



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS**

**Estudio reológico de quesos frescos, semimaduros y  
maduros con mayor presencia en autoservicios en la ciudad  
de Cuenca**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS**

**Autora:**

**TANIA ALEXANDRA PÉREZ PEÑA**

**Director:**

**PIERCOSIMO TRIPALDI CAPPELLETTI.**

**CUENCA, ECUADOR**

**2016**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación se lo quiero dedicar, a todas las mujeres que son padres y madres a la vez de sus hijos, que con su esfuerzo y dedicación luchan por el porvenir de ellas y de sus hijos.

A mi hija Karlita, que a pesar de las duras pruebas que tuvimos que afrontar, con su amor, me ayudo a seguir adelante, para terminar esta etapa de mi vida, te amo mi princesa.

A mis padres, ya que con su apoyo desde el inicio de mis estudios me dieron lo necesario para salir adelante.

**Tania.**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, por haberme dado la fortaleza y el valor para seguir adelante, y así terminar esta etapa de mi vida

Quiero agradecer profundamente a mis padres: Luis y Janeth, a mi hermana: Erika, a mi abuelita: Mariana por haberme apoyado en todo momento.

Al Economista Carlos Peña, que con su ejemplo y palabras de motivación, desde que empezó mis estudios, me ayudo a culminar este camino. Muchas gracias Tío.

Al Ingeniero Claudio Sánchez, por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A mis amigos Milton Bermeo, Omar Aguilar, María Méndez, Diego Montero y Doris Pacheco por todo el apoyo que me brindaron durante este tiempo.

Quiero dejar constancia de mi más sincero agradecimiento al Dr. Piercosimo Tripaldi y al Ingeniero Andrés Pérez, por su tiempo en la dirección de este trabajo de graduación, que con sus conocimientos supieron guiarme en este trabajo.

**Tania.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT .....	xxii
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I: INDUSTRIA QUESERA.....</b>	<b>3</b>
1.1 Quesos.....	3
1.1.1Clasificación.....	4
1.1.1.1Quesos frescos.....	4
1.1.1.2Queso semimaduro.....	5
1.1.1.3Queso maduro.....	5
1.2 Quesos en el Ecuador.....	6
1.2.1 Desarrollo de la producción quesera en el Ecuador .....	6

1.2.2 Quesos frescos, Semimaduros y maduros con mayor presencia en autoservicios de la ciudad de Cuenca.....	7
1.2.3 Microempresa Nandito.....	7
1.2.4 Empresa Nutri Leche (Lácteos San Antonio).....	7
1.2.5 Empresa Salinerito.....	8
1.2.6 Empresa ReybanPac.....	8
1.2.7 Empresa Inprolac.....	8
1.2.8 Empresa La Finca.....	9
1.2.9 Empresa Los Pinos.....	9
1.2.10 Empresa Kiosko.....	9
1.2.11 Empresa Mondel.....	10
1.2.12 Empresa Floralp.....	10
1.2.13 Empresa Zuleta.....	10
1.2.14 Empresa Alpina.....	10
<b>CAPITULO II: REOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
2.1 Definición.....	11
2.2 Campos de estudio en los que está presente la reología.....	11
2.3 Reología en la industria.....	12
2.4 Análisis reológico de quesos.....	12
2.5 Propiedades Reológicas .....	12
2.5.1 Deformación.....	12
2.5.2 Elasticidad .....	13
2.5.3 Viscosidad .....	13
2.5.3.1 Definición.....	13
2.5.3.2 Unidades.....	14

2.5.3.3 Tipos de Viscosidad .....	14
2.5.3.3.1 Viscosidad dinámica o absoluta .....	14
2.5.3.3.2 Viscosidad aparente.....	14
2.5.3.3.3 Viscosidad Cinemática .....	15
2.5.4 Viscoelasticidad.....	16
2.5.4.1 Definición.....	16
2.6 Modelos Mecánicos .....	16
2.6.1 Modelo Elástico (Resorte).....	16
2.6.2 Modelo Viscoso (Amortiguador) .....	17
2.6.3 Modelos Combinados.....	18
2.6.3.1 Modelo Maxwell .....	19
2.6.3.2 Modelo de Kelvin-Voigt.....	22
2.6.3.3 Modelo de Burger.....	24
2.7 Ensayos reológicos.....	27
2.7.1 Creep Recovery Test .....	27
2.7.1.1 Definición.....	27
2.7.2 Pruebas de Penetración.....	28
2.7.2.1 Definición.....	28
2.7.2.2 Fundamento .....	28
2.7.2.3 Penetrómetro.....	29
2.7.3.4 Aplicaciones .....	29
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>30</b>
3.1 Muestreo.....	30
3.1.1 Recolección de Muestras.....	30
3.1.2 Preparación de las muestras.....	30
3.2 Análisis.....	31

3.2.1 Equipo de Creep Recovery Test.....	31
3.2.1.1 Procedimiento.....	33
3.2.2 Penetración.....	34
3.2.2.1 Procedimiento.....	35
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 Resultados Creep Recovery Test .....	37
4.1.1 Resultados Creep Recovery Test: Grupo 1 .....	37
4.1.1.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 1 ...	40
4.1.2 Resultados Creep Recovery Test Grupo 2.....	59
4.1.2.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 2 ...	62
4.1.3 Resultados Creep Recovery Test Grupo 3.....	83
4.1.3.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 3 ...	85
4.2 Resultados Prueba de Penetración .....	94
4.2.1 Resultados prueba de Penetración: Grupo 1.....	94
4.2.1.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 1 .....	96
4.2.2 Resultados prueba de Penetración: Grupo 2.....	105
4.2.2.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 2 .....	107
4.2.3 Resultados prueba de Penetración: Grupo 3.....	118
4.2.3.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 3 .....	119
<b>CAPITULO V: DISCUSIÓN .....</b>	<b>124</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>126</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente.....	15
Figura 2.2: Modelo Elástico (resorte) .....	17
Figura 2.3: Modelo viscoso (amortiguador).....	18
Figura 2.4: Modelo Maxwell(a) y Modelo Kelvin (b) .....	19
Figura 2.5: Modelo Maxwell en paralelo: (a) con un elemento de Maxwell y un resorte libre. (b) con tres elementos de Maxwell y un resorte libre. ....	21
Figura 2.6: Modelo de Burger .....	24
Figura 2.7: Representación mecánica del modelo de Burger .....	25
Figura 2.8: Curva reológica para el modelo de Burger .....	25
Figura 2.9: Curvas de cumplimiento y recuperación que muestran los parámetros del Modelo de Burger .....	27
Figura 2.10: Curva Esfuerzo-Tiempo .....	28
Figura 3.11: Partes del equipo de Creep Recovery Test .....	32
Figura 3.12: Equipo de Creep Recovery Test .....	32
Figura 3.13: Resultados de un ensayo en el equipo de Creep Recovery Test.....	33
Figura 3.14: Partes del Equipo de Penetración .....	34
Figura 3.15: Equipo de Penetración .....	35
Figura 3.16: Equipo de Penetración con muestra.....	36
Figura 4.17: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko del Campo. ....	40
Figura 4.18: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko del campo. ....	41
Figura 4.19: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Zuleta.....	41
Figura 4.20: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta. ....	42
Figura 4.21: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Mozzarella. ....	42

Figura 4.22: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Mozzarella.....	43
Figura 4.23: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Dulac's Mozzarella.....	43
Figura 4.24: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Dulac's Mozzarella.....	44
Figura 4.25: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Nutri.....	44
Figura 4.26: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Nutri.....	45
Figura 4.27: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Nandito.....	45
Figura 4.28: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Nandito.....	46
Figura 4.29: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Dulac's.....	46
Figura 4.30: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Dulac's.....	47
Figura 4.31: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Semiduro Entero.....	47
Figura 4.32: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Semiduro Entero.....	48
Figura 4.33: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Reducido en Grasa.....	48
Figura 4.34: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Reducido en Grasa.....	49
Figura 4.35: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Los Pinos.....	49
Figura 4.36: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Los Pinos.....	50

Figura 4.37: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Finca Siberia. ....	50
Figura 4.38: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Finca Siberia. ....	51
Figura 4.39: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso.....	51
Figura 4.40: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso.....	52
Figura 4.41: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella. ....	52
Figura 4.42: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella.....	53
Figura 4.43: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella Reducido en Grasa.....	53
Figura 4.44: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella Reducido en Grasa. ....	54
Figura 4.45: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso Mozzarella.....	54
Figura 4.46: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso Mozzarella.....	55
Figura 4.47: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso.....	55
Figura 4.48: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso. ....	56
Figura 4.49: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra).....	56
Figura 4.50: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra).....	57
Figura 4.51: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Ricotta. ....	57

Figura 4.52: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Ricotta. ....	58
Figura 4.53: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Feta. ....	58
Figura 4.54: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Feta. ....	59
Figura 4.55: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Gouda. ....	62
Figura 4.56: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Gouda. ....	62
Figura 4.57: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Pategras. ....	63
Figura 4.58: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Pategras. ....	63
Figura 4.59: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Cheddar Javierieno. ....	64
Figura 4.60: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Cheddar Javierieno. ....	64
Figura 4.61: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Hierbas del Campo. ....	65
Figura 4.62: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Hierbas del Campo. ....	65
Figura 4.63: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Holandés. ....	66
Figura 4.64: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Holandés. ....	66
Figura 4.65: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Alpina Holandés. ....	67
Figura 4.66: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Alpina Holandés. ....	67

Figura 4.67: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Holandés. ....	68
Figura 4.68: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Holandés. ....	68
Figura 4.69: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Fontina. ....	69
Figura 4.70: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Fontina. ....	69
Figura 4.71: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Danbo con Albahaca. ....	70
Figura 4.72: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Danbo con Albahaca. ....	70
Figura 4.73: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Danbo. ....	71
Figura 4.74: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Danbo. ....	71
Figura 4.75: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Saint Paulin. ....	72
Figura 4.76: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Saint Paulin. ....	72
Figura 4.77: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Camembert. ....	73
Figura 4.78: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Camembert. ....	73
Figura 4.79: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Danbo. ....	74
Figura 4.80: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Danbo. ....	74
Figura 4.81: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Brie. ....	75

Figura 4.82: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Brie. ....	75
Figura 4.83: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Bondell.....	76
Figura 4.84: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Bondell. ....	76
Figura 4.85: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Angochagua. ....	77
Figura 4.86: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Angochagua. ....	77
Figura 4.87: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Provolone.....	78
Figura 4.88: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Provolone. ....	78
Figura 4.89: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Provolone.....	79
Figura 4.90: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Provolone. ....	79
Figura 4.91: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Ají. ....	80
Figura 4.92: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Ají. ....	80
Figura 4.93: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Colby Jack.....	81
Figura 4.94: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Colby Jack. ....	81
Figura 4.95: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Monte Caprino.....	82
Figura 4.96: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Monte Caprino.....	82

