores de menor relevancia dentro del estudio, tomando en cuenta sólo los métodos más aplicables y eficientes para los fines de la investigación. Esto ayudó a descartar alternativas estudiadas anteriormente que carecían de aplicabilidad, tomando en cuenta las condiciones actuales del laboratorio.

3.3.8. Selección del proceso metodológico más viable.

Luego de descartar las alternativas menos significativas, tomando en cuenta los resultados de la matriz de selección elaborada, se estableció el proceso metodológico más viable para la síntesis de la resina acrílica espesante; y se seleccionó dicho proceso para el desarrollo de la fase experimental de la investigación.

3.3.9. Planteamiento del proceso metodológico seleccionado para la síntesis de la resina acrílica espesante.

En esta sección se planteó el proceso metodológico seleccionado y se establecieron los pasos para su desarrollo.

3.3.11. Aplicación del diagrama de causa-efecto para la determinación de las variables más influyentes en la síntesis de la resina.

Mediante la realización de entrevistas no estructuradas con el personal encargado de la planta y el personal técnico especializado, se realizó una tormenta de ideas con la cual se determinó las causas que posiblemente modifican los factores a ser estudiados. Posteriormente a la identificación de los factores, se procedió a agrupar los mismos en variables de proceso y de producto de acuerdo a: equipo, personal, medio ambiente, formulación, materia prima y proceso.

3.3.12. Análisis de los resultados obtenidos con el diagrama causa-efecto y selección de las variables a ser estudiadas.

Se efectuaron reuniones con personal multidisciplinario del laboratorio de investigación y desarrollo de la empresa, entre ellos: jefe de producción, supervisor y personal del laboratorio; de esta manera se definieron las variables que se consideraron para la investigación. Esta selección se llevó a cabo tomando como referencia trabajos previos realizados bien sea a escala de laboratorio como a escala industrial. Esto ayudó a descartar variables estudiadas anteriormente y que no llevaron a ninguna conclusión relevante sobre la capacidad espesante de las resinas acrílicas. A partir de este diagrama se seleccionaron los factores a ser estudiados en la investigación.

3.3.13. Selección de los posibles componentes de las formulaciones.

Tomando en cuenta el diagrama causa – efecto elaborado, las propiedades que se desean obtener como resultado final y la disponibilidad de los compuestos dentro de la materia prima de la empresa, se realizó la selección de los posibles compuestos a utilizarse en las distintas formulaciones a desarrollar.



3.3.14. Aplicación de pruebas preliminares para la evaluación del comportamiento de la reacción de síntesis de la resina acrílica espesante.

Una vez seleccionados los componentes de la formulación se aplicó una serie de pruebas preliminares para identificar el comportamiento del sistema empleado en la síntesis, y de esta manera, se determinó si era necesario realizar ajustes, o establecer controles adicionales de las variables dentro del proceso de reacción.

3.3.15. Establecimiento de condiciones de operación para el proceso de síntesis.

Una vez seleccionadas, mediante el diagrama causa – efecto, las variables a ser estudiadas, y tomando en cuenta los resultados obtenidos de las pruebas preliminares realizadas, se establecieron las condiciones de operación para el proceso de síntesis de la resina, basados en el entorno físico del laboratorio y en los sistemas de control con los que el equipo cuenta.

3.3.16. Selección del diseño experimental a utilizar.

Posteriormente a la selección de las variables que formaron parte del estudio, se realizó una revisión bibliográfica acerca de diseños experimentales y de acuerdo al número de variables, se consideró la metodología adecuada para este tipo de investigación.

3.3.17. Aplicación del método estadístico establecido para la determinación del número de ensayos a realizar.

Una vez establecidos los factores a estudiar y sus respectivos niveles, se establecieron todas las posibles combinaciones de experimentos a realizar.



3.3.18. Planteamiento de las diferentes formulaciones.

Luego de obtener el número de experimentos a realizar y los niveles de cada factor en los mismos, se procedió a establecer el valor cuantitativo de cada uno de los niveles y se plantearon las distintas formulaciones que fueron sometidas a estudio.

3.3.19. Síntesis de las resinas acrílicas.

Después de realizar el planteamiento de las diferentes formulaciones se procedió a ejecutar el diseño experimental determinado, y en base a la metodología planteada se realizó la síntesis de las diferentes resinas para las formulaciones establecidas.

3.3.20. Caracterización de las diferentes resinas obtenidas.

Posteriormente a la ejecución del diseño experimental para cada una de las formulaciones planteadas, se realizaron las pruebas específicas de pH, viscosidad y porcentaje de sólidos disueltos, según las normas COVENIN y ASTM anteriormente mencionadas, para caracterizar cada una de las diferentes resinas obtenidas mediante la metodología de síntesis planteada.

3.3.21. Aplicación de un periodo de incubación a las resinas.

En esta sección, las resinas sintetizadas se colocaron en un período de incubación dentro de una estufa a $(333,2 \pm 0,1)$ K continuamente, por un período de tiempo de 2 meses, donde fueron sometidas a condiciones críticas que permitieran aproximar el comportamiento de las mismas si fuesen almacenadas por un período de un año.



Este período de incubación se realizó con la finalidad de predecir si con el tiempo las resinas sintetizadas conservaban sus propiedades iniciales y su poder espesante, así como también, permitió conocer si se produce proliferación de algún tipo de hongo dentro del solvente que pudiera afectar sus propiedades.

3.3.22. Aplicación de las diferentes pruebas específicas (pH, viscosidad y poder espesante).

Después de haberse aplicado el proceso de incubación a las muestras de resina, se procedió nuevamente a caracterizar las mismas, para comprobar si sus propiedades aún se mantenían o si habían sufrido algún tipo de modificación con el tiempo. Estos análisis se realizaron de la misma forma descrita anteriormente.

3.3.23. Selección de la formulación de la resina acrílica que proporcione los mejores resultados.

Mediante la aplicación de una matriz de selección, en la cual la ponderación de las alternativas realizadas se aplicó, de acuerdo a los resultados obtenidos en las distintas caracterizaciones aplicadas a las resinas sintetizadas, se procedió a seleccionar la resina que proporcionó los mejores resultados; fijándose como criterio principal que, mientras mayor poder espesante presentara la resina, se le mayor ponderación dentro de la matriz se la asignaba. El procedimiento de evaluación para la selección de la resina espesante se realizó de igual forma que los anteriormente descritos, con una etapa de establecimiento de ponderaciones, una etapa de evaluación de cada una de las resinas sintetizadas, una etapa de eliminación de las resinas menos significativas y por último, una etapa de selección de la formulación de la resina acrílica que proporcionó los mejores resultados de acuerdo a su ponderación.



3.4. Evaluar las características de las pinturas en base acuosa empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada

Una vez seleccionada la resina acrílica espesante que brindó los mejores resultados, se procedió a evaluar su comportamiento dentro de las pinturas y a determinar si la mezcla de estos compuestos modifica las propiedades particulares de cada uno de ellos.

3.4.1 Preparación de la pintura empleando la HEC y la resina seleccionada como espesante.

Una vez seleccionada la resina acrílica que proporcionó los mejores resultados, se procedió a preparar una muestra de pintura, empleando ésta como espesante, con la finalidad de analizar si la mezcla de estos compuestos genera alguna modificación indeseada en las propiedades de los mismos.

A su vez, se preparó una mezcla de pintura empleando la HEC como espesante, a fin de comparar los resultados obtenidos entre ambas combinaciones.

3.4.2. Aplicación de análisis a las pinturas.

En este punto de la investigación, se procedió a aplicar pruebas específicas (pH, viscosidad, porcentaje de sólidos disueltos), según lo establecido en las normas COVENIN y los ASTM anteriormente mencionados, para posteriormente, compararlos con las especificaciones del producto de acuerdo a los estándares de la empresa, cuando se emplea HEC como espesante de la pintura, y con las caracterizaciones realizadas a las muestras preparadas anteriormente.



3.4.3. Análisis de los resultados obtenidos de los ensayos y pruebas realizadas.

Posteriormente a la aplicación de las pruebas específicas a la pintura, los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis, para establecer semejanzas y diferencias con respecto a las especificaciones técnicas dadas por la empresa y con las pinturas caracterizadas.

3.4.4. Diferenciación de las propiedades que cada espesante atribuye a la pintura.

Con base a los resultados obtenidos y analizados anteriormente se establecieron las propiedades específicas que la resina seleccionada le atribuye a la pintura.

3.4.5. Establecimiento de semejanzas y diferencias entre los resultados obtenidos.

Luego de diferenciar las propiedades que la resina seleccionada le atribuye a la pintura se establecieron las semejanzas y diferencias entre los resultados obtenidos, comparando así, el efecto de la sustitución del espesante seleccionado, en la formulación de las pinturas.

3.5. Evaluar la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada, empleadas como espesantes, en el proceso de elaboración de pinturas

Luego de seleccionar y comparar la resina obtenida con la HEC se procedió a determinar si la sustitución de la hidroxietilcelulosa dentro del proceso, presenta algún beneficio o disminución de costos de producción de las pinturas.



3.5.1 Aplicación de los modelos matemáticos.

Una vez seleccionada la resina y comparadas las propiedades finales del producto obtenido con las especificaciones técnicas de la empresa y con las pinturas caracterizadas, se procedió a aplicar los modelos matemáticos de cálculo financiero aplicables para determinar la relación beneficio – costo de la sustitución de la HEC por la resina acrílica sintetizada.

3.5.2. Obtención de los costos asociados a la utilización de cada compuesto.

Luego de la aplicación de los modelos matemáticos se estimaron los costos asociados a la utilización de cada uno de los compuestos en la formulación de las pinturas.

3.5.3. Estimación del ahorro de la sustitución de la HEC por el nuevo compuesto.

Obtenidos los costos asociados a la utilización de cada compuesto en la formulación de las pinturas, se procedió a realizar una diferenciación de los mismos, poniéndose de manifiesto la disminución o no de los costos de producción de las pinturas.

3.5.4. Determinación de la relación costo-beneficio.

Después de determinarse el costo de cada uno de los compuestos involucrados en la formulación de las pinturas se procedió a realizar el cociente entre el valor actual y el valor de la mejora para determinar si existe una relación beneficiosa en la sustitución del espesante.



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presenta el análisis de los resultados, obtenidos en el desarrollo de la investigación, dando lugar al cumplimiento de los objetivos planteados.

4.1. Diagnosticar el proceso actual de fabricación de pinturas en base acuosa y el funcionamiento de la hidroxietilcelulosa (HEC) en dicho proceso

Para realizar el diagnóstico del proceso de fabricación de pinturas artísticas en base acuosa empleado actualmente en la empresa, se realizó la identificación de equipos, tiempos de ciclos y puntos de control, partiendo de entrevistas no estructuradas al personal técnico directamente relacionado con el proceso, así como también, de manuales técnicos de la empresa, obteniéndose como resultado que el proceso se lleva a cabo por lotes, en cuatro (04) etapas fundamentales:

- Molienda

Ésta es la primera etapa que conforma el proceso de producción de las pinturas artísticas en base acuosa. En esta etapa, el pigmento base para la pintura es colocado en un molino de perlas, en donde se modifica el tamaño de las partículas del pigmento, mediante el uso de perlas de silicato de aproximadamente 2 mm de diámetro. Esta etapa del proceso se realiza por un tiempo de 45 minutos, para garantizar que el pigmento alcance un tamaño adecuado desde el punto cualitativo, ya que la empresa no cuenta con los equipos o instrumentos necesarios para realizar la medición del tamaño de partículas del pigmento molido. Esta etapa del proceso es una de las más importantes debido a que el tamaño de las partículas afecta su dispersión en el vehículo y el tiempo correspondiente.

- **Dispersión**

Una vez que el pigmento es molido se procede a humectarlo. En esta etapa del proceso, el pigmento es colocado en un tanque de mezclado y se le añade agua, sometiendo la mezcla a constante agitación, con lo cual se obtiene una mezcla homogénea.

Por otra parte, en esta etapa también se realiza la dispersión del resto de los componentes de la pintura en tanques separados. En estos tanques se dispersan varias materias primas, entre las cuales se pueden mencionar: talco, dióxido de titanio, antiespumantes, dispersantes, resinas, esencias y carbonato de calcio, entre otras; formando así, una mezcla homogénea que al añadirle la dispersión de pigmentos permite la elaboración de las pinturas.

La etapa de dispersión, tanto de los pigmentos como de la mezcla base, se realiza en tanques de mezclado. Esta etapa del proceso tiene un período de duración de aproximadamente 45 minutos, dependiendo del tamaño de partícula de la mezcla a dispersarse. La homogenización de la mezcla se realiza con un equipo de agitación.

- **Preparación del color**

Una vez realizada las dispersiones necesarias para la preparación de las pinturas, se procede a realizar la mezcla de las mismas, bajo la supervisión del técnico colorista de la empresa y respetando las respectivas formulaciones ya preestablecidas para la preparación de cada color. Este proceso se lleva a cabo en tanques de mezclado de acero inoxidable, iguales a los utilizados en la etapa de dispersión, con un tiempo de duración de 30 minutos bajo continua agitación. En esta etapa del proceso se añade la o las dispersiones de pigmentos, necesarias para preparar el color, la dispersión de las materias primas utilizada como base para la preparación de las pinturas, así como también, el espesante, en este caso la hidroxietilcelulosa, necesaria para llevar la mezcla a las condiciones requeridas por el laboratorio de control de calidad de la empresa.



Posteriormente, se toman muestras para su análisis de calidad y se determinan los ajustes necesarios a realizar para cumplir con los requisitos establecidos en los manuales técnicos de la empresa. Una vez aprobada la pintura por el laboratorio de control de calidad, se procede a realizar el envasado de la misma, como última etapa del proceso.

- Envasado

Esta es la etapa final del proceso de producción de pinturas artísticas en base acuosa, en la cual la mezcla final es envasada en las diferentes presentaciones de la gama de productos que ofrece la empresa, dependiendo del mismo y de los requerimientos del mercado.

La capacidad espesante de un compuesto es medida como la variación de la viscosidad de una mezcla en función de la cantidad o de la concentración de espesante presente en la misma. Ésta, puede verse afectada dependiendo del tamaño de las partículas constituyentes y de la interacción que promuevan éstas en el medio al cual son expuestas. Las variables antes mencionadas fueron evaluadas mediante la aplicación de una matriz de valoración por puntos, en la cual el establecimiento de las diferentes ponderaciones para cada variable se efectuó de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada y las entrevistas no estructuradas, aplicadas al personal técnico de la empresa, determinándose que las variables que afectan la capacidad espesante de los compuestos están relacionadas con los factores mostrados a continuación en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1.
MATRIZ DE VALORACIÓN POR PUNTOS PARA EL ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD ESPESANTE DE LA HIDROXIETILCELUCOSA

Factores	Peso (%)	VARIABLES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD ESPESANTE DE LA HEC			
		Tamaño de las partículas		Interacción con el medio	
		Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación
Formación de puentes de hidrógeno intermoleculares	25	9	225	10	250
Formación de puentes de hidrógeno intramoleculares	25	10	250	10	250
Solubilidad	15	9	135	9	135
Inerte	13	10	130	10	130
pH	8	4	32	8	64
Temperatura	7	5	35	5	35
Presión	7	5	35	5	35
Total	100	48	842	54	899

A partir de los resultados obtenidos mediante la matriz de selección mostrada, se determinaron los factores más influyentes en la capacidad espesante del compuesto bajo estudio, permitiendo así analizar el efecto producido por este compuesto en la pintura. Primeramente se analizó el carácter inerte de la HEC, debido a que la misma no reacciona químicamente con los componentes de la pintura, sin embargo, interactúa con el medio solvente modificando así la viscosidad de la mezcla.



El factor determinado como más influyente es la interacción con el medio, esto es debido a que, dependiendo de cuál sea el tipo interacción que presente la molécula espesante con el medio en el cual se encuentra, afectará la capacidad de transporte del mismo, variando con esto su viscosidad. Para el caso de la hidroxietilcelulosa, ésta es un compuesto derivado de la celulosa, que por su estructura química posee radicales hidroxilo (-OH), los cuales permiten la formación de puentes de hidrógeno, tanto intramoleculares como intermoleculares. Según Aqualon, 1985, “el Natrosol, al entrar en contacto con la parte acuosa del medio, absorbe parte del agua presente en el mismo, mediante la formación de puentes de hidrógeno con los grupos hidroxilos y éteres disponibles, esto hace que todo el sistema se hinche y aumente la viscosidad, pues se “consume” el vehículo”.

Por otra parte, el otro factor influyente en la capacidad espesante de los compuestos es el tamaño de la partícula; evidentemente, una partícula de mayor tamaño al encontrarse en el medio, dificulta la movilidad de las moléculas del mismo, afectando de esta manera, la capacidad de transporte de ese medio, modificando así su viscosidad. Un punto que es importante señalar es que, el tamaño de la partícula del compuesto espesante puede dificultar su solubilidad, esto debido a que una partícula de mayor tamaño presenta mayor dificultad para desplazarse entre los espacios libres que quedan entre las moléculas del medio. Para el caso de la hidroxietilcelulosa, polímero no iónico, modificado y de alto peso molecular, un apreciable número de grupos hidroxilo (-OH), de las unidades de glucosa presentes en la unidad repetitiva, han sido sustituidos por grupos hidroxietil éter (-OCH₂CH₂OH); estos grupos, más voluminosos, impiden el ordenamiento de las cadenas y su empaquetamiento, lo cual genera que sea soluble en agua a pesar que el tamaño de las partículas de este compuesto es bastante elevado. **(Aqualon, 1985)**

4.2. Analizar las características fisicoquímicas de la HEC y de las pinturas, empleando ésta como espesante

Al aplicar pruebas de determinación de viscosidad en función de la cantidad de espesante se obtuvo la curva mostrada en la figura 4.1.