Figura 4.97: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Andean Blue. ....	85
Figura 4.98: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Andean Blue. ....	85
Figura 4.99: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Blue. ....	86
Figura 4.100: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Blue. ....	86
Figura 4.101: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Raclette. ....	87
Figura 4.102: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Raclette. ....	87
Figura 4.103: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Parmesano. ....	88
Figura 4.104: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Parmesano. ....	88
Figura 4.105: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Gruyere. ....	89
Figura 4.106: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Gruyere. ....	89
Figura 4.107: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Gruyere. ....	90
Figura 4.108: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Gruyere. ....	90
Figura 4.109: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Don Galo. ....	91
Figura 4.110: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Don Galo. ....	91
Figura 4.111: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Andino. ....	92

Figura 4.112: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Andino.....	92
Figura 4.113: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Tilsit.....	93
Figura 4.114: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Tilsit. ....	93
Figura 4.115: Curva de deformación para el queso Nutri, obtenida de la prueba de Penetración.....	96
Figura 4.116: Curva de deformación para el queso Nandito, obtenida de la prueba de Penetración.....	96
Figura 4.117: Curva de deformación para el queso Dulac's, obtenida de la prueba de Penetración.....	97
Figura 4.118: Curva de deformación para el queso Kiosko Semiduro Entero, obtenida de la prueba de Penetración.....	97
Figura 4.119: Curva de deformación para el queso Kiosko Reducido en Grasa, obtenida de la prueba de Penetración.....	98
Figura 4.120: Curva de deformación para el queso Kiosko del Campo, obtenida de la prueba de Penetración. ....	98
Figura 4.121: Curva de deformación para el queso Los Pinos, obtenida de la prueba de Penetración. ....	99
Figura 4.122: Curva de deformación para el queso Zuleta, obtenida de la prueba de Penetración.....	99
Figura 4.123: Curva de deformación para el queso Finca Siberia, obtenida de la prueba de Penetración. ....	100
Figura 4.124: Curva de deformación para el queso Rey Queso, obtenida de la prueba de Penetración. ....	100
Figura 4.125: Curva de deformación para el queso Kiosko Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración. ....	101
Figura 4.126: Curva de deformación para el queso Kiosko Mozzarella Reducido en grasa, obtenida de la prueba de Penetración. ....	101

Figura 4.127: Curva de deformación para el queso Rey Queso Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración.....	102
Figura 4.128: Curva de deformación para el queso La Finca Mozzarella Semigraso, obtenida de la prueba de Penetración.....	102
Figura 4.129: Curva de deformación para el queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra), obtenida de la prueba de Penetración. ....	103
Figura 4.130: Curva de deformación para el queso Salinerito Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración. ....	103
Figura 4.131: Curva de deformación para el queso Dulac's Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración. ....	104
Figura 4.132: Curva de deformación para el queso Kiosko Ricotta, obtenida de la prueba de Penetración. ....	104
Figura 4.133: Curva de deformación para el queso Floralp Feta, obtenida de la prueba de Penetración. ....	105
Figura 4.134: Curva de deformación para el queso Zuleta Pategras, obtenida de la prueba de Penetración. ....	107
Figura 4.135: Curva de deformación para el queso Kiosko Cheddar Javierieno, obtenida de la prueba de Penetración.....	108
Figura 4.136: Curva de deformación para el queso Kiosko Hierbas del Campo obtenida de la prueba de Penetración.....	108
Figura 4.137: Curva de deformación para el queso Kiosko Holandés, obtenida de la prueba de Penetración. ....	109
Figura 4.138: Curva de deformación para el queso Alpina Holandés, obtenida de la prueba de Penetración. ....	109
Figura 4.139: Curva de deformación para el queso La Finca Holandés, obtenida de la prueba de Penetración. ....	110
Figura 4.140: Curva de deformación para el queso Floralp Fontina, obtenida de la prueba de Penetración. ....	110
Figura 4.141: Curva de deformación para el queso Kiosko Gouda, obtenida de la prueba de Penetración. ....	111

Figura 4.142: Curva de deformación para el queso La Finca Danbo con Albaca, obtenida de la prueba de Penetración.....	111
Figura 4.143: Curva de deformación para el queso Zuleta Danbo obtenida de la prueba de Penetración. ....	112
Figura 4.144: Curva de deformación para el queso Mondel Saint Paulin, obtenida de la prueba de Penetración. ....	112
Figura 4.145: Curva de deformación para el queso Floralp Camembert, obtenida de la prueba de Penetración. ....	113
Figura 4.146: Curva de deformación para el queso Salinerito Danbo, obtenida de la prueba de Penetración. ....	113
Figura 4.147: Curva de deformación para el queso Floralp Brie, obtenida de la prueba de Penetración. ....	114
Figura 4.148: Curva de deformación para el queso Zuleta Bondell, obtenida de la prueba de Penetración. ....	114
Figura 4.149: Curva de deformación para el queso Zuleta Angochagua, obtenida de la prueba de Penetración. ....	115
Figura 4.150: Curva de deformación para el queso Kiosko Provolone, obtenida de la prueba de Penetración. ....	115
Figura 4.151: Curva de deformación para el queso Floralp Provolone, obtenida de la prueba de Penetración. ....	116
Figura 4.152: Curva de deformación para el queso La Finca Ají, obtenida de la prueba de Penetración. ....	116
Figura 4.153: Curva de deformación para el queso La Finca Colby Jack, obtenida de la prueba de Penetración. ....	117
Figura 4.154: Curva de deformación para el queso Mondel Monte Caprino, obtenida de la prueba de Penetración.....	117
Figura 4.155: Curva de deformación para el queso Mondel Andean Blue, obtenida de la prueba de Penetración. ....	119
Figura 4.156: Curva de deformación para el queso Zuleta Blue, obtenida de la prueba de Penetración. ....	119

Figura 4.157: Curva de deformación para el queso Floralp Raclette, obtenida de la prueba de Penetración. ....	120
Figura 4.158: Curva de deformación para el queso Floralp Parmesano, obtenida de la prueba de Penetración. ....	120
Figura 4.159: Curva de deformación para el queso Floralp Gruyere, obtenida de la prueba de Penetración. ....	121
Figura 4.160: Curva de deformación para el queso Salinerito Gruyere, obtenida de la prueba de Penetración. ....	121
Figura 4.161: Curva de deformación para el queso Zuleta Don Galo, obtenida de la prueba de Penetración. ....	122
Figura 4.162: Curva de deformación para el queso Salinerito Andino, obtenida de la prueba de Penetración. ....	122
Figura 4.163: Curva de deformación para el queso Salinerito Tilsit, obtenida de la prueba de Penetración. ....	123

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.1:</b> Quesos Frescos .....	4
<b>Tabla 1.2:</b> Quesos semimaduros .....	5
<b>Tabla 1.3:</b> Quesos Maduros .....	6
<b>Tabla 4.4:</b> Resultados del Modelo de Burger: Grupo 1 .....	39
<b>Tabla 4.5:</b> Resultados del Modelo de Burger: Grupo 2 .....	61
<b>Tabla 4.6:</b> Resultados del Modelo de Burger: Grupo 3 .....	84
<b>Tabla 4.7:</b> Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 1 .....	95
<b>Tabla 4.8:</b> Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 2 .....	106
<b>Tabla 4.9:</b> Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 3 .....	118

## ÍNDICE DE ANEXOS

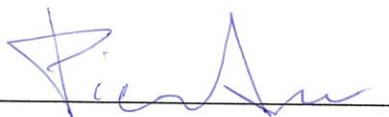
<b>Anexo 1:</b> Norma Técnica Ecuatoriana 1528: 2012 Norma General Para Quesos Frescos No Madurados. Requisitos.....	132
<b>Anexo 2:</b> Preparación de la muestra. ....	140

**ESTUDIO REOLÓGICO DE QUESOS FRESCOS, SEMIMADUROS Y  
MADUROS CON MAYOR PRESENCIA EN AUTOSERVICIOS EN LA  
CIUDAD DE CUENCA**

**RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo investigar el comportamiento reológico de quesos tipo fresco, semimaduro y maduro utilizando el ensayo del Creep Recovery Test y Pruebas de Penetración. Las muestras fueron tomadas de los principales autoservicios de la ciudad. Los resultados indican que el queso es un material de naturaleza viscoelástico, y que las condiciones de fabricación influyen en el comportamiento reológico de los quesos. El modelo mecánico de Burger resulto idóneo para predecir el comportamiento reológico de los quesos, la velocidad inicial de deformación permite observar la penetración de un queso, es así que a una mayor velocidad inicial se tiene una mayor penetración, por ende son quesos que son más suaves al morder.

**Palabras clave:** Comportamiento Reológico, Creep Recovery Test, Pruebas de Penetración, Viscoelástico, Burger, Velocidad Inicial.



Piercosimo Tripaldi Cappelletti

**Director del Trabajo de Titulación**



Fausto Tobías Parra Parra

**Director de Escuela**



Tania Alexandra Pérez Peña

**Autora**

**RHEOLOGICAL STUDY OF FRESH, SEMI-MATURE AND MATURE  
CHEESE OF GREATER PRESENCE IN SUPERMARKETS IN THE CITY OF  
CUENCA**

**ABSTRACT**

This paper aims to investigate the rheological behavior of fresh, semi-mature and mature cheese using the Creep Recovery Test and Penetration Testing test. The samples were taken from the major supermarkets in the city. The results indicate that cheese is a viscoelastic type material, and that the manufacturing conditions influence the rheological behavior of cheese. The mechanical model of Burger resulted suitable to predict the rheological behavior of cheese. The initial rate of deformation allows observing the penetration of cheese; therefore, the higher the initial speed, the greater the penetration; consequently, these cheeses are softer to bite.

**Keywords:** Rheological Behavior, Creep Recovery Test, Penetration Testing, Viscoelastic, Burger, Initial Speed.



Piercosimo Tripaldi Cappelletti  
**Thesis Director**



Fausto Tobías Parra Parra  
**School Director**



Tania Alexandra Pérez Peña  
**Author**



UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas



Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Tania Alexandra Pérez Peña

Trabajo de Titulación

Dr. Piercosimo Tripaldi Cappelletti

Julio, 2016

**ESTUDIO REOLÓGICO DE QUESOS FRESCOS, SEMIMADUROS Y  
MADUROS CON MAYOR PRESENCIA EN AUTOSERVICIOS EN LA  
CIUDAD DE CUENCA**

**INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la industria ecuatoriana es más competitiva y exigente, sus consumidores están conscientes de la importancia de tener productos de calidad. En la industria alimentaria el comportamiento reológico de los alimentos es la ciencia del estudio de la deformación y el flujo. (Ramírez, 2006). Las características reológicas influyen de manera importante en la aceptación del producto, ya que las propiedades de la textura de los alimentos están ligadas a la deformación, desintegración y la fluidez de los alimentos sometidos a esfuerzos. La reología tiene un papel importante debido a que existen varias razones para determinar las propiedades reológicas de alimentos, son básicas para controlar la calidad de los productos, es un factor de importancia ya que nos proporciona parámetros fundamentales para el diseño de máquinas, dimensionamiento de tuberías, en formulación de productos innovadores, en el diseño de empaques, es así que una gran cantidad de procesos en la industria alimentaria depende del comportamiento reológico, para al final obtener productos de calidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Conocer el comportamiento reológico de los quesos con mayor presencia en los autoservicios de la ciudad de Cuenca, utilizando el Creep Recovery Test y Pruebas de penetración.

### **Objetivos Específicos**

- Investigar como es el comportamiento reológico de los de Quesos Frescos, Semimaduros y Maduros, con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca.
- Comparar si el comportamiento reológico de los Quesos Frescos, Semimaduros y Maduros, con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca, son iguales entre sí.
- Evidenciar las características reológicas de los quesos con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca.

## CAPITULO I

### INDUSTRIA QUESERA

#### 1.1 Quesos

El queso es un producto derivado de la leche, el cual tiene gran importancia en la alimentación del ser humano y gran difusión a nivel mundial. Se obtiene al provocar en la leche la coagulación de las moléculas de caseína mediante la adición de cuajo y otros componentes, los que le dan al queso una característica exclusiva, debido a estas variaciones existen alrededor de 2000 clases de quesos a nivel mundial, entre frescos, semimaduros y maduros. (Ramírez López & Vélez Ruiz, 2012).

“La reología del queso varía considerablemente dependiendo del tipo de queso y edad, siendo una función de diferentes factores dentro de los que se incluyen la composición, estado fisicoquímico de los componentes (grasa en estado libre o coalescente, grado de hidratación y proteólisis de la matriz de para-caseína, calcio soluble, insoluble, pH, entre otros), micro y macroestructura (ojos, grietas y fisuras)”. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014) .

Las proteínas presentan un papel fundamental en las propiedades reológicas de los quesos. En los quesos obtenidos a partir de coagulación enzimática, las caseínas forman una estructura heterogénea, por ende la matriz proteica está constituida básicamente por fosfoparacaseinato de calcio. En la coagulación, se da a lugar a filamentos irregulares, debido a que las moléculas de para-caseína se unen mediante atracciones electrostáticas y de Van der Waals, con lo que se mantiene la integridad de la matriz, el número de filamentos determina la capacidad de soportar un esfuerzo, a mayor número de filamentos, existirá un aumento de enlaces intra e inter-filamentos, formando una matriz más elástica y por tanto más difícil de deformar. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014) .

La grasa está presente en los quesos inmersa entre la matriz de caseínas, el estado de la grasa es importante para determinar las propiedades físicas y sensoriales de los quesos. El efecto de la temperatura en la grasa, se ve reflejado en la reología de los quesos, a baja temperatura, los glóbulos grasos son sólidos y contribuyen a la rigidez del queso. A temperaturas intermedias, los glóbulos son plásticos e influyen sobre la viscosidad y a altas temperaturas, la materia grasa es líquida y contribuye poco a la firmeza, pero interviene en la percepción del flavor. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014).

### 1.1.1 Clasificación

A nivel mundial, existe una gran variedad de quesos, por lo que no existe una clasificación definida de los mismos, una de la clasificaciones es por su tiempo de maduración en la que se tiene quesos frescos, semimaduros y maduros.

#### 1.1.1.1 Quesos frescos

“Es el queso no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácticos. También se designa como queso blanco.” (NTE-1528, 2012). (Tabla 1.1).

**Tabla 1.1:** Quesos Frescos

Quesos frescos
Fresco
Ricota
Mozzarella
Feta

Fuente: (Castañeda, y otros, 2010)

### 1.1.1.2 Queso semimaduro

Es el producto que después de su fabricación se mantiene un tiempo mínimo de 15 a 35 días en condiciones ambientales apropiadas para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de quesos. (Gómez, 2009). (Tabla1.2).

**Tabla 1.2:** Quesos semimaduros

<b>Quesos Semimaduros</b>	
Pategras	Camembert
Javierino	Danbo
Hierbas del campo	Brie
Holandés	Bondell
Fontina	Angochagua
Gouda	Belpase
Danbo con especias	Provolone
Saint Paulin	Colby Jack
Monte Caprino	

Fuente: (Castañeda, y otros, 2010)

### 1.1.1.3 Queso maduro

“Se entiende por queso sometido a maduración el queso que no está listo para el consumo poco después de la fabricación, sino que debe mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en unas condiciones tales que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos del queso en cuestión”. (NTE-1528, 2012). (Tabla1.3).

**Tabla 1.3:** Quesos Maduros

<b>Quesos Maduros</b>
Tilsit
Azul
Raclette
Parmesano
Gruyere
Don Galo
Andino

Fuente: (Castañeda, y otros, 2010)

## **1.2 Quesos en el Ecuador**

La historia del queso en Ecuador, empieza cuando se ordeñaron las primeras vacas que llegaron con Sebastián de Benalcázar. Siendo el queso la forma más fácil de guardar la leche y de darle consistencia sólida. Apenas 10 años después de fundada la ciudad de Quito, ya se hablaba del queso, en el Ecuador. (Centro de la Industria Láctea del Ecuador, 2015). Desde esa época se producen quesos, en el país, teniendo que en la actualidad se cuenta con diferentes variedades de quesos.

### **1.2.1 Desarrollo de la producción quesera en el Ecuador**

La producción de quesos en el mercado ecuatoriano, es muy diversa, esto se observa por los diferentes tipos y marcas de quesos que se comercializan en el país, según datos del Centro de la Industria Láctea, el país procesa 5.8 millones de litros de leche al día, un tercio de los mismos, está destinado a la elaboración de quesos. En algunas empresas la producción de quesos tiene mayor importancia, que en otras. En Floralp, la producción de quesos es su principal línea de negocio, abarca un 80% de su producción, la mayoría de queso es maduro y semimaduro. (Orozco, 2015).

### **1.2.2 Quesos frescos, Semimaduros y maduros con mayor presencia en autoservicios de la ciudad de Cuenca**

Las preferencias de los ecuatorianos, al elegir un queso, son muy diversas; pero, la calidad y su precio, son los factores decisivos para los consumidores, en su mayoría, prefieren adquirirlo en un supermercados (40,2%), en tiendas de barrio (29,8%) o en mercados (20%). (Albán, 2006)

“El mercado ecuatoriano de quesos es bastante complejo; más de 300 marcas compiten para incrementar su participación de mercado; no obstante, de entre ellas, existen exitosas empresas que lideran el mercado, con muchos años de tradición y presencia en el mercado”. (Albán, 2006).

En los principales autoservicios de la ciudad de Cuenca, se observa una amplia variedad de quesos, entre los cuales tenemos marcas como: Alpina, Nutri Leche, Salinerito, Nandito, Los Pinos, Rey Queso, Dulac's, La Finca, Floralp, Zuleta, Mondel, y Kiosko.

### **1.2.3 Microempresa Nandito**

Esta empresa inicia actividades en el Cantón Zaruma, provincia del Oro en el año de 1970, a cargo del Sr. Máximo Romero Armijos, actualmente está ubicada en el parque industrial de la ciudad de Cuenca.

La actividad central es la producción y comercialización de quesos frescos, en un promedio mensual de 12000 unidades, con distribución en las ciudades de Cuenca, Quito y Guayaquil, en panaderías, tiendas, mini mercados y en cadenas de supermercados conformados por Supermaxi, Mi Comisariato, Coral Centro y Coral Rio. (Quezada, 2009).

### **1.2.4 Empresa Nutri Leche (Lácteos San Antonio)**

Empresa con cuarenta años de existencia, empieza actividades en la finca del Sr Alejandro Moncayo, en la provincia de Cañar, tras décadas de trabajo constituyo

una de las empresas más importantes del Austro ecuatoriano, su planta principal está ubicada en el parque industrial de la ciudad de Cuenca. Tiene una amplia diversidad de productos, como avena, crema, leche, leche saborizada, mantequilla, queso, yogurt y néctares. Los cuales se encuentran en el mercado nacional. (Nutri, 2015).

### **1.2.5 Empresa Salinerito**

El Salinerito elabora quesos de alta calidad desde sus inicios en el año de 1978, en Salinas de Guaranda. El Salinerito tiene una amplia gama de productos entre estos: quesos frescos, semimaduros y maduros, yogurt y mantequilla. Para asegurar la presencia de la marca, la empresa estableció una red de Puntos de Venta – Delicatesen, en las ciudades de Ambato, Cotacachi, Cuenca, Guaranda, Guayaquil, Otavalo, Quito y Santo Domingo de los Tsáchilas, a su vez la marca se encuentra establecida en los principales supermercados del país. (Salinerito, 2014).

### **1.2.6 Empresa ReybanPac**

Es una empresa de productos lácteos, con dos plantas de procesamiento ubicadas en la vía Santo Domingo-Quevedo y en Sangolqui, cuenta con capacidad de procesar 20 millones de litros de leche al año para la producción de queso trabajando en un solo turno. Su tecnología es de última generación, contando con equipos traídos de diferentes países. RBP-División Lácteos ofrece a las familias ecuatorianas una amplia gama de productos, entre las cuales tenemos sus marcas Rey leche y Rey queso. Sus centros de distribución ubicados en las ciudades de Quito, Guayaquil, Cuenca y Manta atienden a más de 150 distribuidores directos en todo el país. (ReybanPac, 2015).

### **1.2.7 Empresa Inprolac**

Se encuentra ubicada en Cayambe, provincia de Pichincha, desde el año de 1990. La empresa produce quesos, yogurt y manjar de leche, bajo la marca comercial de sus productos Dulac's. Actualmente genera más de 250 puestos de trabajo, con lo que apoya al desarrollo de Cayambe. (Inprolac, 2015).

### **1.2.8 Empresa La Finca**

Compañía de responsabilidad limitada que se constituyó en el año de 1972, ubicada en Latacunga, en sus inicios elaboraba quesos de tipo fresco y margarina, para posteriormente diversificar sus productos contando en la actualidad con quesos frescos, Mozzarella, semimaduros, crema de leche, mantequilla, yogurt, manjar, y leche pasteurizada. Sus puntos de venta son Paradero La finca el cual se encuentra en Latacunga, además la cadena de supermercados de Supermaxi, Mi Comisariato y El Español, en donde se pueden encontrar los diferentes productos que ofrece. (La Finca, 2007).

### **1.2.9 Empresa Los Pinos**

Empresa constituida desde 1995, por el socio y fundador Sr. Carlos Vintimilla, quien era un pequeño productor de leche de la ciudad de Biblián. Se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, en el año 2010, la empresa deja de llamarse "HACIENDA Y LÁCTEOS LOS PINOS. S.A." para llamarse con el nombre de: AGROINDUSTRIAL CARLOS VINTIMILLA E HIJOS. CIA. LTDA. "LÁCTEOS LOS PINOS".

Desde sus inicios, la empresa emprendió en la industrialización y comercialización de productos lácteos, entre los cuales se tiene queso fresco, mozzarella, requesón, yogurt, queso maduro, manjar, mantequilla, crema de leche, de los cuales la empresa se ha encargado de posicionar principalmente a cada uno de los productos en el mercado. Sus productos se pueden encontrar en varios Hipermercados, Supermercados reconocidos de la ciudad, como Coral Rio y Coral Centro, Supermaxi, Mega Tienda Del Sur. (Tenecela, 2011).

### **1.2.10 Empresa Kiosko**

Parte de la empresa Alpina, cuenta con una planta de producción en San Gabriel, provincia del Carchi. Produce y comercializa sus quesos en todo el país, generando cerca de 300 empleos directos. (Explored, 2007).