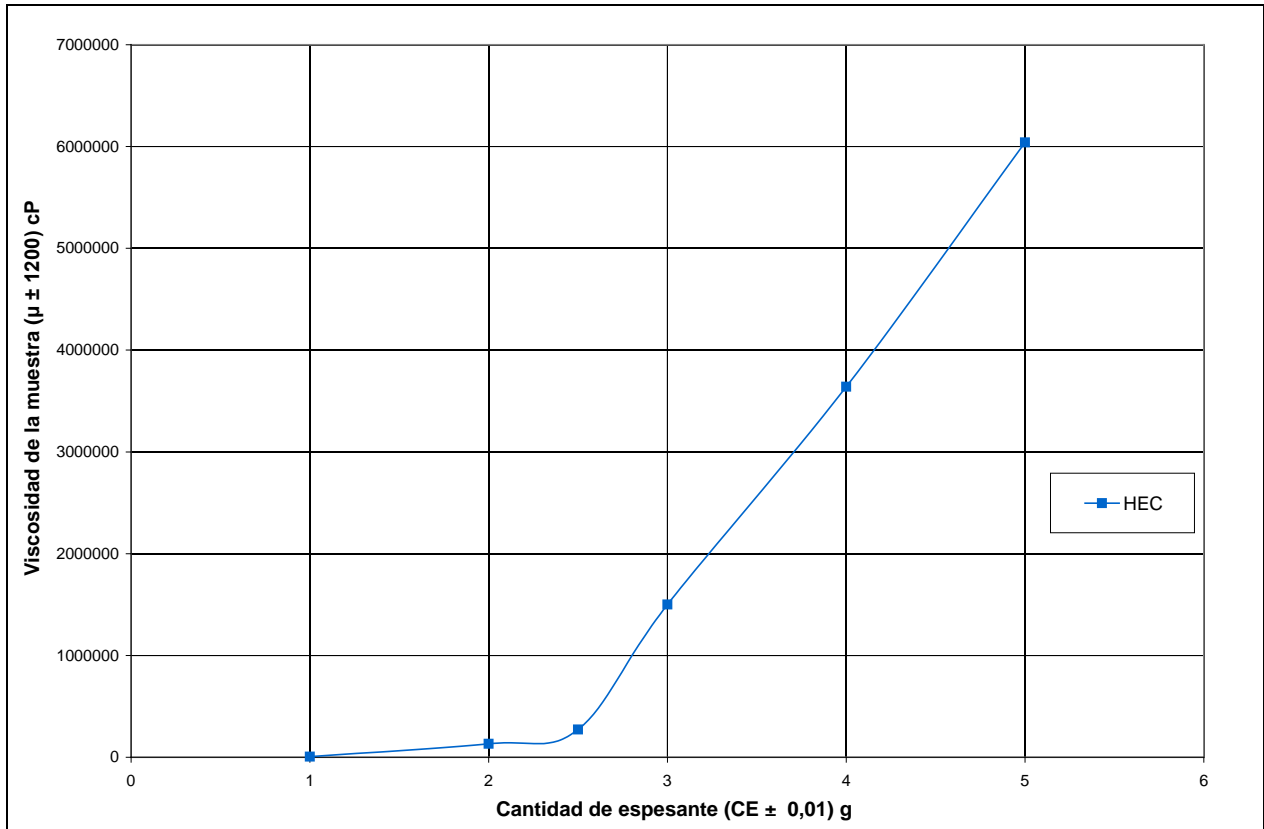


Figura 4.1. Variación del poder espesante de la HEC en función de la cantidad empleada.

Al realizar los análisis correspondientes a las muestras de hidroxietilcelulosa, se pudo evidenciar que el comportamiento del poder espesante de este compuesto es directamente proporcional a la concentración del mismo en el medio, esto se justifica con lo discutido en el objetivo anterior; ya que, es evidente que al aumentar la concentración de espesante dentro de la mezcla se espera un aumento directo de la viscosidad del mismo. Ahora bien, al realizar las curvas de la variación del poder espesante en función de la concentración (figura 4.1.), se determinó que esta curva no posee un comportamiento de crecimiento lineal, sino más bien dos tendencias diferentes a partir de un punto de inflexión. En la sección de la curva que se encuentra antes del punto de inflexión se observa que la variación de la viscosidad en función de



la cantidad de espesante presente es bastante baja, esto es debido a que a estas concentraciones la cantidad de HEC presente en la mezcla no es significativa en comparación con el volumen de agua del medio, por lo cual la variación de la viscosidad en esta zona es poco importante.

A partir del punto de inflexión en adelante se observa un aumento pronunciado de la viscosidad para una poca variación de la cantidad de espesante en la mezcla, esto se debe a que a partir de este punto la mezcla comienza a “saturarse” de espesante; es decir, la cantidad de espesante presente se vuelve significativa sobre la cantidad de agua en el medio, generando un aumento más pronunciado de la viscosidad. Además, es importante señalar que la HEC es un polímero, que cuando se encuentra en una cantidad apreciable dentro de la mezcla, absorbe parte del agua del medio hacia el interior de su matriz polimérica, hinchándose, lo cual acrecienta su efecto sobre la viscosidad, ya que se consume parte del vehículo en este proceso.

Además de realizar las pruebas al espesante disuelto únicamente en agua, a diferentes concentraciones, también se realizaron los análisis correspondientes a la pintura, empleando la hidroxietilcelulosa como espesante, para determinar las propiedades que atribuye este compuesto al producto final.

TABLA 4.2
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE PINTURA

Muestra	(pH ± 0,1)	Viscosidad (μ ± 0,3) cP
Pintura sin HEC	8,3	25,0
Pintura con HEC	8,3	5300,0

Los resultados arrojados por estas pruebas permitieron determinar que la HEC posee un carácter inerte con respecto al resto de los componentes de la pintura, es decir, sólo afecta la capacidad de transporte de la misma, o lo que es lo mismo,



modifica su viscosidad, incrementándola hasta los valores requeridos por las especificaciones de la empresa.

Con base a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas, se pudo determinar que las características de la hidroxietilcelulosa son: es un compuesto inodoro, incoloro, y de pH neutro. Por otra parte, se determinaron las propiedades de las pinturas sin HEC resultando las mismas como: mezcla de pH ($8,3 \pm 0,1$) y con una de viscosidad ($25,0 \pm 0,3$) cp. Las pruebas realizadas a la pintura empleando HEC como espesante dieron como resultado: mezcla de pH ($8,3 \pm 0,1$) y viscosidad de (5300 ± 60) cp; además de lo hasta ahora descrito, cualitativamente no se observaron modificaciones sobre el brillo, poder de cubrimiento, color o acabado de las pinturas, lo que corrobora el carácter inerte del Natrosol.

4.3. Sintetizar la resina acrílica

Los procesos de polimerización para la síntesis de la resina acrílica fueron evaluados, mediante la aplicación de una matriz de valoración por puntos, en la cual el establecimiento de las diferentes ponderaciones para cada variable se efectuó de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada y entrevistas no estructuradas, aplicadas al personal técnico y especializado de la empresa.

El análisis y el establecimiento de las ponderaciones dentro de la matriz de valoración por puntos, se realizó siguiendo el mismo procedimiento descrito para la tabla 4.1. La matriz de valoración por puntos empleada para la valoración de los diferentes procesos de polimerización es mostrada a continuación.



TABLA 4.3
MATRIZ DE VALORACIÓN POR PUNTOS PARA EL ESTUDIO DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS PARA LA SÍNTESIS DE RESINAS

Factores	Peso (%)	PROCESOS DE POLIMERIZACIÓN EMPLEADOS PARA LA SÍNTESIS DE RESINAS							
		Batch		Solución		Suspensión		Emulsión	
		Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación	Escala	Multiplicación
Aplicabilidad	25	4	100	6	150	8	200	10	250
Eficiencia	20	10	200	6	120	8	160	10	200
Tiempo de reacción	15	10	150	10	150	10	150	10	150
Condiciones de reacción	15	7	105	8	120	9	135	9	135
Riesgos de seguridad	7	5	35	9	63	9	63	9	63
Productos no deseados	8	10	80	3	24	6	48	8	64



Costo	10	10	100	4	40	7	70	4	40
Total	100	56	770	46	289	57	826	60	902



Mediante los resultados obtenidos a partir de la matriz de selección mostrada anteriormente, se determinó que el proceso de polimerización adecuado para obtención de la resina acrílica es el de emulsión. En este proceso las micelas formadas por el surfactante, actúan como pequeños reactores por lotes donde se genera la polimerización.

El proceso de polimerización tipo batch brinda una alta eficiencia y un tiempo de reacción corto, pero fue descartado debido a que en el mismo la reacción de polimerización es muy violenta y por ser de tipo exotérmica, ésta podría alcanzar temperaturas extremadamente elevadas que traerían consigo un riesgo para el equipo y para los experimentadores, por lo cual se consideró poco aplicable.

En el proceso de polimerización en emulsión el solvente permite absorber parte del calor emitido por la reacción de polimerización, pero debido a que los monómeros son de tipo orgánico y los catalizadores empleados son de tipo inorgánico, estos últimos no son solubles en el medio, lo cual disminuye la eficiencia del proceso, además un proceso de este tipo requiere la inversión de dinero para la aplicación de procesos que permitan separar el polímero del solvente orgánico empleado, por lo que éste también se descartó.

Por último el proceso de polimerización en suspensión al igual que el de solución permite disipar parte del calor emitido por la reacción de polimerización, pero en este caso es el catalizador quien es soluble dentro del medio, mientras que los monómeros inorgánicos no lo son; esto trae como consecuencia que se dificulte la iniciación de la reacción y la propagación de la misma, ya que el monómero se encuentra muy disperso dentro del medio de reacción, afectando con esto la eficiencia del proceso.

Para la síntesis de la resina acrílica, a nivel de laboratorio, y en una posible adaptación del proceso a las condiciones de la planta, se seleccionó como método más viable, un proceso por carga, sometido a constante agitación y con dosificación de los catalizadores e iniciadores de la reacción.



La metodología experimental establecida cuenta con una serie de pasos ordenados sucesivamente, dispuestos para obtener los mejores resultados en la síntesis de la resina acrílica. De forma general se pueden listar de la siguiente manera:

- 4.3.1. Añadir el surfactante y el solvente al reactor.
- 4.3.2. Añadir lentamente los monómeros al reactor.
- 4.3.3. Añadir el catalizador número 1.
- 4.3.4. Añadir el catalizador número 2.
- 4.3.5. Añadir el iniciador, (la temperatura debe aumentar).
- 4.3.6. Cuando se alcance la temperatura máxima y se haya finalizado la adición del iniciador, se añade nuevamente el catalizador 2.
- 4.3.7. Dejar que la mezcla reaccione por un tiempo determinado.
- 4.3.8. Añadir catalizador 3.
- 4.3.9. Añadir una pequeña cantidad de iniciador, justo después del paso anterior.
- 4.3.10. Dejar enfriar la mezcla hasta (313 ± 1) K.
- 4.3.11. Añadir el bactericida.
- 4.3.12. Filtrar la mezcla.
- 4.3.13. Extraer muestras para análisis.
- 4.3.14. Envasar el resto de la muestra para su posterior incubación.

El primer catalizador empleado es de tipo sulfato, el cual posteriormente, actuará como un acelerador del resto de los catalizadores; adicionalmente a esto, se coloca dentro del reactor el segundo catalizador, el cual es de tipo persulfato, este catalizador unido al iniciador, de tipo hidrosulfito, permiten el comienzo de la polimerización formando una reacción de tipo redox, que genera la transferencia de electrones y con ello el inicio del proceso de polimerización, lo cual se debe ver evidenciado por el aumento de la temperatura.

Posteriormente se añaden el resto de los catalizadores con lo cual se busca consumir cualquier resto de monómero libre que pueda haber quedado del proceso de



polimerización, esto ocurre mientras se permite que la reacción se lleve a cabo por un tiempo determinado.

Luego de que la resina se ha enfriado por debajo de los (313 ± 1) K se procede a adicionar el bactericida. Esto se realiza para evitar la proliferación de cualquier tipo de hongo o bacteria, que pueda generar algún olor desagradable o afectar las propiedades de la resina. Por último, se realiza el filtrado y envasado de la resina para su posterior análisis y caracterización de laboratorio.

Una vez establecido el método experimental a utilizar, se procedió a realizar un diagrama causa – efecto para a determinar las variables que afectan las propiedades de la resina acrílica sintetizada, específicamente la capacidad espesante de la misma. El diagrama realizado, de acuerdo a Ishikawa, se dividió en seis partes básicas: personal, proceso, equipo, materia prima, formulación y condiciones de operación. El mismo se muestra en el apéndice D en la figura D.1.

Luego de la elaboración del diagrama causa efecto se realizó el análisis del mismo y se descartaron los factores menos influyentes dando como resultado el diagrama mostrado en la figura 4.2.

Para la eliminación de los factores menos significativos planteados en el diagrama mostrado en el apéndice D, se realizó un análisis particular de cada factor del mismo. En cuanto a el factor del personal que se dispondría para el desarrollo de la resina acrílica, por tratarse de los mismos experimentadores, sólo se consideró la capacitación y adiestramiento de los mismos con respecto al uso del equipo y al método experimental seleccionado, esto trajo como consecuencia que esta variable se considerara poco significativa, por lo cual se descartó.

El factor analizado para el equipo fue la ausencia o presencia de diversos controladores, entre los cuales tenemos: control de presión, control de temperatura y control de velocidad de agitación. Este factor fue descartado debido a que las

condiciones del equipo no permiten la modificación de la presión y la temperatura de operación.

En cuanto a la materia prima se analizaron la disponibilidad, el costo y la calidad de todos y cada uno de los componentes necesarios para las formulaciones de las resinas a sintetizar, entre estas materias primas podemos mencionar: monómeros, surfactante, catalizadores, iniciador, solvente y bactericida, este factor no se consideró influyente debido a que la investigación se vio delimitada a la utilización de la materia prima existente en la empresa. Por otra parte el análisis de los costos se realizó de manera independiente.

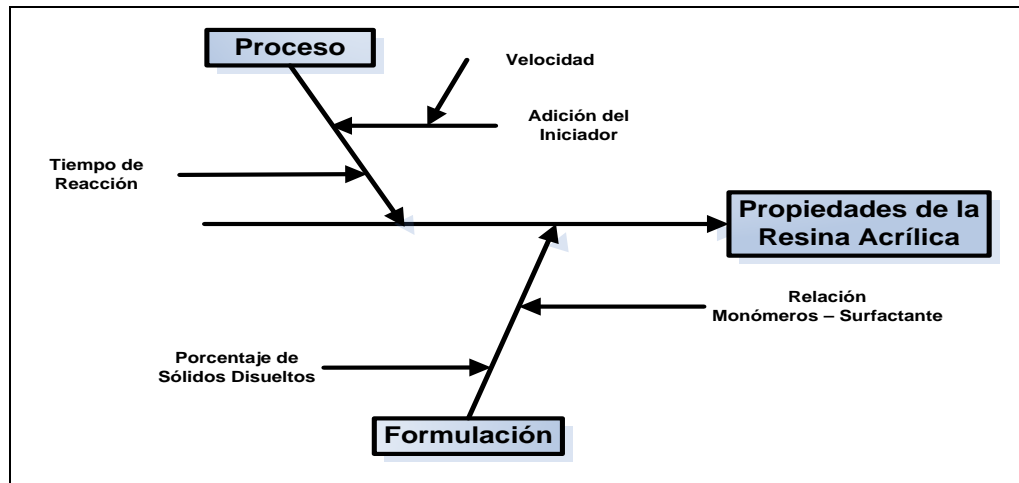


Figura 4.2. Diagrama causa – efecto de las variables a ser evaluadas en la investigación.

En el diagrama mostrado se presentan dos factores. La formulación afecta las propiedades de la resina acrílica atribuido a que dependiendo de los componentes que conformen la misma, ésta presentará o no capacidad espesante; por otra parte, el proceso modifica la respuesta esperada debido a que el método de realización de los experimentos puede afectar algunas de las propiedades químicas de la resina. Dentro de estos factores se tomaron cuatro variables a estudiar; dichas variables fueron las siguientes: porcentaje de sólidos de la resina, tiempo de reacción, velocidad de adición



del iniciador y relación entre la cantidad de monómeros y la cantidad de surfactante; cada una con dos niveles de experimentación.

Para la selección de los posibles componentes de las formulaciones se consideró que la síntesis de copolímeros permite producir polímeros provenientes de diferentes monómeros, con la finalidad de que el producto resultante posea una combinación de las características de los monómeros de los cuales proviene, es por esto que para sintetizar la resina acrílica espesante se eligió una combinación de cuatro (04) monómeros, con diferentes grupos funcionales, que permitieran obtener la mejor proporción entre las características buscadas.