### **1.2.11 Empresa Mondel**

Jaime Erazo Solines, fundador de la marca MONDEL, en 1989 instaló su quesería en la Hacienda Troya en la Frontera Norte del Ecuador, debido a las condiciones climáticas de este sector, las cuales contribuyen positivamente en la calidad final del queso. Es una industria de quesos especiales-gourmet que con su variedad y calidad busca satisfacer un mercado selecto del food-service, autoservicios y clientes particulares amantes del queso. (MONDEL, 2015).

### **1.2.12 Empresa Floralp**

Ubicada en la ciudad de Ibarra, nace de un proyecto familiar siendo la cabeza de este el Sr. Oskar Purtschert en el año de 1.964. Floralp elabora quesos maduros de excelente calidad para nichos especializados, enmarcados en un sistema de gestión integral que garantice la sustentabilidad de la empresa y la satisfacción de sus consumidores. (Floralp, 2015).

### **1.2.13 Empresa Zuleta**

Ubicada en la provincia de Imbabura, específicamente en Angochagua, hace más de 50 años, produciendo una amplia variedad de quesos frescos, semimaduros y maduros.

### **1.2.14 Empresa Alpina**

Es una multinacional fundada en Colombia, en el año de 1945. En el año de 1995, Alpina inicia la comercialización en Venezuela y Ecuador, a través de las exportaciones. Cuenta con una variedad de productos que se ajustan a las necesidades de personas de todas las edades y gustos, con un variado portafolio de productos alimenticios para toda la familia, especialmente de derivados lácteos, postres, bebidas y alimentos infantiles. Desde entonces y hasta el momento, Alpina ha vivido una cultura de calidad, confianza e innovación que les ha llevado siempre a trabajar para seguir escribiendo una historia ofreciendo lo mejor. (Alpina, 2013).

## **CAPITULO II**

### **REOLOGIA**

#### **2.1 Definición**

La reología (del griego reos, fluir y logos, estudio) es la ciencia del flujo y la deformación de la materia, describe la interrelación entre fuerzas, deformaciones y tiempo. La reología es aplicable a todos los materiales, desde los gases hasta los sólidos. (Rojas, Briceño, & Avendaño, 2012).

Un concepto formal del termino reología seria; “Parte de la mecánica que estudia la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia”. (Ramírez, 2006).

#### **2.2 Campos de estudio en los que está presente la reología**

Todos los materiales tienen propiedades reológicas, y en un área relevante en muchos campos de estudio como:

- Alimentos
- Tecnología del Concreto
- Geología y minería
- Procesamiento de Plásticos
- Tecnología de polímeros
- Pinturas y pigmentos
- Tribología(estudios de lubricantes)
- Sangre
- Estructura de materiales
- Cosméticos

Fuente: (Gahona, 2013).

### **2.3 Reología en la industria**

Se requieren datos reológicos en la evaluación de la calidad del producto, en cálculos de ingeniería, y diseño de procesos. Es necesaria una comprensión del comportamiento de flujo para determinar el tamaño de la bomba y la tubería y los requisitos de energía. Los modelos reológicos obtenidos de las mediciones experimentales pueden ser útiles en el diseño de los procesos y balances de ingeniería de alimentos. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

### **2.4 Análisis reológico de quesos**

“La reología del queso puede ser definida como el estudio de su deformación y flujo cuando es sometido a un esfuerzo”. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014). Las propiedades reológicas incluyen características como la elasticidad, viscosidad y viscoelasticidad que se relaciona con la composición, estructura y la fuerza de atracción entre los elementos estructurales del queso. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014).

### **2.5 Propiedades Reológicas**

#### **2.5.1 Deformación**

“La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica”. (Ramírez Navas, 2006). Los cuerpos se deforman cuando sobre ellos actúa una fuerza, o cuando se les somete a tensión. A cada tensión o esfuerzo aplicado le corresponde una deformación relativa, cuya magnitud depende del material. En la mayoría de los materiales, cuando la deformación relativa es pequeña, la tensión es numéricamente igual al producto de la deformación relativa por una constante, es decir, que la deformación relativa es proporcional a la tensión. La constante de proporcionalidad es el módulo de elasticidad. (Ramírez Navas, 2006).

En los alimentos, durante un tiempo de aplicación de fuerza, se pueden comportar como un sólido o un líquido, o a su vez como una mezcla de los dos, si a un alimento se le deforma bajo una fuerza, su recuperación será siempre menor que la inicial, y su grado de recuperación dependerá del intervalo de tiempo bajo el cual el material estuvo deformado, del contenido de humedad y su composición. (Osorio, Ciro, & Guillermo, 2005).

### 2.5.2 Elasticidad

Es la propiedad mecánica que tienen ciertos materiales, de sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sometidos a la acción de una fuerza exterior y tienen la capacidad de volver a su forma original cuando esta es retirada. (Ramírez Navas, 2006).

### 2.5.3 Viscosidad

#### 2.5.3.1 Definición

La viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia a la deformación del material, para esto es necesario medir la fuerza requerida para hacer que ocurra el flujo por medios mecánicos y convertir las fuerzas medidas a valores específicos que puedan ser comparados con otros. Expresado en la ecuación 2.1

$$\tau/\dot{\gamma} = \mu$$

(2.1)

Donde

- $\mu$ =viscosidad [mPa.s]
- $\tau$ =esfuerzo cortante [mPa]
- $\dot{\gamma}$ =velocidad de deformación [ $s^{-1}$ ]

Fuente: (Ramírez, 2006).

### 2.5.3.2 Unidades

Las unidades de viscosidad más utilizadas son los milipascales por segundo [mPa·s].

Se debe tener en cuenta que:

$$1000 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Además, el sistema cegesimal aún se sigue usando, siendo la unidad de medida centiPoise [cp]. La conversión de unidades entre los dos sistemas es:

- $1 \text{ cp} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$
- $1 \text{ Poise} = 1 \text{ g/cm}\cdot\text{s}$

Fuente: (Ramírez, 2006)

### 2.5.3.3 Tipos de Viscosidad

Existen tres tipos de viscosidad: la viscosidad dinámica, la viscosidad cinética y la viscosidad aparente. (Ramírez, 2006).

#### 2.5.3.3.1 Viscosidad dinámica o absoluta

Denominada “ $\mu$ ”. Se define como la pendiente en cada punto de la curva entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. (Ramírez, 2006)

#### 2.5.3.3.2 Viscosidad aparente

“ $\eta$ ” se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Este término es el que se utiliza al hablar de “viscosidad” para fluidos no newtonianos. (Ramírez, 2006).

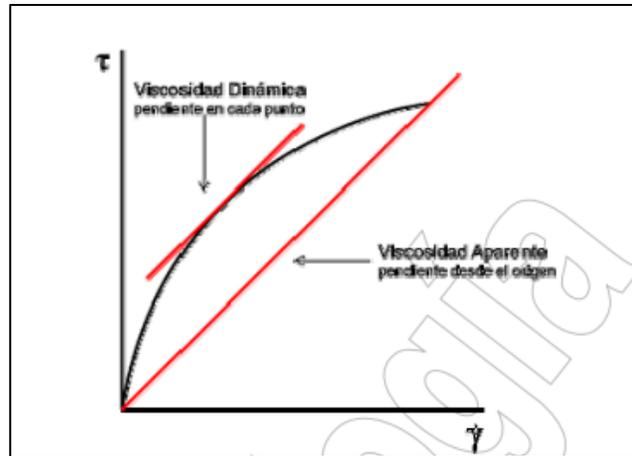


Figura 2.1: Curva de fluidez para representar la viscosidad dinámica y aparente

Fuente: (Ramírez, 2006)

### 2.5.3.3 Viscosidad Cinemática

“ $\nu$ ” es la relación entre la viscosidad dinámica con la densidad del fluido utilizado, las unidades más utilizadas de esta viscosidad son los centistokes [cst].

$$1 \text{ stoke} = 100 \text{ centistokes} = \text{cm}^2/\text{s}$$

Su ecuación 2.2 es la siguiente:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

(2.2)

Siendo:

- $\nu$ : viscosidad cinemática
- $\mu$ : viscosidad dinámica
- $\rho$ : densidad del fluido

Fuente: (Ramírez, 2006)

## 2.5.4 Viscoelasticidad

### 2.5.4.1 Definición

La viscoelasticidad es un comportamiento que presentan ciertos materiales que presentan tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman. (Ramírez, 2006).

## 2.6 Modelos Mecánicos

Son útiles para obtener información acerca del comportamiento viscoelástico de los alimentos. “Estos modelos se construyen a partir de la combinación de elementos sólidos de Hooke (H), representados por resorte y elementos viscosos (N) representados por sistema émbolo-pistón (amortiguador)”. (Castro & De Hombre, 2007).

### 2.6.1 Modelo Elástico (Resorte)

En un resorte Hookean la distancia de deformación del resorte ( $x$ ) varía linealmente con la fuerza que actúa sobre el sistema ( $F$ ): (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

Su ecuación es (2.3):

$$F = kx$$

(2.3)

Dónde:

- $k$ : es la constante del resorte
- $x$  : es la distancia de deformación del resorte
- $F$ : es la fuerza q actúa sobre el sistema.

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

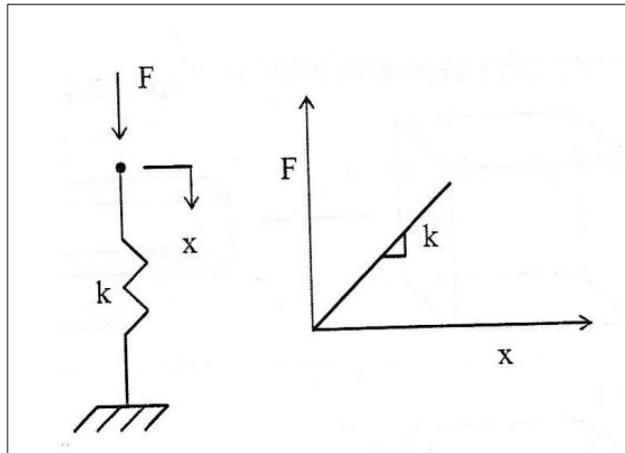


Figura 2.2: Modelo Elástico (resorte)

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

El resorte es considerado como un elemento sólido ideal que obedece a la ley Hooke's:

Su ecuación es (2.4):

$$\tau = G\gamma$$

(2.4)

### 2.6.2 Modelo Viscoso (Amortiguador)

En un modelo viscoso la velocidad de deformación varía linealmente con la fuerza que actúa sobre el sistema:

Su ecuación es (2.5):

$$F = C \frac{dx}{dt}$$

(2.5)

Dónde:

C: es una constante proporcional al diámetro de los agujeros.

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

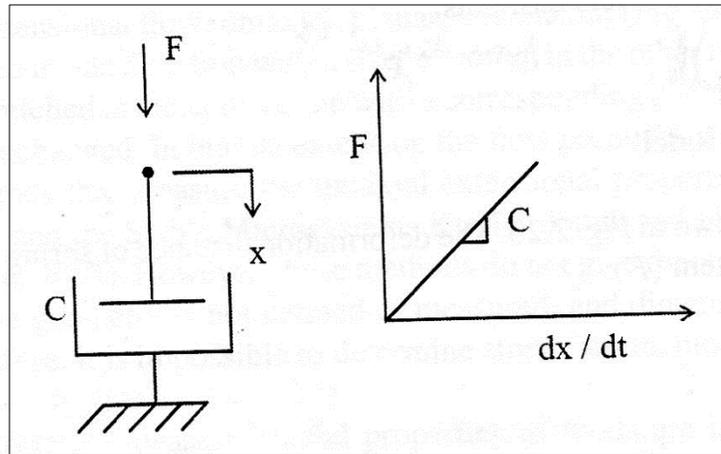


Figura 2.3: Modelo viscoso (amortiguador)

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

El amortiguador es considerado como un elemento fluido ideal que obedece la ley de Newton en que la fuerza es proporcional a la velocidad de deformación: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

Ecuaciones (2.6) (2.7):

$$\tau = \mu \frac{dy}{dt}$$

(2.6)

$$\tau = \mu \dot{\gamma}$$

(2.7)

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

### 2.6.3 Modelos Combinados

Los resortes y los amortiguadores se pueden conectar en diferentes maneras para expresar el comportamiento de los materiales viscoelásticos. Los modelos más comunes son los modelos de Kelvin- Voigt y Maxwell (Fig.2.4). En el modelo de

Maxwell el resorte y el amortiguador están conectados en serie, mientras que se conectan en paralelo en el modelo de Kelvin. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

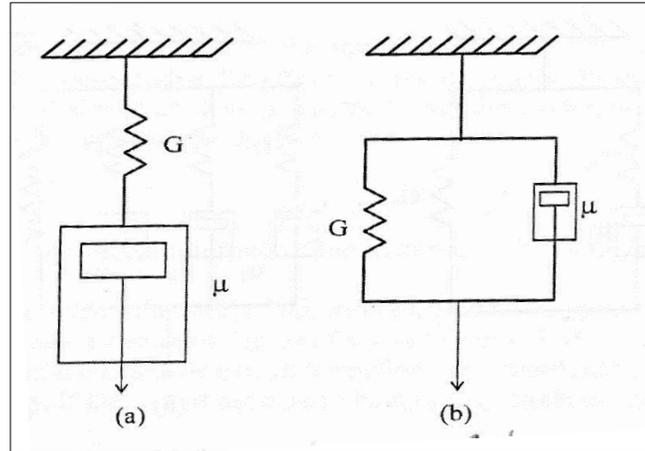


Figura 2.4: Modelo Maxwell(a) y Modelo Kelvin (b)

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

### 2.6.3.1 Modelo Maxwell

El modelo de Maxwell se utiliza para interpretar la relajación de la tensión de líquidos viscoelásticos, especialmente líquidos poliméricos. Puesto que la disposición es una disposición en serie en el modelo de Maxwell (Fig.2.4a), la tensión cortante total se expresa como la suma de la tensión en el resorte y en el amortiguador. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

Ecuación (2.8):

$$\gamma = \gamma_{\text{resorte}} + \gamma_{\text{amortiguador}}$$

(2.8)

Al diferenciar la ecuación (2.8) con respecto al tiempo y al usar las ecuaciones (2.4) y (2.7), se obtiene la siguiente ecuación (2.9): (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

$$\frac{d\gamma}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{1}{G} \left( \frac{d\tau}{dt} \right) + \frac{\tau}{\mu}$$

(2.9)

Esta ecuación puede expresarse como:

$$\mu \dot{\gamma} = \tau + \lambda_{rel} \left( \frac{d\tau}{dt} \right)$$

(2.10)

Donde

$\lambda_{rel}$  = Es el tiempo de relajación y se define como:

$$\lambda_{rel} = \frac{\mu}{G}$$

(2.11)

Si una tensión constante  $\gamma$  se utiliza, la velocidad de cizallamiento  $\dot{\gamma}$  se convierte en cero y después integrando la ecuación (2.10) con respecto al tiempo, el modelo de Maxwell se puede expresar para la constante  $(G|\mu)$  como (Ecuación 2.12): (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

Ecuación (2.12)

$$\tau = \tau_0 \exp\left(-\frac{t}{\lambda_{rel}}\right)$$

(2.12)

La ecuación (2.12) describe la relajación gradual de la tensión (de  $\tau_0$  a cero) después de la aplicación de un esfuerzo repentino. Esta relación ayuda a determinar el tiempo de relajación  $\lambda_{rel}$  que es el tiempo que toma para que la tensión decaiga a  $1/e$  (36,8 %) de su valor inicial. El modelo de Maxwell no es adecuado para muchos materiales viscoelásticos, ya que no incluye una tensión de equilibrio ( $\tau_e$ ). Este puede ser modificado mediante la conexión de un resorte en paralelo al elemento de Maxwell (fig.2.5a). (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

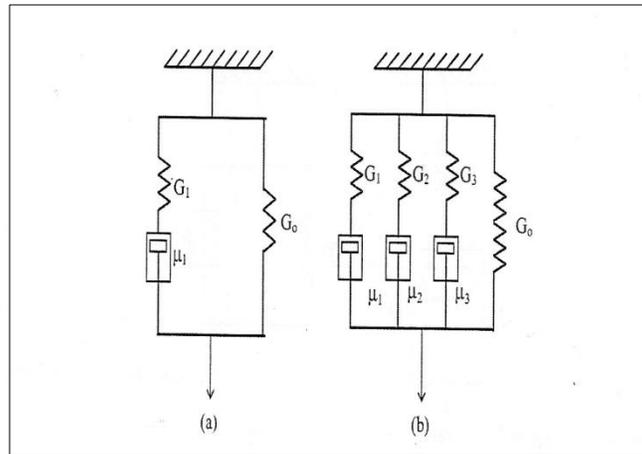


Figura 2.5: Modelo Maxwell en paralelo: (a) con un elemento de Maxwell y un resorte libre. (b) con tres elementos de Maxwell y un resorte libre.

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

La ecuación de relajación de la tensión descrita para este modelo de tres elementos es:

$$\tau(t) = \tau_e + (\tau_0 - \tau_e) \exp\left(-\frac{t}{\lambda_{rel}}\right)$$

(2.13)

Dónde:

$$\tau_e = G_0 \gamma_0$$

(2.14)

El tiempo de relajación es definida en la porción estándar del modelo de Maxwell como (Ecuacion2.15):

$$\lambda_{rel} = \frac{\mu_1}{G_1}$$

(2.15)

El número de elementos de Maxwell se puede aumentar para ajustar los datos de relajación de esfuerzo experimentales. En la Fig.2.5 b, se puede ver tres elementos de Maxwell en paralelo con un resorte libre. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

En los fluidos viscoelásticos, la tensión es una función de la deformación similar a un sólido y también es una función de la velocidad de deformación como un líquido. El grado en que un fluido puede volver a su posición original depende de sus características elásticas y viscosas. El número de Deborah, es importante para los materiales viscoelásticos. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

Para cualquier fluido el número de Deborah (De) es:

$$De = \frac{\lambda_{rel}}{\theta}$$

(2.16)

Dónde:

$\lambda_{rel}$ : Es el tiempo de relajación característico del material  
 $\theta$  : Es el tiempo característico del proceso de deformación

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

El número Deborah representa la relación de duración de la memoria de fluido a la duración del proceso de deformación y se utiliza como una medida del grado de viscoelasticidad. Si  $De < 1$ , es decir, si el tiempo de relajación del líquido es menor que el tiempo de deformación característica, el fluido parece ser más viscoso que el elástico. En el contrario, si  $De > 1$ , que parece ser más elástica que viscosa. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

### 2.6.3.2 Modelo de Kelvin-Voigt

El comportamiento de fluencia puede ser descrito por el modelo Kelvin- Voigt. Este modelo contiene un resorte y un amortiguador conectado en paralelo (figura 2.4b).

Por lo tanto, es posible expresar todas las tensiones como iguales entre sí. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

$$\gamma = \gamma_{\text{resorte}} = \gamma_{\text{mortiguador}}$$

(2.17)

La tensión de corte total causado por la deformación es la suma de las tensiones individuales.

$$\gamma = \gamma_{\text{resorte}} + \gamma_{\text{mortiguador}}$$

(2.18)

Las ecuaciones (2.4) y (2.7) pueden ser sustituidas dentro de la ecuación (2.18). Entonces se tiene la ecuación (2.19):

$$\tau = G\gamma + \mu\dot{\gamma}$$

(2.19)

La variación de la tensión con el tiempo será cero cuando se permita que el material fluya después de ser sometido a una tensión de cizallamiento constante (de  $\tau_0$ ), en el creep. (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

Sustituyendo  $\tau = \tau_0$ , en la ecuación (2.19) e integrando:

$$\int_0^t dt = \mu \int_0^{\gamma} \frac{d\gamma}{\tau_0 - G\gamma}$$

(2.20)

Se obtiene la ecuación (2.21):

$$\gamma = \frac{\tau_0}{G} \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{\lambda_{\text{ret}}}\right) \right)$$

(2.21)

Donde  $\lambda_{\text{ret}}$  es el tiempo de retardo, que es único para cualquier sustancia y se expresa como:

$$\lambda_{\text{ret}} = \frac{\mu}{G}$$

(2.22)

Esta ecuación muestra que los cambios de tensión de cero al valor máximo  $\tau_0/G$  asintóticamente. El tiempo de retardo ( $\lambda_{\text{ret}}$ ) es el tiempo para que la tensión de retraso, llegue aproximadamente al 63,2 % ( $1 - 1/e$ ) del valor final.

### 2.6.3.3 Modelo de Burger

En algunos materiales viscoelásticos sucede que al aplicar un esfuerzo constante se produce una deformación elástica instantánea seguida de una elástica retardada hasta que se establece un flujo newtoniano en el sistema. (Fig.2.6 y 2.7).

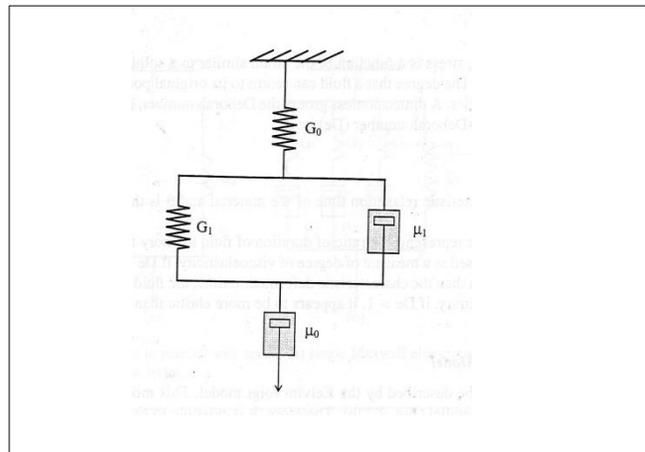


Figura 2.6: Modelo de Burger

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

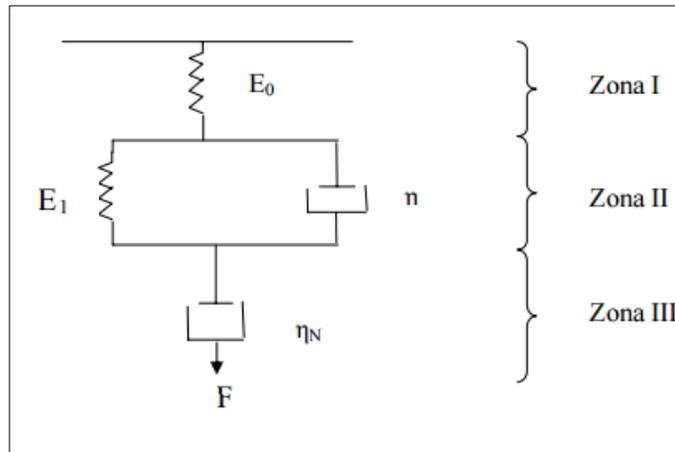


Figura 2.7: Representación mecánica del modelo de Burger

Fuente: (Castro & De Hombre, 2007).