Primeramente, se seleccionaron dos monómeros acrílicos, uno de tipo ácido y otro de tipo éster, los cuales aportan el hinchamiento a la resina sintetizada, es decir, le permitirían al compuesto producido interactuar con el medio para así modificar la viscosidad del mismo.

Además de esto, se utilizaron dos monómeros más, uno de ellos del tipo estireno, responsable de aportarle dureza y rigidez a la resina acrílica; el monómero restante es de tipo acrilamida metilolado, el cual es responsable de una reacción de metilolación, que produce los entrecruzamientos en el copolímero resultante.

El agua es el solvente utilizado, requerimiento de la empresa, debido a que todos los productos sobre los cuales se utilizará la resina acrílica espesante son en base acuosa.

Para llevar a cabo la reacción de copolimerización, sin necesidad de realizar un precalentamiento de la mezcla, fue necesaria la adición de catalizadores de tipo redox. Para llevar a cabo la síntesis de la resina acrílica, se seleccionaron dos catalizadores, uno de tipo sulfito y el otro de tipo persulfato, que al combinarse con la mezcla funcionan como oxidante y reductor, respectivamente, en la reacción de óxido - reducción.



Adicionalmente a los catalizadores seleccionados, se utilizó un compuesto de tipo sulfato como acelerador de los catalizadores, el cual modifica la velocidad de respuesta de los catalizadores de la reacción, garantizando que los mismos actúen, al disminuir la barrera energética necesaria para la formación del producto deseado.

Además de los compuestos antes mencionados, fue necesaria la utilización de un compuesto surfactante que permitiera la combinación de los monómeros orgánicos con el solvente acuoso, para esto se empleó un surfactante de tipo aniónico.

Una vez seleccionados los posibles componentes de las formulaciones, se procedió a realizar una serie de pruebas preliminares, siguiendo el proceso metodológico planteado, con lo cual se pudo conocer el comportamiento de la reacción desde diversos puntos de vista, incluyendo el comportamiento térmico, tiempo de reacción estimado, aspecto de la resina y condiciones brindadas por el equipo empleado.

Una vez culminadas las pruebas preliminares y conocido el comportamiento de la resina durante su síntesis, así como también, las condiciones de funcionamiento brindadas por el equipo, se seleccionaron como condiciones de operación, la presión y temperatura ambiente del laboratorio y un nivel de agitación de (120 ± 1) rpm.

Ahora bien, tomando en cuenta el tipo de experimento a realizar, en el cual un punto importante a considerar es la interacción entre las variables estudiadas, se procedió a seleccionar un diseño experimental de tipo N – factorial, ya que el mismo toma en cuenta en su análisis, la interacción de las variables, permitiendo visualizar de manera general, los efectos causados por la modificación de dichas variables de forma independiente y por la interacción de las mismas. Tomando en cuenta el diseño experimental seleccionado y los resultados observados en las pruebas preliminares, se establecieron los diferentes niveles de los factores estudiados. Estos resultados se muestran en la tabla 4.4, a continuación.



TABLA 4.4
NIVELES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL PLANTEADO PARA LA
REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Factor	Nivel Bajo	Nivel Alto
Porcentaje de Sólidos Disueltos (A)	30 %	35 %
Relación Surfactante – Monómeros (B)	0,21	0,24
Velocidad de Adición del Iniciador (C)	0,025 mL/s	0,05 mL/s
Tiempo de Reacción (D)	15 min	30 min

Una vez establecidos los diversos niveles de las variables estudiadas se procedió a aplicar el método N – factorial, considerando un arreglo de cuatro (04) factores con dos (02) niveles para cada factor, se obtiene un arreglo 2^4 , lo cual se traduce en un mínimo de dieciséis (16) experimentos; realizando tres (03) réplicas para cada experimento se obtienen las cuarenta y ocho (48) pruebas realizadas. Resultando la distribución de los factores y niveles de la siguiente forma:

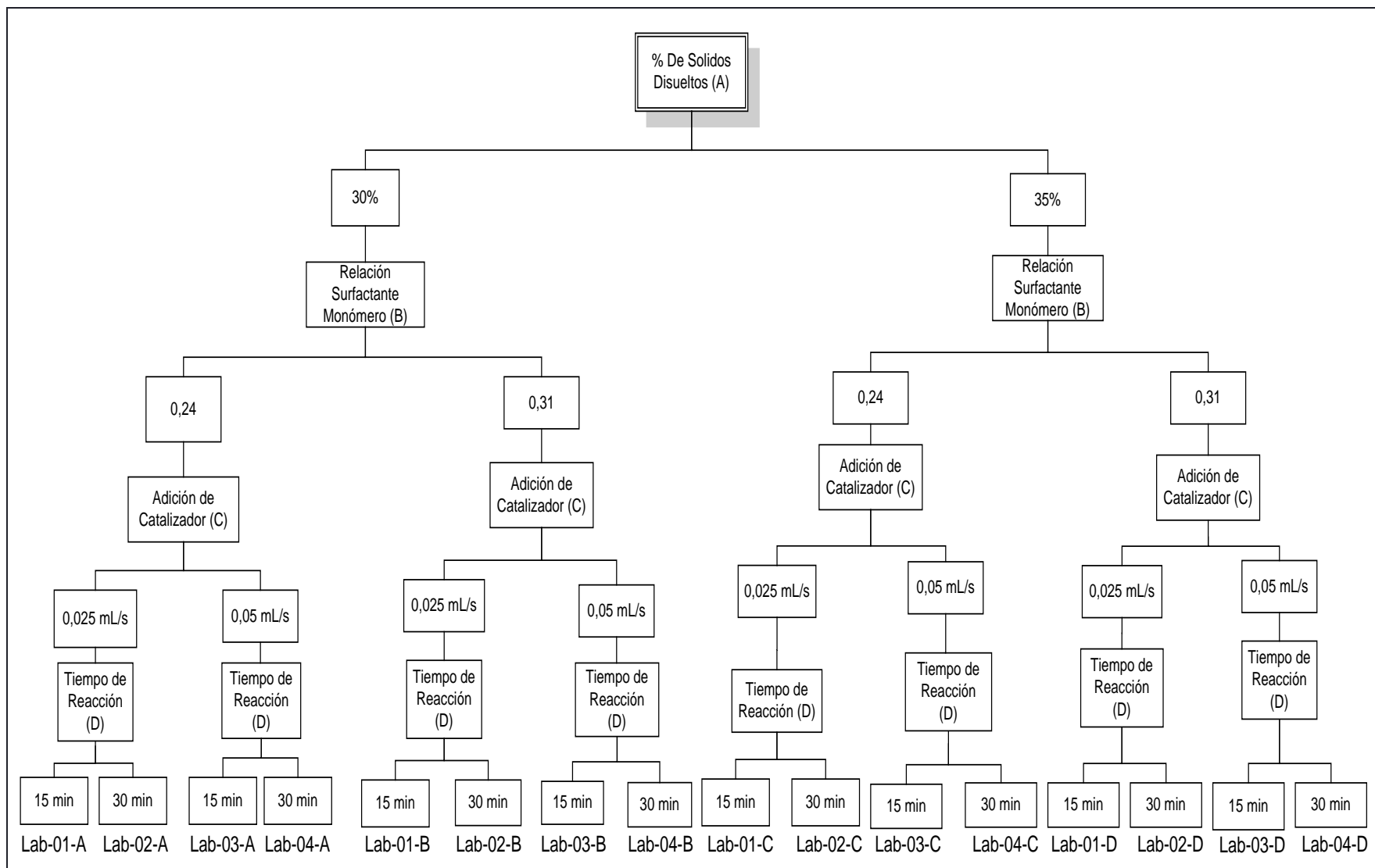


Figura 4.3. Arreglo de los diferentes tratamientos planteados en el diseño experimental.



De este arreglo se pudo observar que las variables C y D no modifican las formulaciones planteadas, debido a que las mismas, son variables de procesos, las cuales sólo interfieren en el proceso metodológico de síntesis de la resina acrílica, mas no en la formulación; es por esto que se obtiene realmente sólo cuatro formulaciones, las cuales se presentan a continuación, en la tabla 4.5.

TABLA 4.5.
FORMULACIONES DE LAS RESINAS ACRÍLICAS

Formulación	Lab-A	Lab-B	Lab-C	Lab-D
Factor / Compuesto				
% de Sólidos Disueltos	30	35	30	35
Relación Surfactante - Monómeros	0,24	0,24	0,31	0,31
Agua (g)	621,6	605,2	533,7	539,4
Surfactante (g)	68,8	87,9	84,8	102,5
Monómero Acrílico 1 (g)	125,9	132,1	155,3	154,1
Monómero Acrílico 2 (g)	129,4	118,8	159,6	138,6
Monómero Estireno (g)	16,8	17,6	20,7	20,5
Monómero Acrilamida (g)	11,8	12,3	14,5	14,4
Catalizador tipo Sulfato (g)	0,008	0,01	0,01	0,01
Agua (g)	0,51	0,49	0,60	0,62
Catalizador tipo Persulfato (g)	1,31	1,32	1,61	1,51
Agua (g)	8,01	8,00	9,73	9,29
Catalizador Hidrosulfito (g)	1,19	1,21	1,50	1,41
Agua (g)	7,99	7,99	9,72	9,31
Catalizador tipo Persulfato (g)	0,21	0,21	0,19	0,29
Agua (g)	2,10	2,12	2,65	2,52
Catalizador tipo Peróxido (g)	0,21	0,21	0,21	0,30
Agua (g)	1,10	1,01	1,31	1,20
Catalizador tipo Persulfato (g)	0,20	0,19	0,22	0,31
Agua (g)	2,01	2,01	2,51	2,30
Bactericida (g)	1,30	1,40	1,62	1,60

Una vez que fueron planteadas las diferentes formulaciones, se procedió a realizar la síntesis de las resinas acrílicas, siguiendo el diseño experimental planteado, para analizar las interacciones de las variables estudiadas.

La síntesis de cada una de las resinas se llevó a cabo haciendo un estudio de la temperatura de la reacción, con lo cual se pudo construir un perfil del comportamiento térmico de la reacción a lo largo del tiempo, estos perfiles son mostrados en las figuras 4.4. y 4.5.

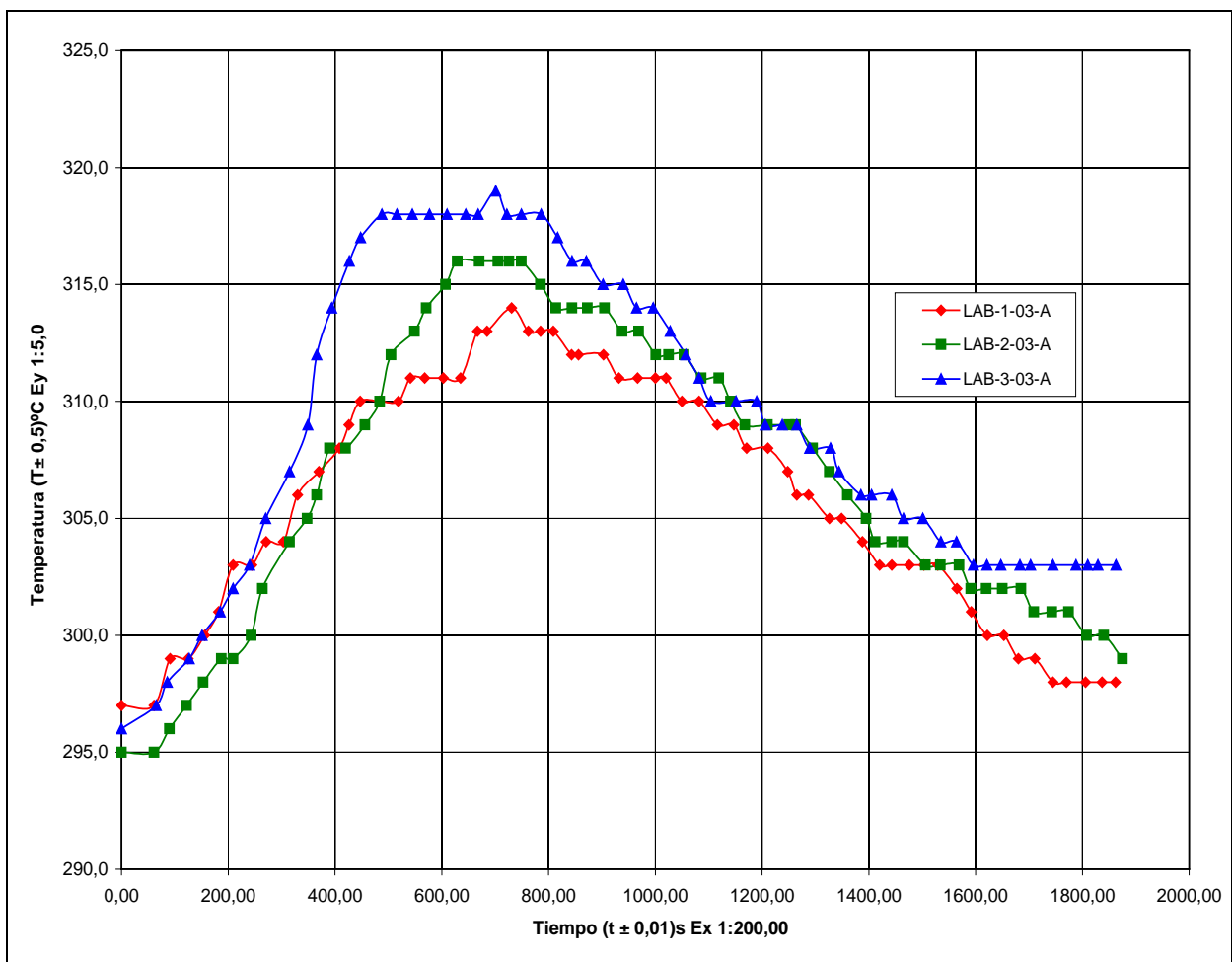


Figura 4.4. Perfil de temperatura de reacción, obtenido para las muestras correspondientes a la formulación LAB-03-A.

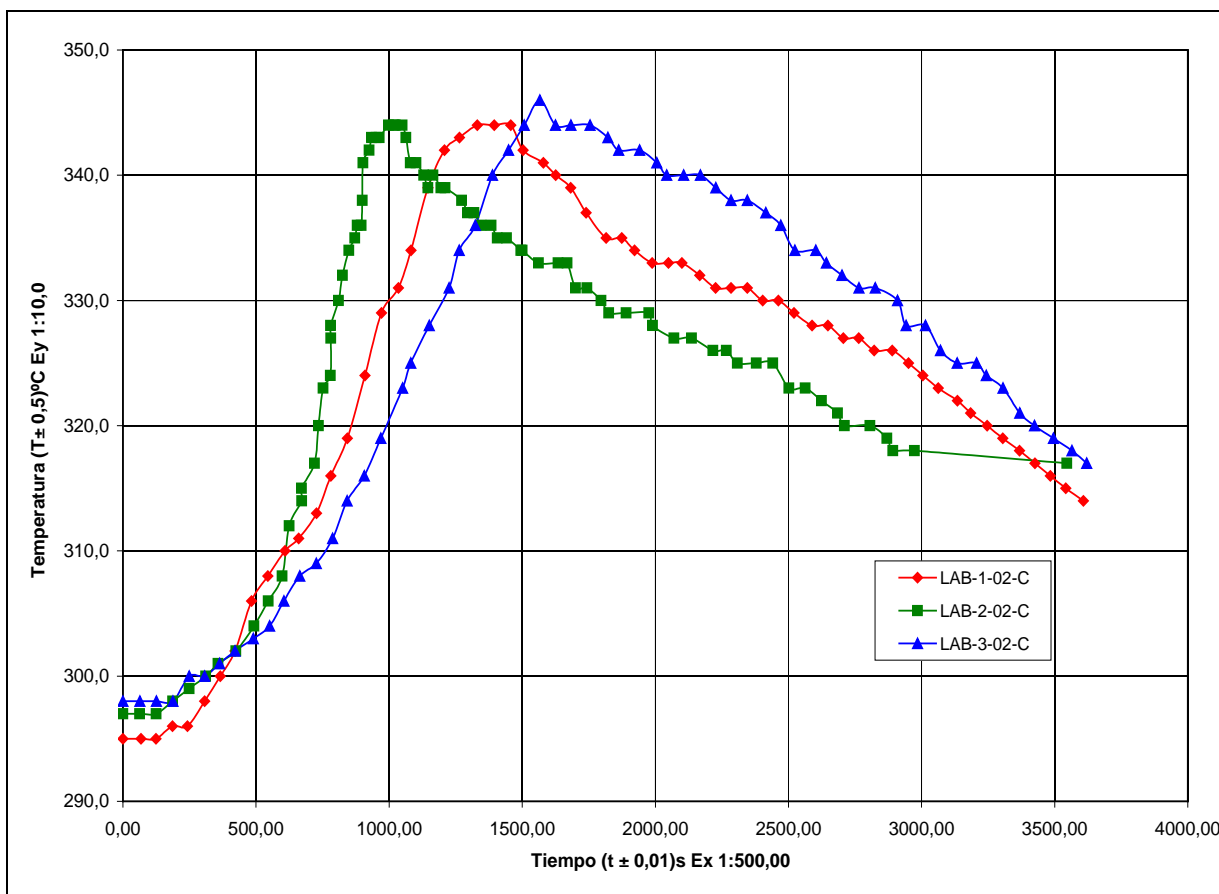


Figura 4.5. Perfil de la temperatura de reacción obtenido para las muestras correspondientes a la formulación LAB-02-C.