“Cuando se aplica la fuerza se produce una deformación inmediata (AB) debido al comportamiento elástico (Zona I). A continuación rige el modelo de Kelvin que determina el comportamiento (Zona II) y pasado un tiempo prudente, la deformación se debe al componente viscoso CD (zona III). Al retirar la carga, el componente elástico produce la recuperación instantánea DE y la recuperación retardada EF se debe a la acción del elemento Kelvin (zona II). El conjunto de la recuperación instantánea y retardada se conoce por elasticidad total.”(Fig. 2.8):

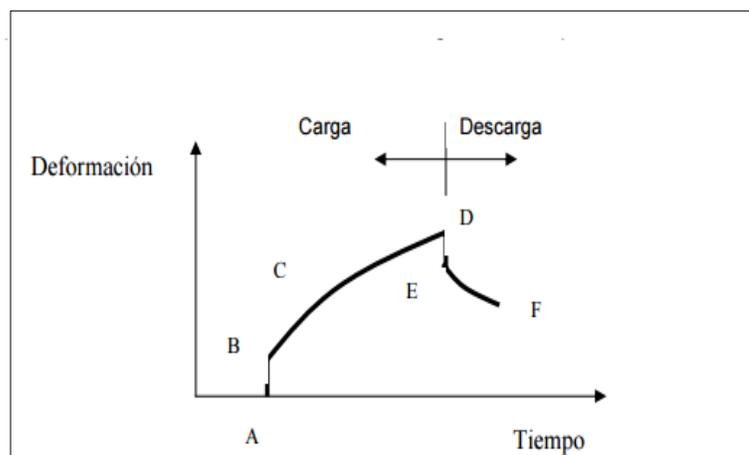


Figura 2.8: Curva reológica para el modelo de Burger

Fuente: (Castro & De Hombre, 2007).

El modelo de Burger es utilizado en la prueba de Creep Recovery Test, que es la combinación en serie de los modelos de Maxwell y Kelvin. Ecuación (2.23): (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

$$\gamma = \frac{\tau_0}{G_0} + \frac{\tau_0}{G_1} \left( 1 - \exp\left(\frac{-t}{\lambda_{ret}}\right) \right) + \frac{\tau_0 t}{\mu_0}$$

(2.23)

Donde  $\lambda_{ret} = \frac{\mu_1}{G_1}$  es el tiempo de retardo para la parte del modelo de Kelvin, y  $\mu_0$  es la viscosidad newtoniana del amortiguador libre. El modelo de Burger también se puede expresar en términos de deformación por fluencia dividiendo la ecuación (2.23) por la tensión constante ( $\tau_0$ ). (Sahin & Gulum Sumnu, 2006). Se obtiene la ecuación (2.24):

$$\frac{\gamma}{\tau_0} = \frac{1}{G_0} + \frac{1}{G_1} \left( 1 - \exp\left(\frac{-t}{\lambda_{ret}}\right) \right) + \frac{t}{\mu_0}$$

(2.24)

Escribiendo la ecuación como una función de cumplimiento de fluencia se obtiene la ecuación 2.25:

$$J = J_0 + J_1 \left( 1 - \exp\left(\frac{-t}{\lambda_{ret}}\right) \right) + \frac{t}{\mu_0}$$

(2.25)

Dónde:

- J es el cumplimiento del Creep-test
- J0 es el cumplimiento instantáneo
- J1 es el cumplimiento retardado
- $\lambda_{ret}$  es el tiempo de retardo
- $\mu_0$  es la viscosidad del material

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006).

Las curvas de cumplimiento y de recuperación que muestran los parámetros para el cumplimiento del modelo de Burger pueden verse en la fig2.9:

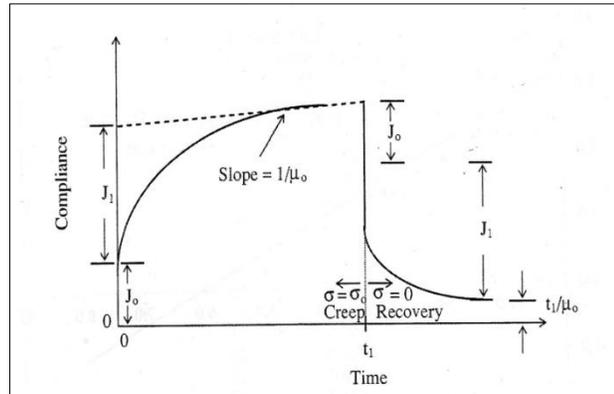


Figura 2.9: Curvas de cumplimiento y recuperación que muestran los parámetros del Modelo de Burger

Fuente: (Sahin & Gulum Sumnu, 2006)

## 2.7 Ensayos reológicos

Pueden ser clasificados como empíricos o fundamentales. Los métodos empíricos, son relativamente simples y de baja precisión. Miden el efecto de la aplicación de una fuerza en un solo punto de la muestra mediante penetrómetros, bolas de compresión, entre otros. En cambio las pruebas fundamentales, son sofisticadas y tienen en cuenta la geometría de la muestra, estas pruebas son realizadas con instrumentación especial y arrojan una explicación matemática, entre estas tenemos al ensayo del Creep test. (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014).

### 2.7.1 Creep Recovery Test

#### 2.7.1.1 Definición

El Creep Recovery Test o pruebas de fluencia, consisten en aplicar una fuerza constante al material, produciendo una deformación en el material, en función del

tiempo. En algunos materiales se observa que una vez retirados el esfuerzo, el material intenta volver a su forma original.

En un ensayo de fluencia, la muestra es sometida a una deformación constante, en función del tiempo. “Como resultado de la deformación, el esfuerzo incrementa instantáneamente en un tiempo "0", pero decae espontáneamente con el tiempo (t). La curva esfuerzo-tiempo es usada para determinar el tiempo de relajación o disminución del esfuerzo.” (Castro , Novoa , Algecibra , & Buitrago, 2014).

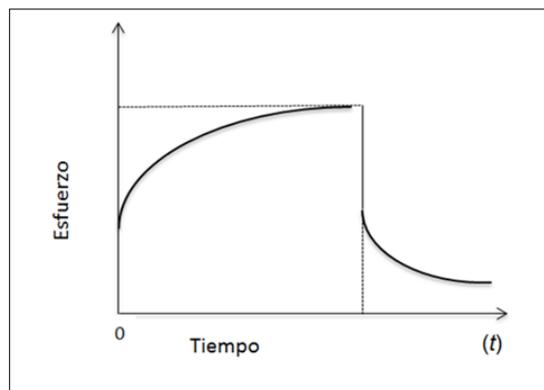


Figura 2.10: Curva Esfuerzo-Tiempo

## 2.7.2 Pruebas de Penetración

### 2.7.2.1 Definición

“Esta representa una de las más viejas técnicas de medición de textura, en la cual una sonda o penetrómetro de geometría dada es conducida en un material y la fuerza requerida para una dada penetración o la profundidad de penetración total es medida”. (Zuñiga, Ciro, & Osorio, 2007).

### 2.7.2.2 Fundamento

Se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada penetre en él, es decir mide la distancia o fuerza de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento, en un intervalo de tiempo. La

profundidad de penetración dependerá del peso del cono y del ángulo del cono, del tipo de material, su temperatura y el tiempo de penetración. El valor de la fuerza máxima está relacionado con la firmeza del alimento, con las dimensiones del punzón, de la distancia de penetración y de la velocidad con que se aplica la fuerza. Debido a la naturaleza visco-elástica de los alimentos, la magnitud de la tensión desarrollada no solo es función de la deformación, sino también de la velocidad impuesta. (Zuñiga, Ciro, & Osorio, 2007).

### **2.7.2.3 Penetrómetro**

El penetrómetro es un instrumento que sirve para medir una característica mecánica relacionada con la firmeza, dureza o rigidez de diferentes alimentos, este se basa en la medida de la resistencia que opone un alimento a que una pieza determinada penetre en él, en un intervalo de tiempo. Se han desarrollado distintos tipos de penetrómetros que difieren principalmente en: la geometría de la pieza que se introduce en el alimento, que generalmente es cilíndrica o cónica; el sistema por el que la pieza se introduce en el alimento, que puede ser aplicando un peso constante o variable o aplicando una fuerza a una velocidad constante y las dimensiones de la variable que miden, que pueden ser las de una fuerza, una distancia o un tiempo. (Zuñiga, Ciro, & Osorio, 2007).

### **2.7.3.4 Aplicaciones**

Es ampliamente utilizado en la caracterización textural de:

- ✓ Frutas
- ✓ Vegetales
- ✓ Geles
- ✓ Mayonesas
- ✓ Grasas
- ✓ En la cuantificación de la terneza de carnes

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Muestreo

##### 3.1.1 Recolección de Muestras

Para la recolección de las muestras, se procede a ir a los principales autoservicios de la ciudad, en donde son comercializados los quesos, se recolectan las muestras de las siguientes empresas productoras Alpina, Nutri Leche, Salinerito, Nandito, Los Pinos, Rey Queso, Dulac's, La Finca, Floralp, Zuleta, Mondel, y Kiosko, las mismas que se observa que son las más comercializadas en los autoservicios de la ciudad. El muestreo se realiza cada quince días, en primera instancia se trabaja con muestras de quesos fresco, seguida de muestras de quesos semimaduros y maduros.

Las muestras son trasladadas desde el punto de muestreo, al Laboratorio de Química de la Universidad del Azuay, manteniendo temperaturas bajas, y cuidando que la muestra no sufra daños en su estructura, las muestras fueron refrigeradas en el laboratorio para tener una temperatura constante en todos los quesos, por 4 horas, después se procede a sacar las muestras a temperatura ambiente (19°C-21°), por 4 horas con lo que se tendrá muestras a temperatura constante. Se realiza un muestreo por triplicado de cada muestra, con lo que se asegura la calidad de los resultados.

##### 3.1.2 Preparación de las muestras

Las muestras deben tener una temperatura ambiente, se procede a cortar en forma de paralelepípedos, con un cortador de forma cubica de acero inoxidable, observando si existen bordes irregulares, los cuales son arreglados en forma manual con un cuchillo, con lo que se podrá observar la deformación en la muestra. (Anexo 2). Quite las fotos de los quesos y puse como anexo

## **3.2 Análisis**

### **3.2.1 Equipo de Creep Recovery Test**

El análisis de las muestras se realizó en el equipo de Creep Recovery Test del laboratorio de química de la Universidad del Azuay, el equipo tiene una estructura de aluminio, un sensor LVDT, que mide el movimiento de un núcleo, dentro de un campo eléctrico, el cual genera una señal, de variación de voltaje de acuerdo al movimiento del eje ferromagnético. Esta variación de voltaje será receptada en una tarjeta de adquisición de señales DAQ USB-6008. (Arévalo, 2015).