Los resultados permitieron conocer que la reacción es de tipo exotérmica y que los catalizadores seleccionados funcionaban adecuadamente, ya que el aumento de la temperatura mostraba el avance evidente de la reacción.

Posteriormente a la síntesis de cada una de las resinas, se realizó la caracterización de la misma, realizando pruebas para la determinación del pH, la viscosidad y corroborando que el porcentaje de sólidos disueltos se encontrara en el rango establecido de acuerdo a la formulación respectiva.

Al analizar el comportamiento térmico de las resinas sintetizadas se pudo observar que cuando el perfil de temperaturas no alcanzaba un punto máximo mayor a los (320 ± 1) K la resina sintetizada presentaba poco poder espesante, mientras que



para las resinas que alcanzaban un pico máximo mayor a ese valor, alrededor de los (346 ± 1) K, el poder espesante de la misma era mucho mayor. Por otra parte, también se observó que las resinas que presentaban un perfil de temperatura bajo, eran aquellas en las cuales la velocidad de adición del iniciador era mayor.

La velocidad de adición del iniciador juega un papel fundamental en el tipo de reacción y en las propiedades del polímero obtenido. Cuando la velocidad de adición del iniciador es elevada, la velocidad de formación de partículas reactivas es mucho mayor, por lo que la adición de las moléculas de monómero, para formar los polímeros se incrementa; esto trae como consecuencia un aumento de la velocidad de polimerización y una disminución del tiempo de operación. Sin embargo, en este caso al haber muchas partículas reactivas, se forman muchas pequeñas cadenas de polímero en vez de pocas cadenas de alto peso molecular, lo cual ensancha la distribución de la masa molar. La formación de estas cadenas de menor tamaño trae como consecuencia que la molécula de polímero obtenida sea más pequeña y por lo tanto, al ser menos voluminosa, ésta modifica en menor forma las propiedades del medio, es decir el poder espesante de la resina es menor.

Según Odian, 2004, “las propiedades termodinámicas de la polimerización involucran sólo el paso de propagación de la reacción. La polimerización consiste en actos sencillos de iniciación y terminación y un gran número de pasos de propagación. La polimerización de cadenas de alquenos presenta un carácter exotérmico ($-\Delta H$), esto debido a que el proceso de polimerización involucra la conversión de enlaces π , presentes en las moléculas de monómero, en enlaces σ presentes en el polímero”. Cuando la velocidad de adición del iniciador es elevada, existen menos pasos de propagación, debido a la formación de polímeros de menor peso molecular, como se explicó anteriormente, esto a su vez, trae como consecuencia, que se genere una menor exotermicidad en la reacción, lo cual explica el comportamiento del perfil de temperaturas obtenido para estos casos (figura 4.4.).



Cuando la velocidad de adición del iniciador es menor ocurre el caso contrario, es decir, existe una menor formación de partículas reactivas, que trae como consecuencia, un mayor número de pasos de propagación en la reacción de polimerización, esto a su vez, involucra un aumento del grado de exotermicidad de la reacción, generándose un pico de mayor tamaño en el perfil de temperaturas obtenido (figura 4.5.).

Por otra parte, con respecto a los resultados obtenidos referentes a el tiempo de reacción para las diferentes formulaciones, se pudo notar que en aquellos casos en los que el tiempo de reacción era mayor, los resultados del poder espesante eran elevados en comparación con los obtenidos para un tiempo de reacción corto; lo cual es cónsono con lo hasta ahora descrito, debido a que la mencionada etapa crítica de la reacción de polimerización “la etapa de propagación”, amerita un tiempo prudencial para que se lleve a cabo satisfactoriamente la reacción y puedan generarse los productos deseados, es por ello que para tiempos largos de reacción se garantiza la adecuación del medio para la polimerización, así como también, el consumo de los monómeros para la formación de cadenas poliméricas largas y voluminosas, las cuales garantizan en gran medida, la modificación de las propiedades del medio, lo que para este caso, recae sobre la obtención de un mayor poder espesante.

Ahora bien, con respecto al porcentaje de sólidos disueltos, pudo notarse que para un porcentaje de sólidos bajo, el poder espesante de las muestras era apreciablemente bajo, en comparación con las muestras que poseían un alto porcentaje de sólidos disueltos; dicho comportamiento es atribuido al hecho que para un mayor porcentaje de sólidos disueltos, se tiene una formulación baja en solvente y mucho más concentrada en cuanto a monómeros, catalizadores e iniciadores, lo cual recae directamente sobre las etapas de iniciación y propagación en la cual se tiene una mayor cantidad de monómero y de iniciador, que incrementan en gran medida el número de cadenas poliméricas largas y voluminosas, responsables de brindar la capacidad espesante de la resina copolimérica sintetizada.



Con respecto a la relación surfactante - monómero se pudo notar que para un nivel bajo de esta variable, los resultados de poder espesante obtenidos eran superiores a los obtenidos para un nivel alto de la misma variable; esto se fundamenta en términos de la capacidad de formación de micelas y la saturación de la mezcla por la cantidad de surfactante. Para el nivel bajo de la variable la cantidad de surfactante presente en la mezcla permite que el proceso de polimerización se de adecuadamente, es decir la cantidad de monómero presente dentro de cada micela es suficientemente significativa para que se de una polimerización completa, por otra parte cuando el nivel de la relación es elevado, la cantidad de micelas formadas es significativamente más elevada que la cantidad de monómero contenido dentro de las mismas, ocasionando con esto que algunas micelas se desestabilicen e inclusive afectando el proceso de polimerización y ensanchando la distribución del peso molecular del polímero obtenido; disminuyendo con esto el poder espesante de la resina.

Una vez sintetizadas y caracterizadas las resinas acrílicas, se procedió a someter éstas a un periodo de incubación por dos meses; finalizado el periodo de incubación, se extrajeron las muestras para caracterizarlas nuevamente y así comparar con los valores de la caracterización inicial, para conocer si las propiedades de éstas se modificaban con el tiempo. Los resultados de los análisis realizados permitieron corroborar que las propiedades de las resina acrílicas no sufrieron modificaciones considerables con respecto a los mencionados valores de las caracterizaciones iniciales. Pudo observarse que la viscosidad de las muestras, al final de dicho proceso de incubación, se veía incrementada en un 10% aproximadamente, atribuido a la evaporación de una parte del solvente presente en la mezcla, con lo cual se comprueba que la resina acrílica sintetizada es capaz de mantener sus propiedades en el tiempo. Además, otro punto importante, es que se pudo comprobar cualitativamente que durante dicho proceso de incubación no proliferaron ningún tipo de bacterias ni hongos, que pudieran alterar el aspecto u olor de la resina de una forma indeseada.

Una vez concluida la síntesis y la caracterización de las diferentes muestras de resina acrílica (RA-UC), se procedió a realizar un análisis de varianza de los diferentes



resultados obtenidos, con la finalidad de determinar el nivel de significancia de los factores sobre la obtención de la propiedad deseada en la resina.

El diseño de experimentos tomado, se caracteriza por ser de efectos fijos, es decir, existe un control sobre los valores que pueden tomar cada uno de los niveles de los factores, sin embargo, si se observan los valores del porcentaje de sólidos disueltos en la mezcla de la tabla 4.4, y se comparan con los valores obtenidos al caracterizar las muestras de las resinas sintetizadas (Apéndice C), se puede notar cierta desviación con respecto al valor fijado del nivel, esto puede llevar a la conclusión de que se trata de un modelo experimental de efectos aleatorios, lo cual sería falso, ya que en ningún momento los niveles de los distintos factores fueron elegidos al azar. La diferencia notada, se debe al conjunto de errores aleatorios o al azar que se presentaron al momento de preparar y caracterizar las muestras, como por ejemplo, la diferencia entre los porcentajes de sólidos reales de cada compuesto de la materia prima y el reportado por el fabricante y el error de las balanzas utilizadas para los respectivos análisis, que traen como consecuencia, una discrepancia en los valores del porcentaje de sólidos medidos con respecto al real. En conclusión, siempre se mantuvo de forma significativa, un valor de nivel bajo y un valor nivel alto para los factores, de manera tal que no se violara en algún momento, la suposición de factores fijos.

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos en función del poder espesante de las resinas sintetizadas; inicialmente, se analizaron los efectos principales y de interacción, cuya forma de calcularlos se muestra en el apéndice A, y los resultados obtenidos en la tabla 4.6.



TABLA 4.6.
EFFECTOS PRINCIPALES Y DE INTERACCIÓN DE LOS
FACTORES ESTUDIADOS

Tipo de Efecto	Valor
Efecto principal del porcentaje de sólidos disueltos (A)	1.302.253
Efecto principal de la relación surfactante – monómero (B)	- 46.163
Efecto principal de la velocidad de adición del iniciador (C)	- 167.872
Efecto principal del tiempo de reacción (D)	136.413
Efecto de la Interacción entre los factores A y B (AB)	- 44.115
Efecto de la interacción entre los factores A y C (AC)	- 162.962
Efecto de la interacción entre los factores A y D (AD)	132.753
Efecto de la interacción entre los factores B y C (BC)	- 1.323
Efecto de la interacción entre los factores B y D (BD)	- 14.066
Efecto de la interacción entre los factores C y D (CD)	- 39.774

Según Montgomery, 2003, “el efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta producido por un cambio en el nivel del factor”, sin embargo, “en algunos experimentos puede encontrarse que la diferencia en la respuesta entre los niveles de un factor no es la misma para todos los niveles de los otros factores”. Cuando esto ocurre, existe una interacción entre los factores, es decir; “el efecto de un factor A depende del nivel que se elige para el factor B”. Por ende, se puede llegar a conclusiones erróneas y falsas, si se analizan primero los efectos principales, por lo que se comenzó con la interpretación de los valores obtenidos para los efectos de la interacción.

A simple vista, los efectos de la interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra y la velocidad de adición del iniciador (AC), así como la interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra y el tiempo de



reacción parecen ser significativos, debido a que son los valores más altos obtenidos para los efectos de interacción; sin embargo, sería un error emitir una conclusión en cuanto a la significancia de los efectos, sin antes realizar un análisis estadístico, que demuestre que la variación observada se debe al efecto real de los factores y no al error experimental.

Al aplicar un análisis de varianza (ANOVA), los cálculos se presentan en el apéndice A, los resultados experimentales obtenidos para el poder espesante de las resinas acrílicas sintetizadas, tabla 4.7, se observa que el valor obtenido del factor de renglón f_0 , para la interacción (AC) es de 15,56, y para la interacción (AD) es de 10,32, siendo ambos mayores que el valor crítico del factor de renglón f , el cuál es 7,36, lo que indica que las variaciones obtenidas por los efectos de las interacciones son significativas y por lo tanto, se establece que los efectos de variar la velocidad de adición del iniciador y el tiempo de reacción, sobre el poder espesante de la resina sintetizada, se ven afectados por el nivel que se haya elegido para el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra. En base a esto se pudo determinar que la combinación de los factores que proporciona los mejores resultados es; porcentaje de sólidos de 35% (nivel alto), una relación monómero surfactante de 0,24 (nivel bajo), caudal de adición de catalizador de 0,025 mL/s (nivel bajo) y tiempo de reacción de 30 minutos (nivel alto).

TABLA 4.7.
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PODER ESPESANTE DE LA RESINA ACRÍLICA SINTETIZADA

Fuente de Variación	Factor	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	f_0
A	1302253	2,03E+13	1	2,04E+13	994
B	-46163	25.572.485.486	1	25.572.485.486	1,25
AB	-44115	23.353.157.111	1	23.353.157.111	1,14
C	-167872	3,38E+11	1	3,38E+11	16,51
AC	-162962	3,19E+11	1	3,19E+11	15,56
BC	-1323	21.001.288	1	21.001.288	0,0010
ABC	-1177	16.626.313	1	16.626.313	0,001
D	136413	2,23E+11	1	2,23E+11	10,90
AD	132753	2,11E+11	1	2,11E+11	10,33
BD	-14066	2.374.218.566	1	2.374.218.566	0,12
ABD	-13990	2.348.500.882	1	2.348.500.882	0,11
CD	-39774	18.983.943.661	1	18.983.943.661	0,93
ACD	-38837	18.099.569.460	1	18.099.569.460	0,88
BCD	-128	198.060	1	198.060	9,67E-06
ABCD	-149	267.502	1	267.502	1,30E-05
ERROR	-----	437.291.523	32	20.478.827.579	-----
TOTAL	-----	2,15E+13	47	-----	-----

A: Efecto del porcentaje de sólidos disueltos en la mezcla.

B: Efecto de la relación surfactante - monómeros.

C: Efecto de la velocidad de adición del iniciador.

D: Efecto del tiempo de reacción.

AB, AC, BC, AD, BD, CD: Efecto de la interacción entre ambos factores.

ABC, ABD, ACD, BCD: Efecto de la interacción entre los tres factores.

ABCD: Efecto de la interacción entre todos los factores.

Es necesario acotar que el valor crítico del factor de renglón f , fue obtenido bajo un nivel de significancia de 0,01, lo que establece que los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza poseen un alto grado de confiabilidad.

Es importante mencionar que, las interacciones entre tres (03) y cuatro (04) variables se han combinado para formar parte del error cuadrático medio; para corroborar esto se construyó la gráfica de probabilidad normal en función de los efectos (Figura 4.6.).

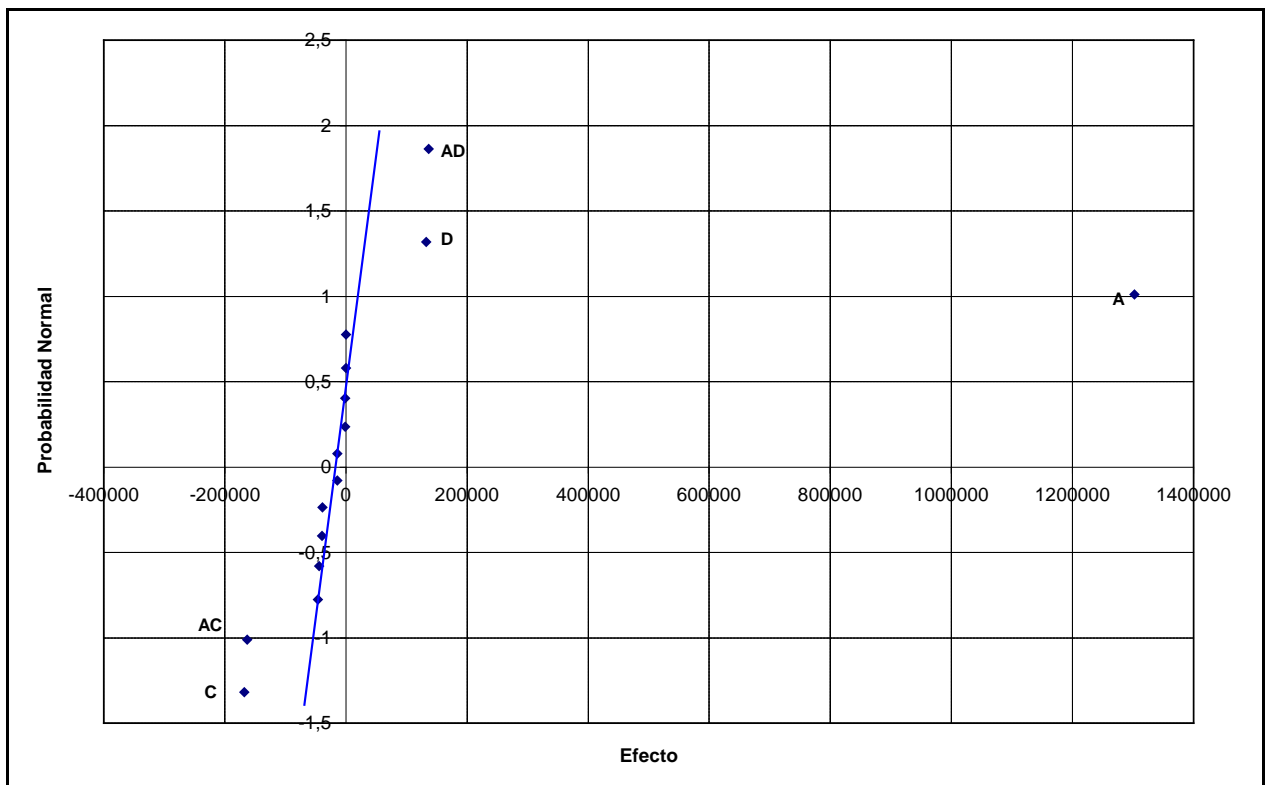


Figura 4.6. Gráfica de probabilidad normal de los efectos de los experimentos de síntesis de la resina acrílica.

La figura muestra que los efectos significativos son aquellos que se encuentran alejados de la línea recta de la tendencia de la distribución normal; si la gráfica hubiese indicado que cualquiera de estas interacciones tiene importancia, entonces éstas no se incluirían en el término del error.

Ya que los efectos de las interacciones dobles son significativos, la mejor manera de realizar un análisis de los resultados, comprende un análisis de las gráficas de interacción que se presentan en las figuras 4.7. y 4.8.

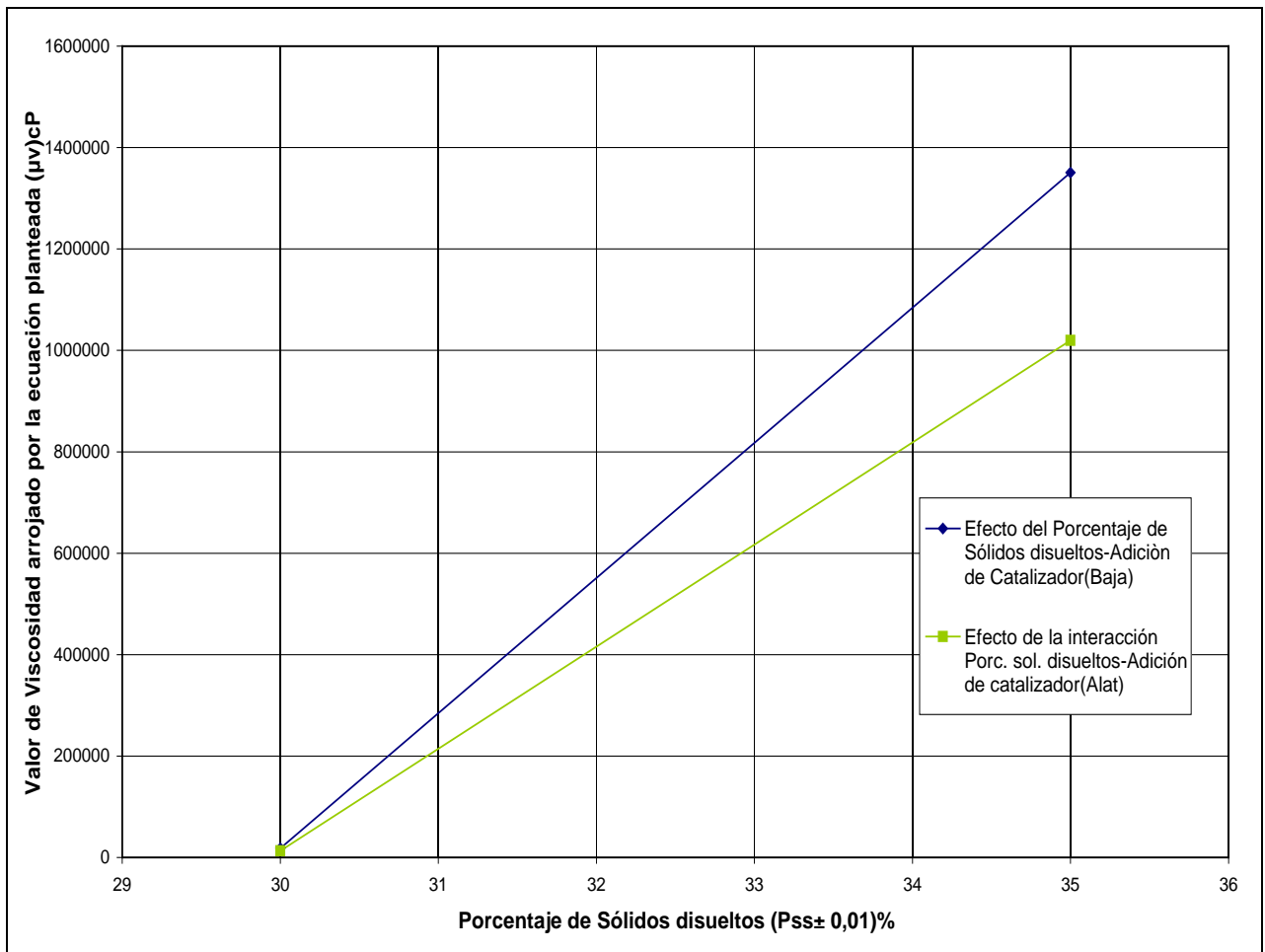


Figura 4.7. Efecto de interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, y la velocidad de adición del iniciador, sobre el poder espesante de la resina acrílica sintetizada.

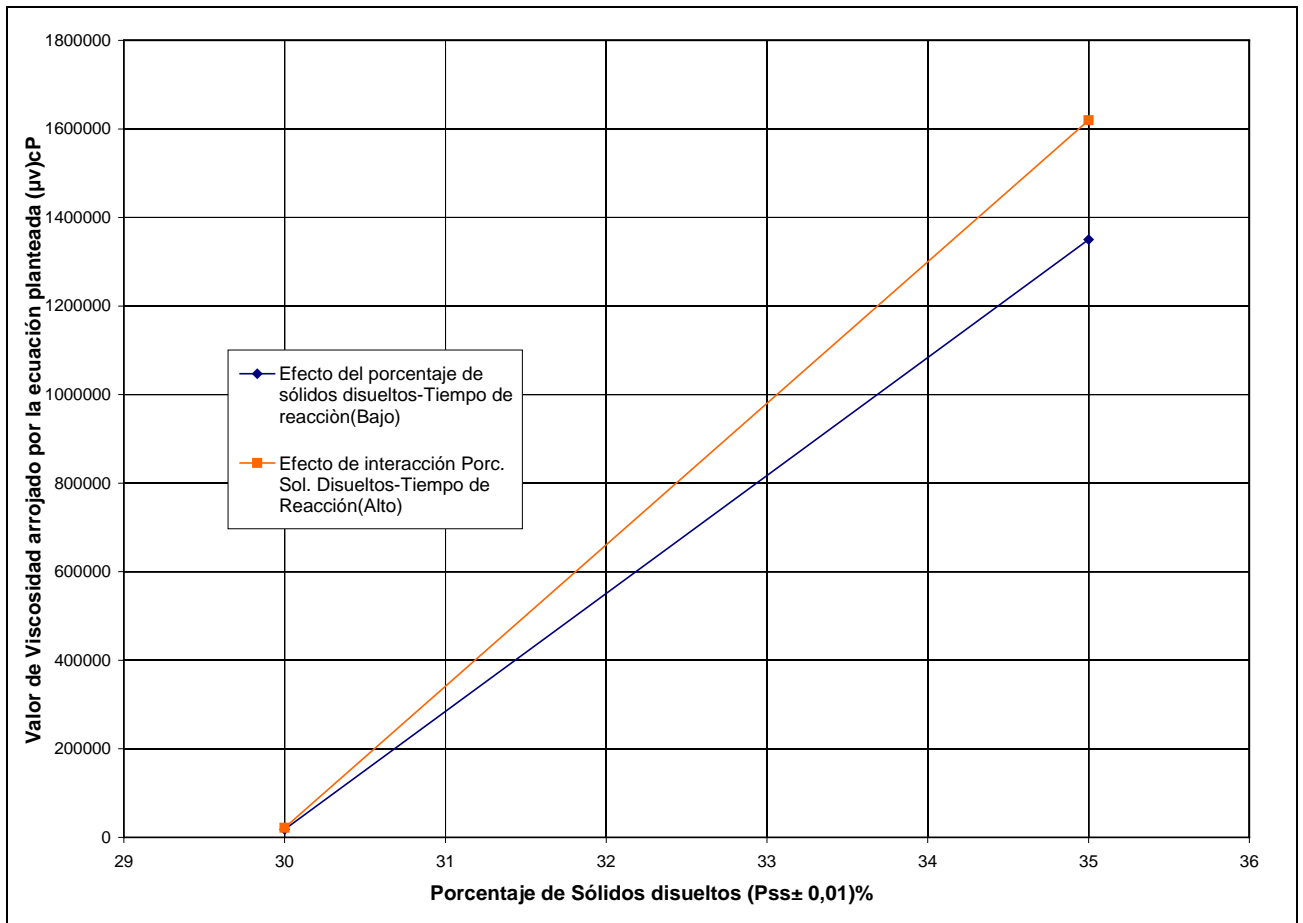


Figura 4.8. Efecto de interacción entre el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra y el tiempo de reacción, sobre el poder espesante de la resina acrílica sintetizada.

Las gráficas presentadas en las figuras anteriores muestran, en el primer caso, que al aumentar el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, aumenta el poder espesante de la resina acrílica sintetizada, tanto para la velocidad “baja” como la “alta” de adición del iniciador. También se puede observar en la figura 4.8, que para un porcentaje de sólidos bajo, el efecto de aumentar la velocidad de adición del iniciador es muy poco, en comparación al efecto causado por un aumento de la velocidad de adición, para un porcentaje de sólidos alto; de aquí se puede decir que, el aumento de la velocidad de adición del iniciador no favorece el aumento del poder espesante de la resina y que dicho efecto aumenta a medida que aumenta el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra; es decir, el efecto de interacción viene dado por la dependencia del efecto de la velocidad de adición del iniciador, sobre la variable de respuesta, con respecto al nivel del porcentaje de sólidos disueltos en la muestra.

En el segundo caso (figura 4.8.) se observa un comportamiento similar al descrito anteriormente, es decir, que al aumentar el porcentaje de sólidos disueltos en la muestra, se provoca un aumento en el poder espesante de la resina acrílica sintetizada, tanto para el tiempo de reacción “bajo”, como para el “alto”. Por otra parte, se observa una diferencia, en este caso el aumento del nivel del tiempo de reacción favorece directamente el aumento del poder espesante de la resina, pudiéndose apreciar de la misma manera que el efecto de la variación del tiempo de reacción es muy poco para el nivel bajo del porcentaje de sólidos, en comparación con el efecto obtenido para el nivel alto del porcentaje de sólidos disueltos en la muestra. Esto es atribuido a que el aumento del tiempo de reacción incrementa la longitud de la cadena y en consecuencia, aumenta la absorción de agua y el poder espesante de la resina.

Por otra parte, antes de adoptar conclusiones definitivas referentes al ANOVA, se debe verificar la adecuación del modelo matemático de la respuesta esperada determinado. La herramienta utilizada para este paso fue el análisis residual. Para poder decir que el modelo utilizado es adecuado y que establece estimaciones válidas, para llegar a conclusiones válidas, se verificó la distribución de probabilidad normal para los datos analizados.

Para la verificación de esta suposición, se procedió a elaborar una gráfica de residuales en función de los valores de probabilidad normal, la cual se muestra en la figura 4.9. Los cálculos respectivos se muestran en el apéndice A.

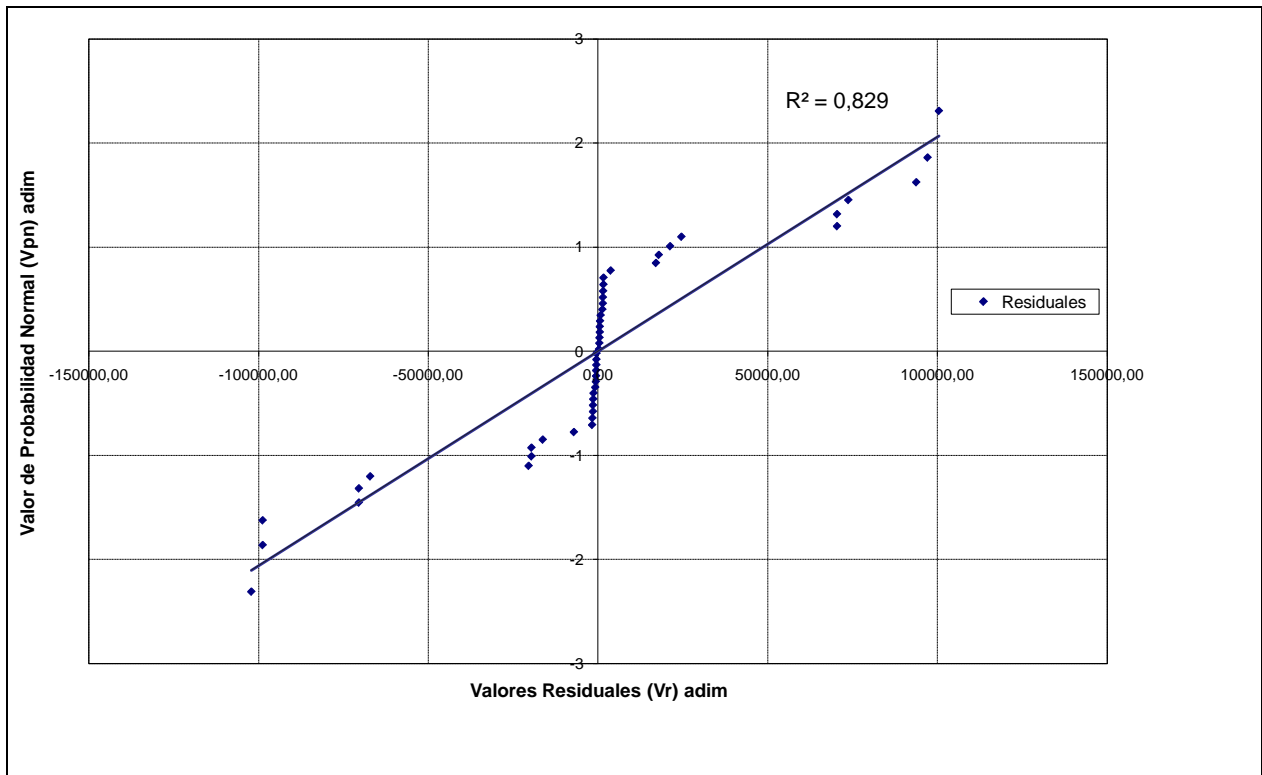


Figura 4.9. Probabilidad normal de los residuales para el poder espesante de las resinas acrílicas sintetizadas.

Para que se pueda cumplir la suposición de distribución normal, la tendencia de los residuales en función de los valores de probabilidad normal debe ser una línea recta. Al observar la figura 4.9, se puede ver que el valor de R^2 para el gráfico posee un valor aproximado de 0,829 (hay que recordar que para que el ajuste sea totalmente exacto, R^2 debe ser igual a la unidad), y que los valores residuales tienden a envolver la línea recta, lo que no revela nada particularmente problemático. Esto permite comprobar que las conclusiones obtenidas a partir de ANOVA son confiables.

Finalmente, se realizó la selección de la formulación de la resina que proporcionó los mejores resultados, tomando en cuenta para esto el criterio establecido desde el inicio de la investigación: mientras mayor poder espesante proporcione la resina mejor; a partir de esta consideración y de los resultados obtenidos de las caracterizaciones de las resinas, se seleccionó la formulación Lab-02-C por ser ésta, la formulación que presentó la mayor capacidad espesante entre todas las resinas sintetizadas,



obteniéndose un valor de viscosidad de $(1.716.667 \pm 6000)$ cP, para una mezcla al 12,5 % en masa.

La síntesis de la resina seleccionada se realizó estableciendo un arreglo de las variables en estudio, en las cuales se estableció el nivel alto de porcentaje de sólidos disuelto, nivel bajo de la relación surfactante monómero, nivel bajo de la velocidad de adición del iniciador y un nivel alto del tiempo de reacción. Los resultados obtenidos con este arreglo concuerdan con lo discutido anteriormente, ya que como se analizó, dichos factores y niveles dispuestos de esta manera, favorecen el proceso de polimerización para la obtención de las propiedades buscadas.

4.4. Evaluar las características de las pinturas en base acuosa empleando como espesantes, la HEC y la resina seleccionada

Una vez seleccionada la formulación de la resina que brindó los mejores resultados en la capacidad espesante, se procedió a realizar una caracterización de dicha resina para diferentes concentraciones de ésta en una mezcla binaria de agua-resina acrílica, en la cual se determinó el poder espesante de la resina en la mezcla, partiendo de concentraciones bajas (1 % de RA-UC) hasta concentraciones más elevadas (10 % de RA-UC); de igual forma, esta misma caracterización se realizó para la hidroxietilcelulosa, dichas curvas se presentan en la figura 4.10;

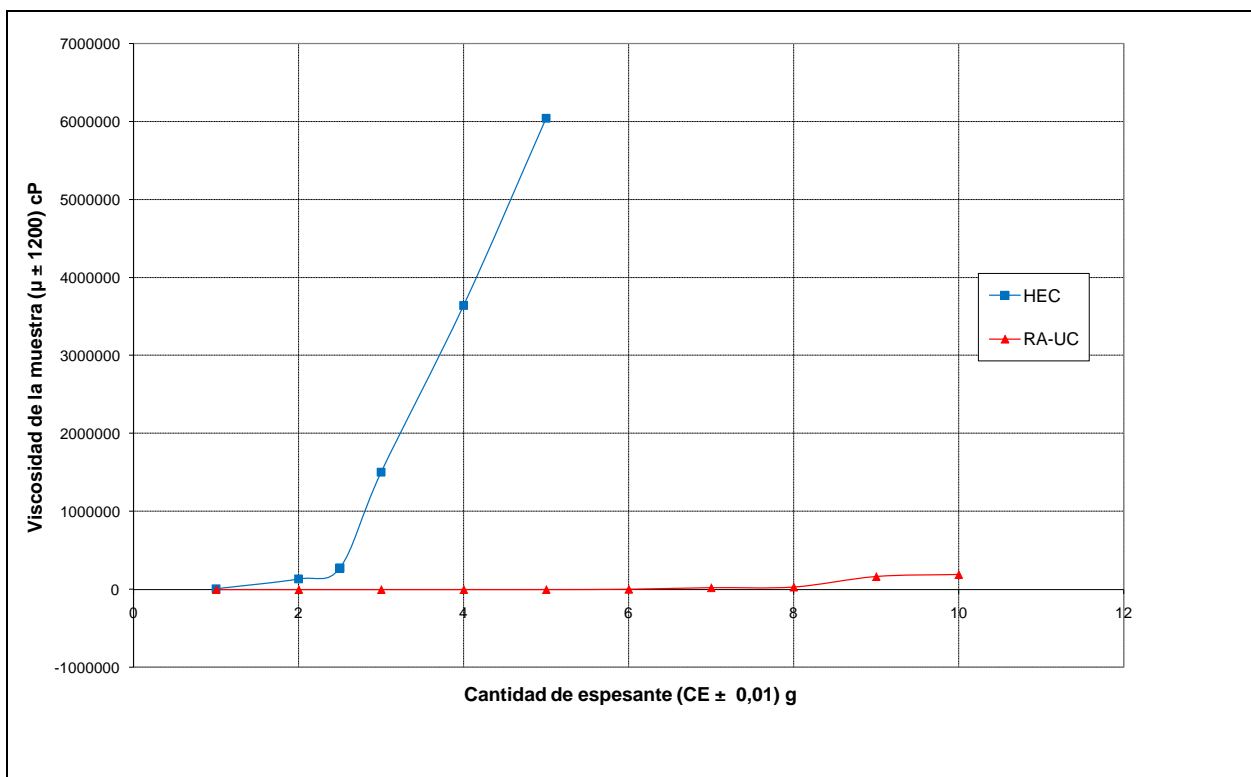


Figura 4.10. Perfiles de viscosidad obtenidos para diferentes concentraciones de espesante.