Para mover el sensor de acuerdo al tamaño de muestra que se tiene el equipo tiene una manivela que al dar vueltas permite que el sensor se mueva con facilidad. En la parte del frente están ubicadas dos rieles de hierro, por donde se desliza una placa de aluminio, que tiene pegada una lámina de lija, la que sirve para producir fricción con la muestra a analizar, a las rieles está unido un eje que permite que el nylon que sujeta el peso se deslice. (Arévalo, 2015)

En la parte inferior está colocada una plataforma que tiene pegada una lámina de lija con lo que se evita que la muestra resbale. Para la digitalización de la señal se utilizara el programa LabVIEW, es el que se encargara de realizar el análisis y procesamiento de las señales adquiridas desde la tarjeta de adquisición DAQ. (Arévalo, 2015).

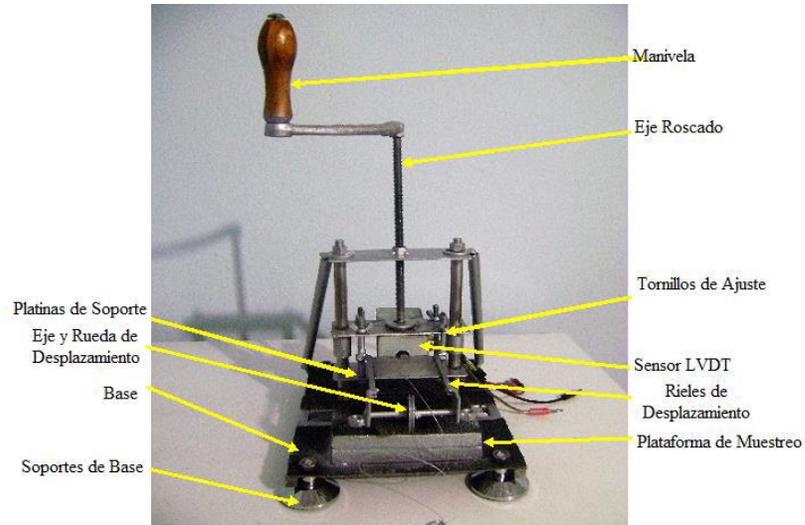


Figura 3.11: Partes del equipo de Creep Recovery Test

Fuente. (Arévalo, 2015)



Figura 3.12: Equipo de Creep Recovery Test

### 3.2.1.1 Procedimiento

Una vez cortadas las muestras, se colocan en la plataforma del equipo de Creep Recovery Test, se revisa que la placa de muestreo este dentro del sensor, y a su vez que la muestra este bajo de este, se inicia el programa del Creep Recovery Test, en el gancho que está unido a la placa de muestreo se coloca peso de esfuerzo, para poder producir el esfuerzo constante, por lo que el eje va a desplazarse hacia afuera, este desplazamiento es detectado por el sensor LVDT que representa una variación en el voltaje, lo que irá generando cambios en la señal, los datos que se generen serán registrados en el computador mediante el programa NI LabVIEW.



Figura 3.13: Resultados de un ensayo en el equipo de Creep Recovery Test

### 3.2.2 Penetración

El análisis de las muestras se realizó en el equipo de Penetración del laboratorio de química de la Universidad del Azuay, el equipo su estructura es de aluminio, tiene un soporte fijo el cual sostiene al sensor, tiene una pieza a presión, la cual evita que exista la posibilidad de que se muevan las piezas, al momento de realizar mediciones o trasladar el equipo de un lugar a otro. (Arévalo, 2015).

Tiene una punta de teflón, a un ángulo de 60 grados, la misma no es tan pesada por lo que al utilizarla con muestras suaves no las destruye al penetrarlas. El dispositivo para la determinación de la prueba de Penetración, funciona de la misma manera que el dispositivo del Creep/Recovery test. (Arévalo, 2015)

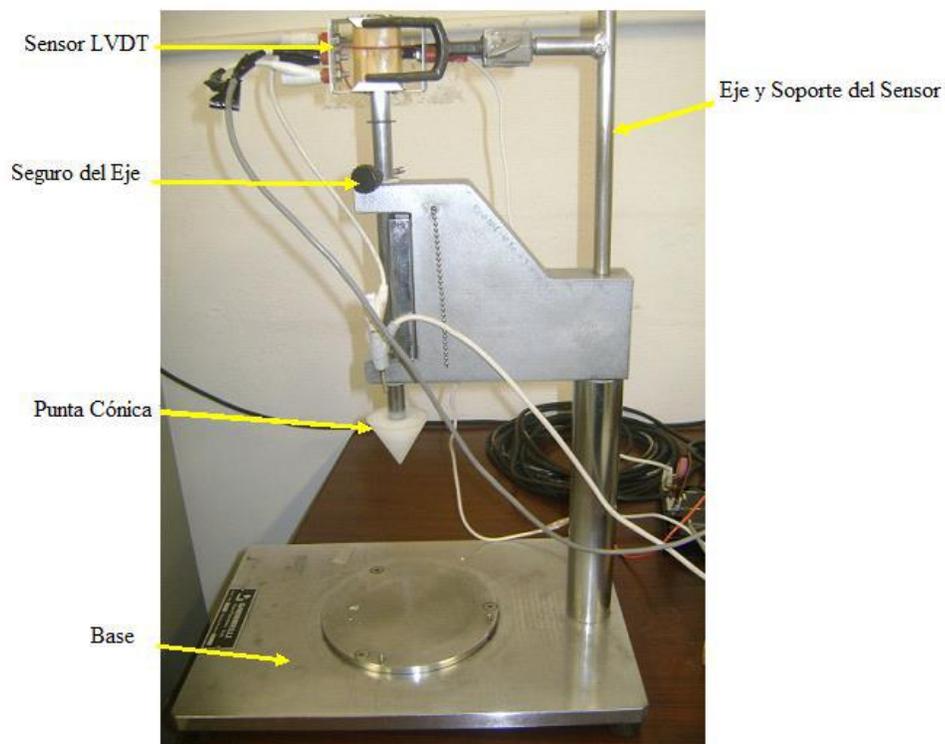


Figura 3.14: Partes del Equipo de Penetración

Fuente: (Arévalo, 2015).



Figura 3.15: Equipo de Penetración

### 3.2.2.1 Procedimiento

El procedimiento para realizar las pruebas es casi el mismo que para el Creep test, con la diferencia de que el movimiento de este hardware es en sentido vertical, y el análisis de las señales lo realiza penetrando en la muestra de queso, ya que el eje está previamente sostenido por un seguro, que en el momento de iniciar el análisis se quita el seguro, y el eje cae con todo su peso sobre la muestra, la penetración la realiza ayudado por una punta cónica, los datos que se generen de este movimiento serán registrados en el computador mediante el programa NI LabVIEW.



Figura 3.16: Equipo de Penetración con muestra

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 Resultados Creep Recovery Test

Se analizaron un total de 49 muestras, cada una por triplicado para así obtener un mejor resultado. Los cálculos se realizaron con el modelo de Burger, ya que este es el modelo que se utiliza para elementos viscoelásticos, como en este caso es el queso. Para encontrar los valores óptimos de la prueba del Creep Recovery Test se utilizó la herramienta de análisis Solver de Excel, (Microsoft Office, 2010), con la cual se obtuvo datos mejorados. Las muestras fueron divididas por tipo de quesos en grupos, para quesos de tipo fresco grupo 1, quesos de tipo semimaduro grupo 2 y quesos maduros grupo 3.

##### 4.1.1 Resultados Creep Recovery Test: Grupo 1

La tabla 4.4 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados con el modelo de Burger para el grupo 1. Dónde:

$J_0$  : Es el cumplimiento instantáneo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$J_1$  : Es el cumplimiento de retardo, en la prueba del Creep Recovery Test.

$\lambda_{ret}$  : Es el tiempo de retardo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$\mu_0$  : Es la deformación residual, en la prueba de Creep Recovery Test.

En el grupo 1 los valores de  $J_0$ , en las muestras analizadas, son cero, por lo que el cumplimiento instantáneo en la prueba de Creep Recovery Test, es cero, los valores de  $J_1$  en las muestras demuestran que a valores altos de cumplimiento de retardo, presentan una mayor deformación, y con valores bajos de cumplimiento de retardo

presentan una menor deformación, como es en el caso del queso Finca Siberia, que presenta el valor más alto de  $J_1$ , en este grupo se tiene cuatro muestras donde el cumplimiento instantáneo es igual al cumplimiento de retardo es decir es cero, es el caso de las muestras de los quesos Kiosko del Campo, Zuleta, Salinerito Mozzarella y Dulac's Mozzarella, estos quesos presentan en un principio un comportamiento viscoelástico, para finalmente comportarse como materiales viscosos.

Los tiempos de retardo se relacionan con la velocidad, con la cual es alcanzada la máxima deformación, es así que el queso Kiosko Semiduro Entero es el que tiene la más alta velocidad de deformación, del grupo 1, el parámetro  $\mu_0$  representa la deformación residual, en el grupo 1 se encuentra entre un valor de 1 a 1.25  $\text{din}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ .

**Tabla 4.4:** Resultados del Modelo de Burger: Grupo 1

<b>MUESTRA</b>	<b>J0</b>	<b>J1</b>	<b><math>\lambda</math> ret</b>	<b><math>\mu 0</math></b>
	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>seg</b>	<b>din*s/cm<sup>2</sup></b>
Kiosko del campo	0,000	0,000	1,608	1,000
Zuleta	0,000	0,000	2,020	1,000
Salinerito Mozzarella	0,000	0,000	1,018	1,000
Dulac's Mozzarella	0,000	0,000	1,515	1,000
Nutri	0,000	16,109	161,724	1,102
Nandito	0,000	20,914	165,160	1,132
Dulac's	0,000	11,336	238,740	1,048
Kiosko semiduro entero	0,000	14,419	267,948	1,055
Kiosko reducido en grasa	0,000	13,517	120,846	1,116
Los Pinos	0,000	14,452	161,746	1,092
Finca Siberia	0,000	25,678	227,237	1,119
Rey Queso	0,000	6,256	84,249	1,075
Kiosko Mozzarella	0,000	14,402	188,718	1,077
Kiosko Mozzarella reducido en grasa	0,000	16,892	154,598	1,114
Rey Queso Mozzarella	0,000	6,618	112,003	1,058
La Finca Mozzarella Semigraso	0,000	10,775	108,367	1,099
La Finca Mozzarella Semigraso(en barra)	0,000	19,594	175,875	1,118
Kiosko Ricotta	0,000	14,582	70,454	1,211
Floralp Feta	0,000	11,069	49,954	1,245

Los datos obtenidos en el grupo 1 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado el cumplimiento experimental (J) y el cumplimiento calculado (Jcal) de los parámetros del modelo de Burger. (Gráficas 4.17 a 4.54).

Las muestras analizadas del grupo 1 tienen un comportamiento viscoelástico a excepción de las muestras de los quesos Kiosko del Campo, Zuleta, Salinerito Mozzarella y Dulac's Mozzarella las cuales en un principio se comportan como materiales viscoelásticos para finalmente comportarse como materiales viscosos. (Gráficas 4.17 a 4.24).