De las curvas se puede observar que a medida que la cantidad del espesante aumenta, sea cual sea el caso, la viscosidad atribuida por éste en la mezcla se ve incrementada. Además, se aprecia que el comportamiento de la RA-UC es similar al descrito anteriormente para la HEC, donde se tiene un punto de inflexión a partir del cual la variación de la viscosidad en función de la cantidad espesante se hace significativa. La diferencia entre las curvas se encuentra a partir del punto de inflexión, donde se percibe un aumento para la capacidad espesante de la HEC mayor que para la RA-UC.

Luego, con las curvas construidas se determinó la relación de las capacidades espesantes de la resina acrílica con respecto a la HEC, para lo cual se fijó la viscosidad máxima obtenida con la resina acrílica a una concentración del 10% p/p, y se determinó la concentración de HEC para alcanzar la misma viscosidad, lo cual se realizó partiendo del valor fijado y trazando una línea horizontal hacia la izquierda que corta la curva de

perfil de viscosidad de HEC, el punto de corte, obtenido a partir de esta intersección, representa la cantidad de espesante equivalente a una mezcla al 10% p/p de la resina acrílica sintetizada. La determinación del punto de corte se muestra a continuación.

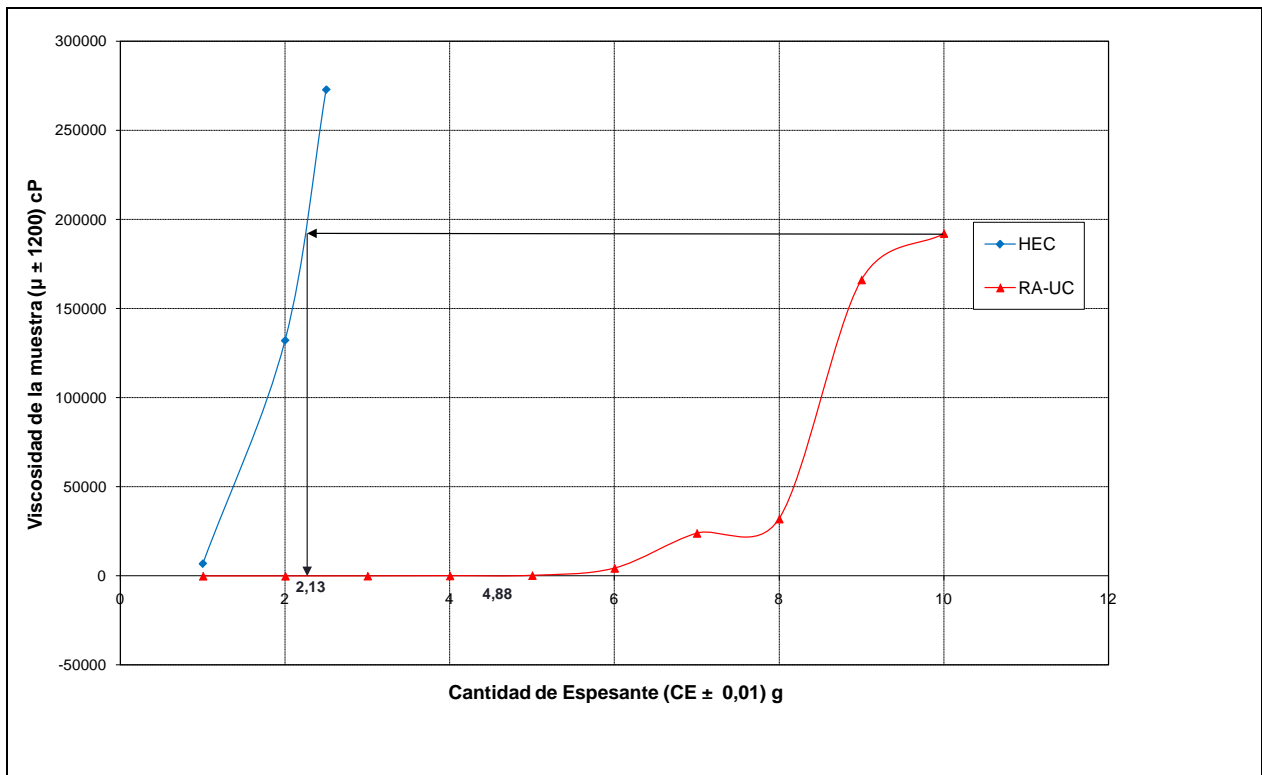


Figura 4.11. Determinación de las cantidades equivalentes de espesantes para una mezcla de resina acrílica al 10% p/p.

Una vez establecido el punto de intersección, se comprobó de forma experimental, las relaciones obtenidas a partir de la figura anteriormente presentada, con lo cual se corroboró la relación de 4,7:1 entre la resina acrílica y la HEC, para la obtención de una misma viscosidad.

Luego de determinar la relación entre el poder espesante de la HEC, se procedió a realizar las pruebas correspondientes a la sustitución del espesante utilizado actualmente por la resina acrílica, para lo cual se tomaron las especificaciones técnicas de la empresa para adecuar una determinada cantidad de pintura a las características de calidad exigidas, que en este caso son:



- pH comprendido entre 8,2 y 8,5
- Viscosidad comprendida entre 4.500 y 5.500 cP

Para realizar las pruebas en el laboratorio se trabajó con lotes de 200 g de pintura, con lo cual, y según las especificaciones de la empresa, se requieren 2 g de HEC para llevar el lote de pintura a las especificaciones antes mencionadas. Con los datos suministrados por la empresa y haciendo uso de las relaciones entre los poderes espesantes determinados anteriormente, se estableció la cantidad de resina acrílica necesaria para llevar un lote de igual tamaño a las mismas condiciones.

Al realizar las pruebas experimentales, utilizando la resina acrílica seleccionada, se pudo comprobar que la relación establecida presentaba resultados satisfactorios, ya que al agregarle la cantidad determinada de resina acrílica a la mezcla (9,4 g) se pudo obtener características de pH y viscosidad comprendidas en el rango necesario para la certificación de calidad. Además, se realizaron pruebas de aplicación en vidrio y en cerámica, con lo cual se pudo comprobar que la resina acrílica, al igual que la HEC, no afecta el tono, brillo, acabado o cubrimiento de las pinturas analizadas.

4.5. Evaluar la relación costo-beneficio entre la HEC y la resina seleccionada, empleadas como espesantes en el proceso de elaboración de pinturas

Una vez comparados los resultados obtenidos del poder espesante empleando la HEC y la RA-UC seleccionada, además de determinada la relación de concentración de los mismos en base al poder espesante obtenido para la obtención de una misma magnitud de viscosidad, se procedió a determinar si la sustitución de la hidroxietilcelulosa dentro del proceso por dicha resina, representa algún beneficio o disminución de costos de producción de las pinturas.

Inicialmente, antes de establecer la relación costo-beneficio para ambas propuestas, se determinó el precio asociado a la producción de la resina acrílica seleccionada a nivel industrial, mediante el procedimiento descrito en el apéndice A Cálculos Típicos, en la sección de determinación de la relación costo-beneficio,



obteniéndose un costo de producción de la RA-UC de 1,6 \$/kg el cual en comparación con el costo de adquisición de HEC de 22 \$/kg es mucho menor.

Ahora bien, en base al cálculo de la relación de concentración de la HEC y la RA-UC con respecto al poder espesante obtenido para una misma viscosidad, se determinó la cantidad de resina acrílica a producir para cumplir con la demanda actual de HEC; tomando en consideración para ello la proporción 1:4,7 de HEC con respecto a la RA-UC, procedimiento descrito en el apéndice A, obteniéndose una cantidad de 22.506 kg/año de resina, necesaria para cubrir la demanda actual de HEC en la empresa, para una cantidad máxima de consumo de HEC fijada de 1.880 kg/año.

Seguidamente, se determinó el costo operacional asociado a mantenimiento, reprocesamiento de producto, servicios industriales, sueldos y salarios, impuestos, venta y distribución y promoción y publicidad, necesarios para la operación normal de la planta, con un valor de 1.428.465,12 \$/año. Además, considerando la capacidad de producción de resina de la planta, se pudo determinar que para efectos de producción de la RA-UC, sólo es necesario la realización de un lote por mes para satisfacer la demanda actual de producto espesante, es por esto que al implementar la sustitución de la HEC por la resina acrílica, se consideran que los costos ya mencionados no se verán afectados, ya que no es necesario la contratación de nuevo personal o la modificación del resto de los factores que pueda afectar el valor mencionado.

Se determinan los costos asociados a la producción de pintura, empleando HEC como espesante, obteniéndose un costo de fabricación por el orden de 9.846.065 \$/año, que sumados a los costos operacionales considerados invariables, se obtiene un valor de 9.846.065 \$/año; dichos costos deben ser descontados de los ingresos brutos obtenidos por concepto de venta de productos, para finalmente, obtener un ingreso neto con un valor de 1.316.725 \$/año para el proceso actual de elaboración de pinturas.

De igual forma, determinando los costos asociados a la producción de pinturas, empleando la RA-UC como espesante, se obtuvo costos de fabricación por el orden de



9.776.561 \$/año. Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, se determinó el ingreso neto asociado a la elaboración de pinturas, empleando RA-UC como espesante, por un valor de 1.386.229 \$/año

TABLA 4.8.
FLUJO MONETARIO ASOCIADO A LA FABRICACIÓN DE PINTURAS
EMPLEANDO HEC Y RA-UC COMO ESPESANTES

Espesante empleado en la fabricación de pinturas	HEC	RA-UC
Costos asociados a la Adquisición/Producción (\$/kg)	22	1,6
Costos asociados a la Producción de pinturas (\$/kg)	8.417.600	8.348.096
Beneficio Obtenido [Ingresos Brutos (\$/año)]	1.316.726	1.386.230
Ahorro (\$/año)	69.504	
Relación Beneficio-Costo	2,93	

Ahora bien, con base a los resultados obtenidos entre los ingresos netos derivados del proceso actual y la alternativa planteada, se contabilizó un aumento de las ganancias de 69.504 \$/año, lo cual se traduce en un incremento de las mismas en un 5,02 % para la empresa. Por otra parte, analizando los costos asociados únicamente a la adquisición de la HEC y los costos de producción de la RA-UC, se obtiene un ahorro en los mismos del 65,82 % mediante la sustitución de la HEC por la RA-UC.

Finalmente al realizar el cálculo de la relación Beneficio-Costo se obtuvo un valor mayor a la unidad lo cual demuestra la aplicabilidad y rentabilidad de la sustitución propuesta.



CONCLUSIONES

1. Los productos manufacturados con el proceso de elaboración de pinturas artísticas en base acuosa utilizado actualmente en la empresa cumplen con las especificaciones exigidas
2. La HEC funciona como espesante de las pinturas artísticas en base acuosa.
3. La variable de respuesta más significativa, en el proceso de síntesis de la resina acrílica, es el poder espesante brindado por la resina.
4. Los factores más influyentes en la variable de respuesta fueron el porcentaje de sólidos disueltos, la velocidad de adición del iniciador y el tiempo de reacción.
5. Para la obtención de una resina acrílica con un poder espesante elevado es necesario mantener un porcentaje de sólidos disueltos alto, una velocidad del iniciador baja y un tiempo de reacción alto.
6. La formulación de la resina acrílica seleccionada fue la muestra Lab-02-C.
7. La resina acrílica seleccionada funciona como espesante de las pinturas artísticas en base acuosa.
8. La relación entre el poder espesante de la resina acrílica seleccionada y la HEC es de 4,7:1.
9. La resina acrílica seleccionada no altera la tonalidad, el acabado ni el cubrimiento de las pinturas.
10. La relación costo-beneficio obtenida mediante el análisis económico de la sustitución de la HEC por la RA-UC es de 2,93.



11.El ahorro obtenido mediante la sustitución de la HEC por la RA-UC es de 69504 (\$/año).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aglan, A. (2006). *Formulation and evaluation of nano-structured polymeric coatings for corrosion protection*. [Resumen]. Trabajo de grado no publicado. Universidad Tecnológica de Michigan. Michigan. USA. Disponible: <http://www.sciencedirect.com>. [Consulta: 2008, febrero 13].
2. Alvarado, L. (1997). *Evaluación de proyectos de inversión*. Escuela de Ingeniería Industrial. Departamento de Gerencia. Universidad de Carabobo.
3. Amtex (2005). *Método analítico para la determinación de viscosidades con viscosímetros Brookfield* [Documento en línea]. Disponible: <http://www.amtex.com.mx/docs/AMTEX-Brookfield.pdf> [Consulta: 2008, febrero 18].
4. Aqualon (1985). *Natrosol hydroxyethylcellulose a nonionic water-soluble polymer*. [Boletín técnico informativo]. Boston. Estados Unidos de América.
5. Baldor, A. (1996). *Álgebra* (14ta. reimpresión). México. Editorial Publicaciones Cultural, S.A. (Trabajo original publicado en 1983).
6. Brydson, J. (1999). *Plastic materials* (2da. edición). Estados Unidos de América. Editorial Butterworth – Heinemann. (Trabajo original publicado en 1966).
7. Chang, R. (2002). *Química* (7ma edición; M. Medeles Ramirez, Trad.). Colombia. Editorial McGraw-Hill.



8. Fazenda, J. (1995). *Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia*. (2^{da} ed). São Paulo. Brasil.
9. FONDONORMA (2007). *COVENIN 0577:2007 Determinación de la viscosidad por el método Brookfield*. Caracas. Venezuela.
10. FONDONORMA (2007). *COVENIN 0676:1996 Sistemas acuosos. Determinación del valor pH*. Caracas. Venezuela.
11. FONDONORMA (2007). *COVENIN 0680:1996 Pinturas y productos afines. Determinación del contenido de material no Volátil*. Caracas. Venezuela.
12. Guerra, G. (1995). *Glosario para administradores y economistas agropecuarios* (1era. edición). México. Editorial Limusa Wiley.
13. Himmelblau, D. (1997). *Principios Básicos y Cálculos de Ingeniería Química*. (6a. ed.). México. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana.
14. Hurtado, B. (2000). *Metodología de la investigación holística*. (1a. ed.). Fundación SYPAL. Caracas. Venezuela.
15. Kuehl, R. (1999) *Design of experiments: statics principles of research design and analysis* (7ma edición). Estados Unidos de América. Editorial Duxbury Press.
16. Montgomery, D. (2003) *Diseño y análisis de experimentos*. (2a, edición) México. Editorial Limusa Wiley.
17. Muñoz, M. (2005). *Síntesis y caracterización de geles como vehículos de meloxicam y acetato de vitamina E de aplicación tópica terapéutica y cosmética*. [Resumen]. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad de



- Granada. Facultad de Farmacia. Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica. ISBN 84-228-3300-6. Granada. Disponible: <http://www.sciencedirect.com>. [Consulta: 2008, febrero 13].
18. OROColor (2002). Manual técnico de procedimientos industriales.
 19. Odian, G. (2004). Principles of Polymerization (4ta. edición). EE.UU. Wiley-Interscience publication.
 20. Pilsniak, M. (2007). *Synthesis and characterization of polymeric resins with aliphatic and aromatic amino ligands and their sorption behavior towards gold from ammonium hydroxide solutions*. [Resumen]. Tesis doctoral sin publicación. Universidad de Tecnología de Wroclaw. Polonia. Disponible: <http://www.sciencedirect.com>. [Consulta: 2008, febrero 13].
 21. Rodrigo, G. (2006). *Estudio preliminar de la síntesis de hidroxietilcelulosa a partir de oxido de etileno y celulosa proveniente de la masa foliar de Panicum Virgatum (Gamelote)*. [Resumen] Trabajo de grado no publicado, Universidad de Carabobo. Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Química, Valencia.
 22. Salager, J. (1993). *El Mundo de los Surfactantes*. Venezuela. Laboratorio FIRP, Universidad de Los Andes.
 23. Seda, R. (2004). *Synthesis and characterization of pure polyacrylate latexes* [Resumen]. Tesis doctoral sin publicación, Universidad de Hacettepe. Departamento de Ingeniería de Sustancia Química. 06532 Ankara. Disponible: <http://www.sciencedirect.com>. [Consulta: 2008, febrero 13].
 24. Taguchi, G. (1979). *Introduction to Off-Line Quality Control*. Japón. Central Japan Quality Control Association.



25. Uribe, M. (1990). *Los polímeros. Síntesis y Caracterización*. México. Noriega Editores. Editorial Limusa.
26. Wade, L. (2004). *Química orgánica* (5ta. ed. en español; A. Montaña Pedrero, Trad.). España. Editorial Pearson Prentice Hall. (Trabajo original publicado en 2003).
27. Wolf, N. (2003). *Desarrollo de una resina acrílica en emulsión para uso en artes gráficas en la empresa productos Stahl de Venezuela*. [Resumen] Trabajo de grado no publicado, Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.

Paginas WEB consultadas

<http://www.textoscientificos.com> [Consulta: 2008, marzo 25]

<http://www.gestiopolis.com> [Consulta: 2008, marzo 28]



RECOMENDACIONES

1. Para investigaciones futuras disponer de un baño termostatado para un enfriamiento uniforme y progresivo al finalizar la síntesis de la resina acrílica, que permita disminuir el tiempo de operación.
2. Para investigaciones futuras utilizar un dosificador del iniciador para garantizar que la velocidad de adición del mismo se mantenga constante, y así evitar las posibles fluctuaciones de caudal.
3. Realizar un escalamiento piloto antes de la implementación del proceso en la planta.
4. Utilizar equipos de protección personal para manipular los reactivos, ya que los mismos son compuestos tóxicos.
5. Desarrollar otros aspectos no abarcados como:
 - Modificación de los monómeros reaccionantes.
 - Modificación del tipo de surfactante.
 - Modificación del tipo de catalizadores.
 - Modificación de las condiciones de operación de presión y temperatura.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE OPERATIVA



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AUTOMATIZADO
PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIALES
CONSUMIBLES Y NO CONSUMIBLES EN CONSTRUCTORA ANACO, C.A**

Tutor:

Carnevali Ángel

Autores:

Cortez A. Julliana

Rojas S. Ely R.

Valencia, noviembre del 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE OPERATIVA



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AUTOMATIZADO
PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIALES
CONSUMIBLES Y NO CONSUMIBLES EN CONSTRUCTORA ANACO, C.A**
**Trabajo Especial de Grado Presentado Ante la Ilustre Universidad de Carabobo
para Optar por el Título de Ingeniero Industrial**

Tutor:

Carnevali Ángel

Autores:

Cortez A. Julliana

Rojas S. Ely R.

Valencia, noviembre del 2008



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Nosotros los abajo firmantes, Miembros del Jurado, designados por el Consejo de Escuela para Evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “Desarrollo de un Sistema de Información Automatizado para el Control de Inventarios de Materiales Consumibles y no Consumibles en Constructora Anaco, C.A”, realizado por los Brs. Julliana Cortez Alvarado, C.I. 16.154.590 y Ely Rafael Rojas Sánchez, C.I. 16.050.315 hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. Ángel Carnevali

Tutor

Prof. Manuel Jimenez

Jurado

Prof. Enrique Pérez

Jurado

INTRODUCCIÓN

El manejo incorrecto de grandes volúmenes de información en forma manual suele ser engorroso y trabajoso ésto ocasiona muchas veces la pérdida de datos importantes. Para ello se debe contar con un buen sistema que agilice el control de información y evite el extravío de documentos que suelen ser importantes.

Un sistema de información es un conjunto de elementos que interactúan entre sí con el fin de apoyar las actividades de una empresa o negocio.

Constructora ANACO, C.A, es una empresa dedicada a la fabricación y construcción de estructuras metálicas y de concreto armado por pedidos y a requerimientos del cliente para sectores industriales, residenciales, gubernamentales y petroleros. Últimamente en la empresa existe un descontrol en cuanto al manejo de sus inventarios, si bien un inventario físico total es el inicio de un control físico de existencias, los inventarios físicos permanentes son en definitiva la clave para el buen funcionamiento de un Sistema de Control de Inventarios.

El control tiene como objeto cerciorarse de que los hechos vayan de acuerdo con los planes establecidos. El control interno es aquel que hace referencia al conjunto de procedimientos de verificación automática que se producen por la coincidencia de los datos reportados por diversos departamentos o centros operativos.

La presente investigación busca determinar y analizar las causas que ocasionan el manejo inadecuado de los inventarios de materiales consumibles y no consumibles de la “Constructora ANACO, C.A”.

El objetivo fundamental de esta investigación es diseñar un sistema de información automatizado que permita controlar el flujo de inventarios de materiales en el almacén de la Constructora ANACO, C.A.

Para lograr ésto, el Trabajo Especial de Grado ha sido organizado en seis capítulos distribuidos de la siguiente manera:

El primer capítulo se va a realizar la descripción de la empresa, se dirán los servicios y productos que ella ofrece, luego se hará el Planteamiento del Problema. Se planteará la situación actual del almacén de la constructora en relación al manejo de los inventarios y métodos actuales usados en la empresa.

El segundo capítulo está conformado por las bases teóricas relacionadas a los sistemas de información, de la definición de los mismos, funciones básicas que deberían cumplir y de la relación que existe con el control de inventarios. Por otra parte se da una definición de inventarios y se da una breve explicación de ellos.

El capítulo tres abarca el nivel y tipo de investigación, el tipo de fuente, además incluye las técnicas o herramientas para la recolección de datos.

El cuarto capítulo comprende el análisis de la situación actual, se utilizará el diagrama de Pareto para la presentación de los resultados arrojados por las entrevistas que fueron aplicadas al personal que labora en la Constructora ANACO, C.A. Luego se muestra un análisis de las cuatro causas principales que son atribuibles a la problemática sufrida en el almacén en cuanto a la deficiencia en el control de sus inventarios.

El capítulo cinco y seis fueron destinados al desarrollo del sistema propuesto y presentación del manual del usuario respectivamente.

La realización de un sistema información automatizado para el control de inventarios es de suma importancia para la empresa, ya que le brinda a la misma un método para llevar el control de sus inventarios de forma sencilla, eficiente y útil.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO DE OPERATIVA



**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN AUTOMATIZADO
PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS DE MATERIALES
CONSUMIBLES Y NO CONSUMIBLES EN CONSTRUCTORA ANACO, C.A**

AUTORES:

CORTEZ A., Julliana

ROJAS S., Ely R.

TUTOR:

Ángel Carnevali

AÑO: 2008

RESUMEN

El siguiente Trabajo Especial de Grado se hizo en la empresa Constructora ANACO, C.A, que se encuentra ubicada en la Zona Industrial Castillito, calle 97, galpón N° 66, Valencia-Estado Carabobo. El estudio realizado tiene como objetivo fundamental diseñar un sistema de información automatizado que permita controlar el flujo de inventario de materiales consumibles y no consumibles en el almacén de la Constructora ANACO C.A. Este control se llevaba de manera manual y de forma descontrolada, es por ello que la gerencia de la empresa decidió la implantación del sistema computarizado. En la primera etapa se analizó la situación actual, a través de la aplicación de entrevistas al personal de la empresa; se elaboró un diagrama de Pareto para determinar las causas principales que son atribuibles a la problemática sufrida en el almacén, partiendo de allí se elaboró los diagramas de flujo del sistema propuesto, se determinó el diseño del sistema propuesto y se ejecutó considerando las sugerencias de los usuarios potenciales. El sistema está hecho en el lenguaje FoxPro de programación y está diseñado de forma amigable, para que sea de fácil manejo para los usuarios, presentando las instrucciones necesarias para utilizarlo correcta y adecuadamente.

Palabras clave: sistema, control, inventario, información.

I.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo y control de grandes volúmenes de información puede convertirse en una tarea algo engorrosa y tediosa, especialmente en los casos cuando no existe un sistema de control adecuado que permita obtener una mayor y mejor información. En el mundo empresarial esta actividad no se queda a un lado puesto que las empresas continuamente intercambian información ya sea a nivel interno o externo.

En la mayoría de los negocios, los inventarios representan una inversión relativamente alta y producen efectos importantes sobre todas las funciones principales de la empresa. Cada función tiende a generar demandas de inventario diferente y a menudo incongruente.

El inventario tiene como propósito fundamental proveer a la empresa de materiales necesarios, para su continuo y regular desenvolvimiento, es decir, el inventario tiene un papel vital para funcionamiento acorde y coherente dentro del proceso de producción y de esta forma afrontar la demanda.

El inventario permite hacer frente a la competencia, si la empresa no satisface la demanda del cliente se ira con la competencia, esto hace que la empresa no solo almacene inventario suficiente para satisfacer la demanda que se espera, si no una cantidad adicional para satisfacer la demanda inesperada.

Constructora ANACO, C.A, es una empresa dedicada a la fabricación y construcción de estructuras metálicas y de concreto armado por pedidos y a requerimientos del cliente para sectores industriales, residenciales, gubernamentales y petroleros.

Constructora ANACO, C.A, últimamente se ha visto en la necesidad de aumentar la producción y culminación de sus obras. Estudios realizados por la misma empresa arrojan un incremento de la demanda, en consecuencia la participación en el mercado de Constructora ANACO, C.A, ha sufrido un aumento en un 60% con respecto al último trimestre.

En la *tabla N° 1* se muestran los contratos con los clientes y el monto del contrato, también aparece el porcentaje a pagar del cliente por un día de adelanto y el porcentaje que debe pagar la empresa por un día de retraso de la obra.

CLIENTE	MONTO	POR ADELANTO DE LA OBRA (0.01 % - 0.05 %)	POR ATRASO DE LA OBRA (0.01 % - 0.05 %)
FONDUR	3.809.410,36	38.094,10 - 190.470,52	38.094,10 - 190.470,52
UNIVERSIDAD DE CARABOBO	5.549.672,63	55.496,72 - 277.483,63	55.496,72 - 277.483,63
PEQUIVEN	8.763.583,70	87.635,84 - 438.179,19	87.635,84 - 438.179,19
TRACTO AGRO MARACAY, C.A	6.500.000	65.000,00 - 325.000,00	65.000,00 - 325.000,00
MIDEA CORPORACION, C.A	5.342.182,80	53.421,83 - 267.109,14	53.421,83 - 267.109,14
MONTO TOTAL OBRAS EN EJECUCION (Bs. F)			

Tabla N° 1. Relación de obras y servicios en ejecución.

La disponibilidad de la capacidad en Constructora ANACO C.A, se ve limitada por el descontrol de información en cuanto a la disponibilidad de materiales dentro del almacén, según lo observado esto se debe principalmente a lo siguiente:

- ❖ *No existe un equilibrio en la carga de trabajo;* ya que unos días las tareas son más pesadas que otras esto ocasiona que trabaje 5 horas extra durante los seis de la semana, debido al incremento de la demanda (contra pedido).
- ❖ *No existe un sistema de ubicación de materiales;* lo que origina que la búsqueda de materiales sea lenta, originando demoras y retraso en atención al cliente (operarios que solicitan materiales, herramientas o equipos) y éste a su vez genera un retraso de 2 horas en la obra.
- ❖ *Existe falta de coordinación entre el almacén, compra y gerencia (falta de logística);* originando una incertidumbre de información a primera mano por parte de la empresa hacia los diferentes departamentos.
- ❖ *Retraso en el mantenimiento de los equipos por falta de repuesto;* obteniéndose la siguiente lista de equipos en mal estado:
 - Hay 3 máquinas de soldar marca **BIG 40 DIESEL MILLER.**
 - Hay 4 máquinas de soldar marca **LINCOLN ELECTRIC.**
 - Hay 1 máquina marca **LINCOLN ARC WELDER.**
 - Hay 4 máquinas de soldar **ESAB.**
 - Hay 1 máquina de soldar **MILLER 60 series.**
 - Hay 1 máquina **LINCOLN COMMANDER.**

Lo que indica que hay un total de 14 equipos dañados que tienen tres años parados en almacén, debido a la velocidad de respuesta de los diferentes departamentos, la información introducida por parte del encargado del almacén, ya que el personal asignado es escaso.

- ❖ ***La disposición física del almacén es reducida;*** debido al espacio ocupado por los materiales, equipos, herramientas; lo que hace que el flujo de los materiales sea lento, ya que la salida del almacén es por una sola puerta.

- ❖ ***La disponibilidad y fiabilidad de la información;*** es debido al encargado del almacén, la cual la hace al final del día y es realizada en forma manual.

- ❖ ***La información como los materiales no fluyen correctamente;*** debido a la visión global del proceso logístico que genera ineficiencia por parte de la empresa.

Con todo lo anteriormente expuesto surge la siguiente interrogante:

¿Es necesario el desarrollo de un sistema de información automatizado que permita mejorar el control de inventarios de forma tal que se pueda atender la demanda de los clientes justo a tiempo?

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de información automatizado que permita controlar el flujo de inventario de materiales consumibles y no consumibles en el almacén de la Constructora ANACO C.A.

1.6.2 Objetivos Específicos

- ❖ Analizar la situación actual, evaluando los métodos actuales usados para el control de inventarios de materiales consumibles y no consumibles.
- ❖ Diseñar modelos que reflejan la estructura, comportamiento y flujo de información, en base a la información recabada.
- ❖ Diseñar una base de datos consistente, extensible que permita manejar la información en forma sistemática, eficiente y centralizada.
- ❖ Programar el sistema que permita administrar y llevar el control de todos los movimientos de inventario que se generen en la empresa.
- ❖ Documentar el programa.
- ❖ Probar el sistema de información para comprobar que el mismo funciona correctamente.

1.7 ALCANCE

El estudio se va a realizar en el almacén de la Constructora ANACO, C.A. Abarca también la gerencia y el departamento de compra.

Con este estudio se busca la integración entre las partes mencionada mejorando así la logística y flujo de información, consiste en el diseño de un sistema de información automatizado que permita conocer los inventarios de materiales consumibles y no consumibles en el almacén.

Por otra parte, este proyecto busca facilitar la toma de decisiones, minimizar los tiempos de espera y los costos asociados a los mismos por cada día de retraso ocasionado por una obra.

El sistema a diseñar tomará en cuenta las sugerencias tanto de la gerencia como el departamento de compras y el personal que labora en el almacén, por otro lado este proyecto se realizará hasta la implementación del sistema quedando la implantación del mismo de parte de la empresa.

1.8 LIMITACIONES

- ❖ El tiempo disponible para la realización de la investigación es de tres meses, ya que la empresa desea implementar el sistema de información en el último trimestre del año.
- ❖ El personal a cargo del almacén es escaso por lo que complica la búsqueda de información en consecuencia aumenta el tiempo para la obtención de la misma.

- ❖ La investigación debe tratar de realizarse teniendo la menor cantidad de gastos posibles y cumpliendo eficientemente la finalidad del estudio.
- ❖ Debido a la poca data existente no podrá realizarse un análisis estadístico para determinar las políticas de inventario.

1.9 JUSTIFICACIÓN

Algunas empresas consideran que no deberían mantener ningún tipo de inventario porque mientras los productos se encuentran en almacenamiento no generan rendimiento y deben ser financiados. Sin embargo es necesario mantener algún tipo de inventario porque:

1. La demanda no se puede pronosticar con certeza.
2. Se requiere de un cierto tiempo para convertir un producto de tal manera que se pueda vender.

Constructora ANACO C.A., es una empresa que no puede pronosticar con certeza su demanda ya que trabaja contra pedido, debido a ésto es de vital importancia para la misma, mantener en su almacén materiales para hacer frente a la demanda.

El trabajo especial de grado representa un valioso aporte a la Constructora ANACO C.A, ya que le proporcionará a la empresa un sistema de información automatizado que le permitirá llevar el control de los inventarios de materiales, de esta forma se buscará mejorar la logística entre el almacén, compra y la gerencia logrando así atender la mayor parte de la demanda insatisfecha presente en el mercado.

SISTEMA

II.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

II.1.1 SISTEMA

Un sistema es un conjunto de entidades caracterizadas por ciertos atributos, que tienen relaciones entre si y están localizadas en un cierto ambiente, de acuerdo con cierto objetivo (Puleo, 1985).

II.1.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información, son un conjunto de elementos que interactúan entre sí, con el fin de apoyar las actividades de una empresa o servicio. Estos elementos son de naturaleza diversa y normalmente incluyen: equipo computacional (hardware y software), recurso humano, datos o información (Cohen y Asin, 2004).

Probablemente, la mayor revolución que se observa en la administración en el mundo contemporáneo proviene de las nuevas formas de tratar la información. El progreso de las telecomunicaciones y el procesamiento electrónico de datos ha traído cambios rápidos y visibles en casi todas las empresas privadas e instituciones públicas. Esta revolución ha alterado profundamente la vida administrativa al:

- Mejorar la capacidad de uso de información para tomar decisiones.
- Destruir la confidencialidad o los usos restringido de información.
- Facilitar la destrucción de barreras geográficas y jerárquicas.
- Eliminar intermediarios en la transmisión de datos.
- Hacer “instantáneo” el acceso a la información.

- Mejorar la presentación de datos, por medio de tablas y gráficos, con la construcción electrónica.

II.1.3 ACTIVIDADES QUE REALIZA UN SISTEMA DE INFORMACIÓN:

Según (Cohen y Asin, 2004) un sistema de información realiza cuatro actividades básicas: entrada, almacenamiento, procesamiento y salida de información.

- ❖ ***Entrada de información:*** es el proceso mediante el cual el Sistema de Información toma los datos que requiere para procesar la información (nombre, edad, sexo). Las entradas pueden ser manuales o automáticas. Las manuales son aquellas que se proporcionan en forma directa por el usuario, mientras que las automáticas son datos o información que provienen o son tomados de otros sistemas o módulos.
- ❖ ***Almacenamiento de información:*** el almacenamiento es una de las actividades o capacidades más importantes que tiene una computadora, ya que a través de esta propiedad el sistema puede recordar la información guardada en la sección o proceso anterior. Ésta información suele ser almacenada en estructuras de información denominadas archivos.
- ❖ ***Procesamiento de información:*** es la capacidad del Sistema de Información para efectuar cálculos de acuerdo con una secuencia de operaciones preestablecida. Estos cálculos pueden efectuarse con datos introducidos recientemente en el sistema o bien con datos que están almacenados. Esta característica de los sistemas permite la transformación de datos fuente en información que puede ser utilizada para la toma de decisiones, lo que hace posible, entre otras cosas, que un tomador de decisiones genere una

proyección financiera a partir de los datos que contiene un estado de resultados o un balance general de un año base.

- ❖ **Salida de información:** la salida es la capacidad de un Sistema de Información para sacar la información procesada o bien datos de entrada al exterior. Las unidades típicas de salida son las impresoras, terminales, pendrives, cintas magnéticas, entre otros. Es importante aclarar que la salida de un Sistema de Información puede constituir la entrada a otro Sistema de Información o módulo.

II.1.4 TIPOS Y USOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Según (Gómez, 1997) durante los próximos años, los sistemas de información cumplirán tres objetivos básicos dentro de las organizaciones (*Ver Figura N°2*):

- 1) Automatización de procesos operativos.
- 2) Proporcionar información que sirva de apoyo al proceso de toma de decisiones.

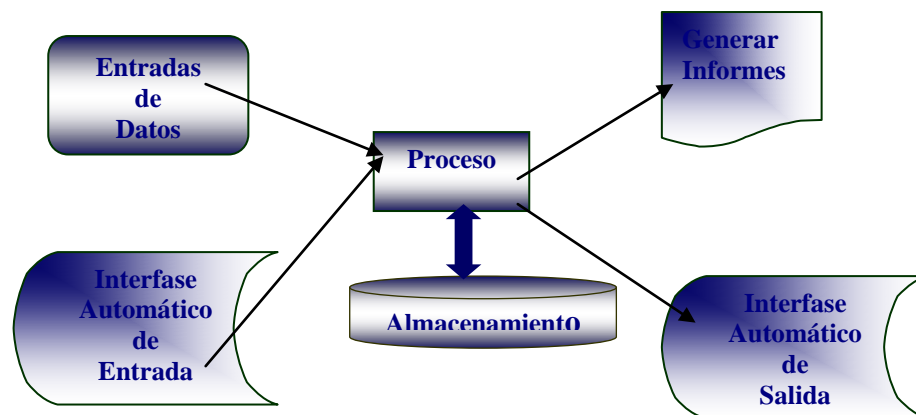


Figura N° 2. Funcionamiento de los Sistemas de Información.

- 3) Lograr ventajas competitivas a través de su implantación y uso.

II.1.5 DIAGRAMA DE FLUJO

Según (Gómez, 1997) el diagrama de flujo consiste en representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos o relaciones de todo tipo, por medio de símbolos. La importancia de estos diagramas radica en que ayudan a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este. (Ver Tabla N° 2)

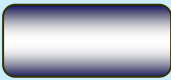

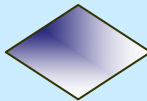

NOMBRE	SÍMBOLO	FUNCIÓN
Terminal		Representa el inicio y fin de un programa. También puede representar una parada o interrupción programada que sea necesaria realizar en un programa.
Proceso		Cualquier tipo de operación que pueda originar cambio de valor, formato o posición de la información almacenada en memoria, operaciones aritméticas, de transformaciones, etc.
Decisión		Indica operaciones lógicas o de comparación entre datos (normalmente dos) y en función del resultado de la misma determina (normalmente si y no) cual de los distintos caminos
Indicador de dirección o línea de flujo		Indica el sentido de la ejecución de las operaciones

Tabla N° 2. Simbología del Diagrama de Flujo.

II.1.6 INVENTARIO

Según (Buffa, 1984) el inventario, en el mundo empresarial, es el conjunto de todos los bienes propios y disponibles para la venta a los clientes. Se convierte en efectivo dentro del ciclo operacional de la empresa, por lo que se considera como un activo corriente. Los inventarios están constituidos por los bienes de una entidad que

se destinan a la venta o a la producción para su posterior venta, tales como son la materia prima, la producción en proceso, los artículos terminados y otros materiales que se utilicen en el empaque, envase de mercancía o las refacciones para el mantenimiento que se consuman en el ciclo de operaciones.

II.1.7 CLASES DE INVENTARIO

Según (Buffa, 1984) de acuerdo a la característica de la empresa encontramos cinco tipos de inventario:

- ❖ **Inventario de Mercancías:** Lo constituyen todos aquellos bienes que le pertenecen a la empresa bien sea comercial o mercantil, los cuales los compran para luego venderlos sin ser modificados.
- ❖ **Inventario de Productos Terminados:** Son todos aquellos bienes adquiridos por las empresas manufactureras o industriales, los cuales son transformados para ser vendidos como productos elaborados.
- ❖ **Inventario de Productos en Proceso de Fabricación:** Lo integran todos aquellos bienes adquiridos por las empresas manufactureras o industriales, los cuales se encuentran en proceso de manufactura.
- ❖ **Inventario de Materias Primas:** Lo conforman todos los materiales con los que se elaboran los productos, pero que todavía no han recibido procesamiento.
- ❖ **Inventario de Suministros de Fábrica:** Son los materiales con los que se elaboran los productos, pero que no pueden ser cuantificados de una manera exacta (Pintura, lija, clavos, lubricantes, entre otros).

II.1.8 CONTROL INTERNO DE LOS INVENTARIO

Según (Buffa, 1984) el control interno sobre los inventarios es importante, ya que los inventarios son el aparato circulatorio de una empresa de comercialización. Las compañías exitosas tienen gran cuidado de proteger sus inventarios. Los elementos de un buen control interno sobre los inventarios incluyen:

- 1) Cuento físico de los inventarios por lo menos una vez al año, no importando cual sistema se utilice
- 2) Mantenimiento eficiente de compras, recepción y procedimientos de embarque
- 3) Almacenamiento del inventario para protegerlo contra el robo, daño ó descomposición
- 4) Permitir el acceso al inventario solamente al personal que no tiene acceso a los registros contables
- 5) Mantener registros de inventarios perpetuos para las mercancías de alto costo unitario
- 6) Comprar el inventario en cantidades económicas
- 7) Mantener suficiente inventario disponible para prevenir situaciones de déficit, lo cual conduce a pérdidas en ventas

II.1.9 SISTEMA JUSTO A TIEMPO (JAT)

Según (Vollmann, 2005) el JAT se considera como un enfoque para minimizar desperdicios de fabricación. Ayuda a subdividir el desperdicio en tiempo, energía, materiales y errores. Es una profunda filosofía de llegar a obtener cero inventarios, cero transacciones y cero “perturbaciones”, cero perturbaciones significa ejecución rutinaria del programa un día tras otro.

El desperdicio se concibe como "todo aquello que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto".

Justo a tiempo implica producir sólo exactamente lo necesario para cumplir las metas pedidas por el cliente, es decir producir el mínimo número de unidades en las menores cantidades posibles y en el último momento posible, eliminando la necesidad de almacenaje, ya que las existencias mínimas y suficientes llegan justo a tiempo para reponer las que acaban de utilizarse y la eliminación del inventario de producto terminado.

Se considera que el exceso de existencias:

- Absorbe capital que no es necesario y que podría invertirse de una mejor forma.
- Genera mayores costos de almacenaje
- Aumenta los riesgos de daños y de obsolescencia, puede ocultar oportunidades para realizar mejoras operativas.

II.1.10 DIAGRAMA DE FLUJO DE DATOS (DFD)

Para visualizar el sistema propuesto se utilizará como herramienta los Diagramas de Flujo de Datos (DFD), estos representan gráficamente al sistema mostrando el flujo de datos que pasan de un proceso a otro.

Según (Carnevali y León, 2004), para elaborar los DFD primero se debe identificar el sistema a desarrollar y se establece relaciones con otros sistemas o entidades externas. Luego se divide el sistema en subsistemas, manteniendo las relaciones con las entidades externas, y de ser necesario se subdividen los subsistemas.

Posteriormente se definen los Procesos y se realiza el DFD correspondiente, para cada proceso, relacionándolo con las entidades externas y los depósitos de datos. Se subdividen los procesos en subprocesos (esto es lo que se llama explosión del DFD, que origina niveles de detalle) y de ser necesario se explotan los subprocesos.

II.1.11 SIMBOLOGÍA DE LOS DFD





<p>Unidad Funcional</p>		<p>Utilizada cuando un flujo de dato se origina fuera de un sistema; si esta se representa varias veces se coloca una línea diagonal en el ángulo inferior derecho.</p>
<p>Proceso</p>		<p>Se utiliza para describir una operación dentro del proceso general, sus componentes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • #: indica el número de la secuencia del proceso • Tarea: se describe verbalmente la acción • ¿Quién?: el responsable de realizar la operación.
<p>Almacenamiento</p>		<p>Se utiliza para vaciar o extraer datos almacenado en los archivos del sistema, sus componentes son :</p> <ul style="list-style-type: none"> • #: indica el número de la secuencia de almacenamiento • Nombre: correspondiente al archivo de la base de datos.
<p>Flujo de datos</p>		<p>Indica las entradas y/o salidas de datos representándose sobre la línea los datos o información que viajan en el proceso.</p>

Tabla N°3. Simbología de los DFD del Autor Kendall & Kendall.

II.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ainaga José y Rodríguez Robert (1995) en su investigación que lleva por nombre “Diseñar un Sistema Automatizado para el Control de Inventarios de Materias Primas en la Corporación Industrial Alpes S.A Valencia”. En este trabajo se diseño un sistema de información que sirve de herramienta para la toma de decisiones en relación a la cantidad de materia prima a ordenar y el tiempo en que debe hacerse el pedido.

Los autores hacen uso de los diagramas conceptual del sistema y el modelo entidad relación, para recabar datos acerca de los procesos usados para el manejo de información, logrando de esta forma identificar las posibles mejoras. Aparte hacen uso del análisis de clasificación ABC para clasificar la materia prima. Esta investigación brinda el conocimiento para realizar el diagrama entidad-relación.

Briceño Samuel y Romero Leonardo (1999) en su trabajo especial de grado “Desarrollo de un Sistema Integrado para el Control de la Producción y el manejo de los Inventarios en una Industria de Productos Alimenticios”. El estudio busco optimizar el control de la producción aplicando herramientas de ingeniería industrial y de calidad. Aplicaron el diagrama de Pareto y de causa- efecto para analizar la situación actual con esto determinaron las causas raíces del problema. Este trabajo aporta un esquema de las herramientas a usar para hacer el análisis de la situación actual.

Duran Yelitza y Soto Juan (2002) en su trabajo especial de grado denominado “Propuestas de Mejora al Sistema de Mantenimiento de C.A.D.A.F.E.

Planta Centro como Soporte a los Requerimientos de un Sistema de Mantenimiento Computarizado”. El estudio se basa en conceptos de mantenimiento y sistemas gerenciales de mantenimiento, para describir y analizar la situación actual los autores usaron diagramas de descomposición funcional, diagrama de flujo de datos, matriz de validación cruzada y diagrama entidad-relación. El aporte de este trabajo está relacionado directamente en cuanto a la elaboración de los diagramas entidad-relación.

Hernández Mariana (2003) en su trabajo especial de grado el cual lleva por nombre “Diseño de un sistema para la gestión del manejo y control de contratos en la división de generación central”. Para analizar la situación actual la autora uso los diagramas de descomposición funcional y flujograma de los procesos, esto le permitieron determinar los factores considerados en el desarrollo del sistema. En este trabajo se observó los pasos a seguir al momento de realizar el sistema de información.

Cabanso Grizzelt (2004) en su trabajo especial de grado titulado “Establecimiento de mejoras para el manejo y control del inventario en el almacén general de CADAFFE-PLANTA CENTRO”. La autora aplicó encuesta estructuradas las cuales le permitieron recopilar información acerca de la opinión y percepción de los departamentos usuarios y del propio departamento del almacén respecto a sus labores, detectando así aquellas situaciones problemáticas a eliminar o mejorar. Por otro lado utilizó el análisis de clasificación ABC para realizar la clasificación de los suministros del almacén. Este trabajo fue útil para conocer los pasos a seguir al momento de realizar la clasificación de los ítems.

Betancourt Verónica y Ontivero Nathalia (2007) en su investigación la cual se titula “Desarrollo de un Sistema de Información para el Control del Inventario de Materia Prima y Producto Final en Acicla S.A., Empresa Transformadora de Aluminio Reciclado” en su trabajo especial de grado desarrollaron diagramas de proceso de los departamentos involucrados con la finalidad de determinar los requerimientos de información del personal. Aplicaron también diagramas de flujo de datos de los procesos y subprocesos con estos lograron determinar el diseño del sistema propuesto. Esta investigación brinda el conocimiento para la elaboración de los diagramas de flujo de datos de los procesos y subprocesos.

III.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de la investigación a realizar es de tipo explicativa, ya que busca identificar las causas que originan el problema planteado, además de analizar las consecuencias de dicho problema, con el fin de plantear posibles soluciones que mejoren la situación actual de la Constructora ANACO, C.A.

III.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo al nivel de investigación preestablecido, la estrategia a utilizar para la solución del problema es la referida a una investigación de campo, debido a que los datos fueron tomados directamente de la realidad. Se cuenta con apoyo documental ya que se dispone de bases teóricas para el análisis y desarrollo de las propuestas, por otro lado también se cuenta con la información suministrada por la empresa.

III.3 TIPO DE FUENTES

Los tipos de fuentes a utilizar son de datos primarios y de datos secundarios. Los datos primarios se obtendrán reuniendo información mediante la aplicación de entrevistas, las entrevistas estarán diseñadas de forma sencilla de forma tal que sean fáciles de contestar, incluirán una serie de preguntas abiertas que le permitirán al entrevistado expresar su opinión. También se usarán preguntas cerradas debido a que son mucho más fáciles de codificar de manera tal que el entrevistado se esfuerce menos a la hora de contestar las preguntas efectuadas.

Los datos secundarios provienen de fuentes bibliográficas y documentales, estos constituyen básicamente el marco teórico del trabajo especial de grado.

III.4 TÉCNICAS O HERRAMIENTA PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

De acuerdo a las necesidades de investigación la información será recopilada mediante la realización de una serie de entrevista la cuales serán realizadas a las personas involucradas directamente con el proceso, con el fin de conocer la situación actual referente al manejo de datos. Se utilizó la entrevista por considerarse una herramienta que permite detectar rápidamente malos entendidos, falsa expectativa o incluso resistencia potencial para las aplicaciones de desarrollo.

III.5 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

- ❖ Analizar la situación actual, evaluando los métodos actuales usados para el control de inventarios de materiales consumibles y no consumibles.

1. Identificar el inicio y el final del proceso.
 2. Visualizar todo el proceso de principio a fin.
 3. Definir el problema
 4. Definir etapas (actividades, decisiones, entradas, salidas).
 5. Revisar el flujo de los recursos en cada una de las etapas.
- ❖ Diseñar modelos que reflejen la estructura, comportamiento y flujo de información, en base a la información recabada.
1. Reunir datos.
 2. Analizar los datos.
 3. Definir el diagrama de flujo del proceso actual.
 4. Verificar el diagrama de flujo contra proceso actual.
 5. Proponer alternativas de mejora.
 6. Seleccionar la mejor alternativa.
 7. Desarrollar la mejor alternativa
- ❖ Diseñar una base de datos consistente, extensible que permita manejar la información en forma sistemática, eficiente y centralizada.
1. Definir objetivos y alcances del diseño.
 2. Revisar el sistema actual.
 3. Encontrar las tareas y subprocesos que tengan un requerimiento de información, especialmente crítico, para la información y la tecnología de información.
 4. Determinar la forma de mejorar los procesos de negocios con la utilización de la tecnología de la información y, además, cómo lograr los datos necesarios para la toma de decisiones en los puntos críticos dentro del proceso

- ❖ Programar el sistema que permita administrar y llevar el control de todos los movimientos de inventario que se generen en la empresa.
 1. Levantar el inventario de los materiales consumibles y no consumibles de forma detallada.
 2. Especificar el procedimiento a usar.
 3. Especificar rutinas de cada elemento indicando tiempo, frecuencia, trabajo y costo de ejecución.
 4. Evaluar reportes, estadísticas, gráficas, presupuesto anual, existencia en almacén, lista de proveedores, elaboración de pedidos, índices de eficiencia.
 5. Probar el sistema para verificar su funcionamiento.