#### 4.1.1.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 1

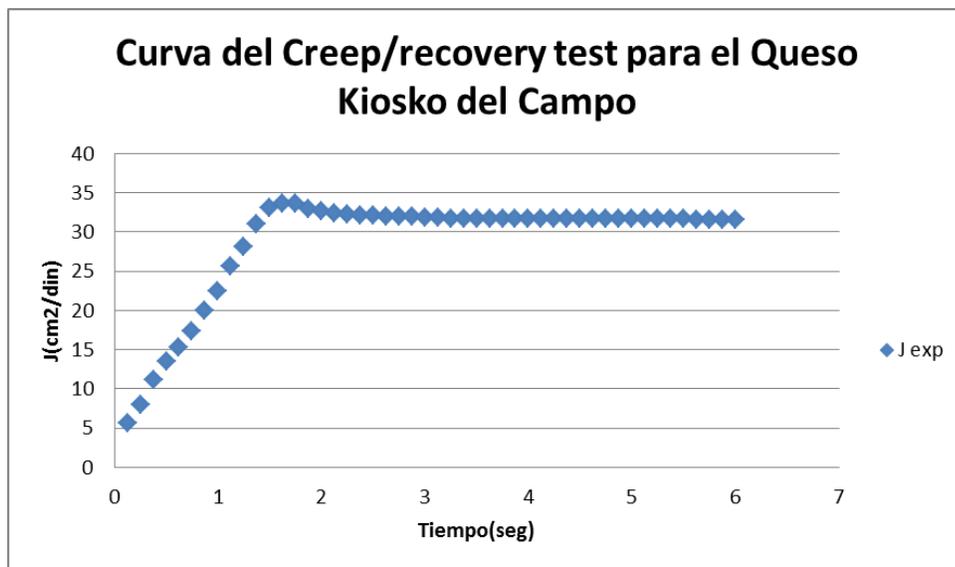


Figura 4.17: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko del Campo.

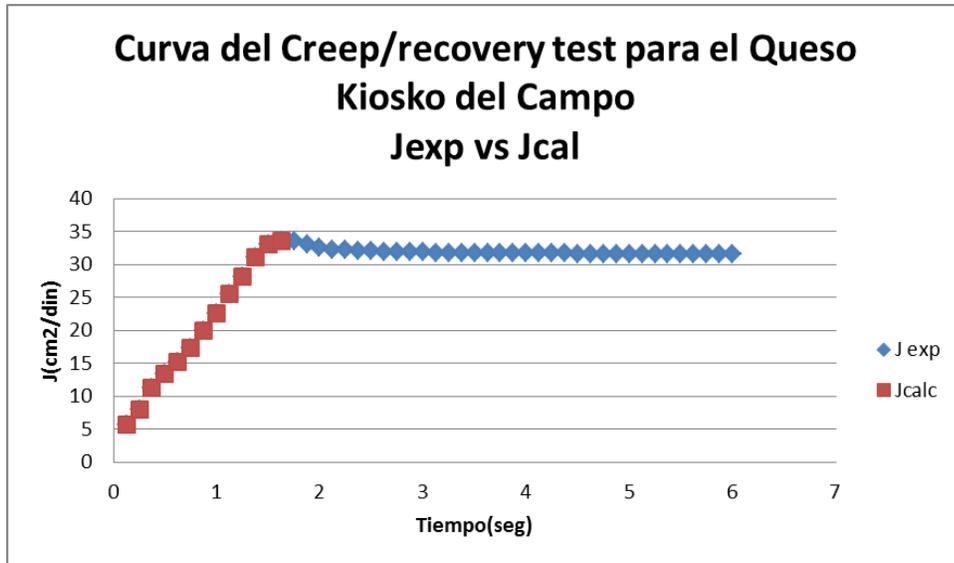


Figura 4.18: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko del campo.

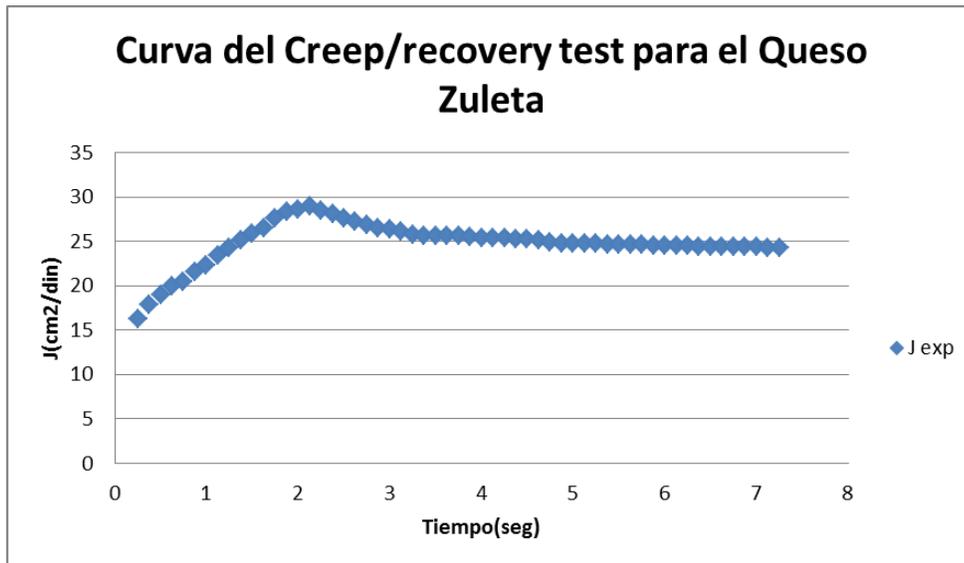


Figura 4.19: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Zuleta.

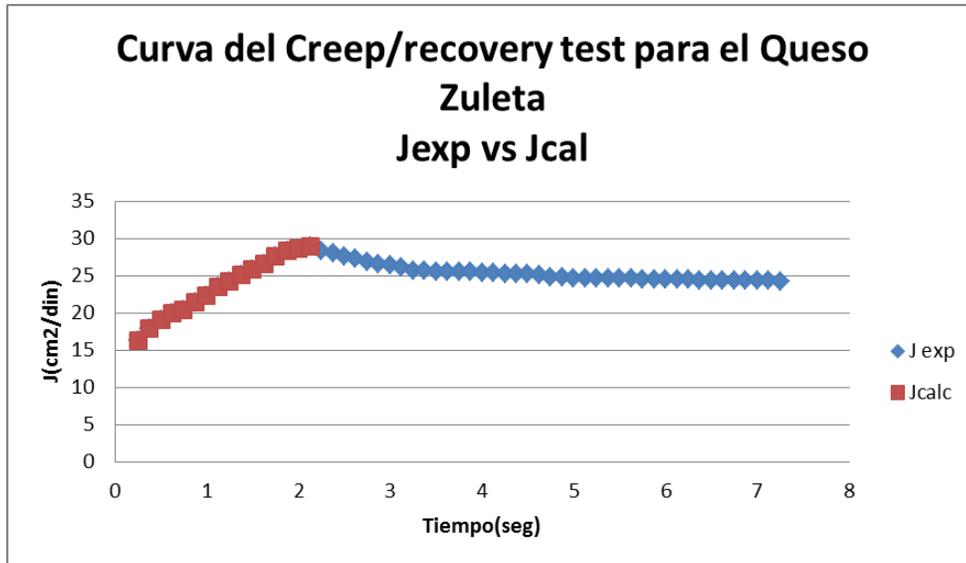


Figura 4.20: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta.

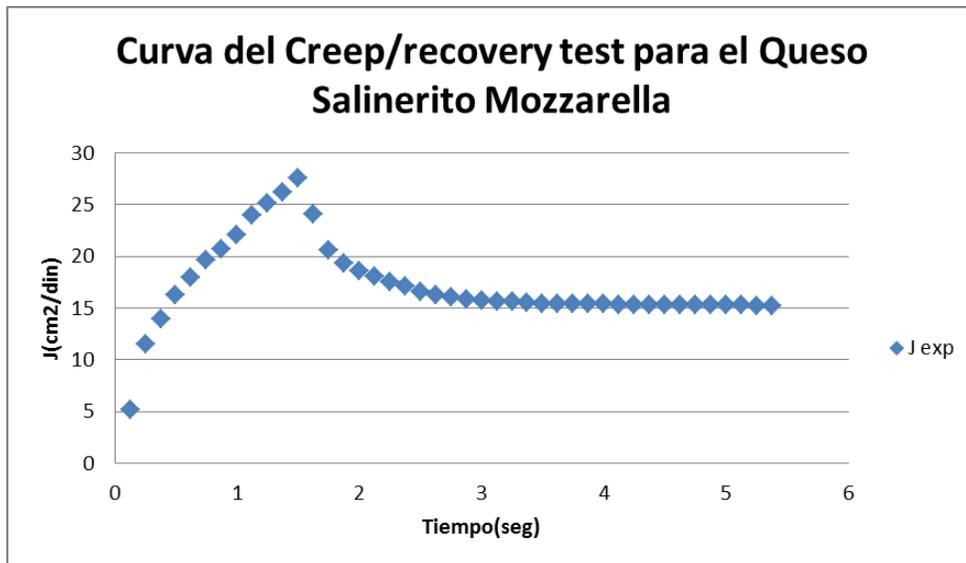


Figura 4.21: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Mozzarella.

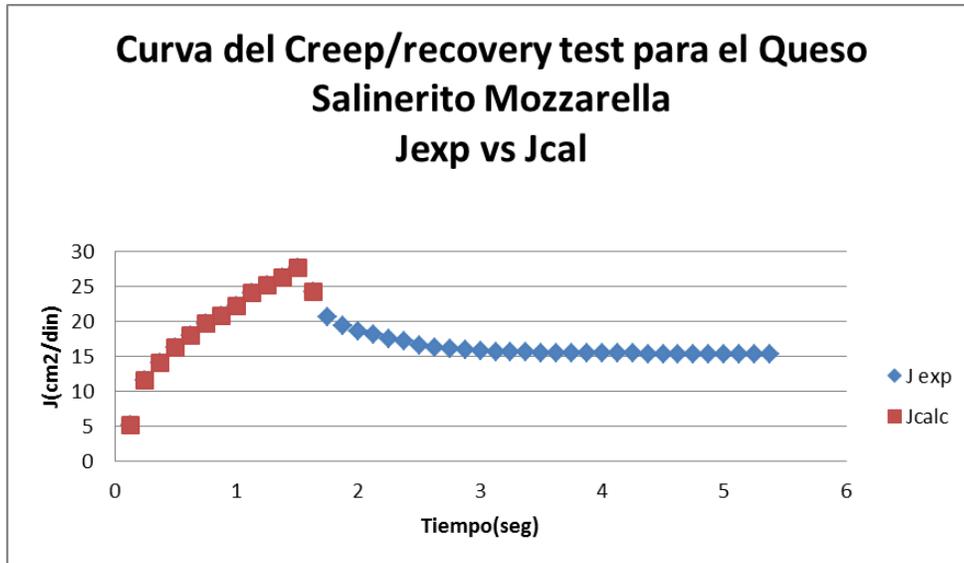


Figura 4.22: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Mozzarella.

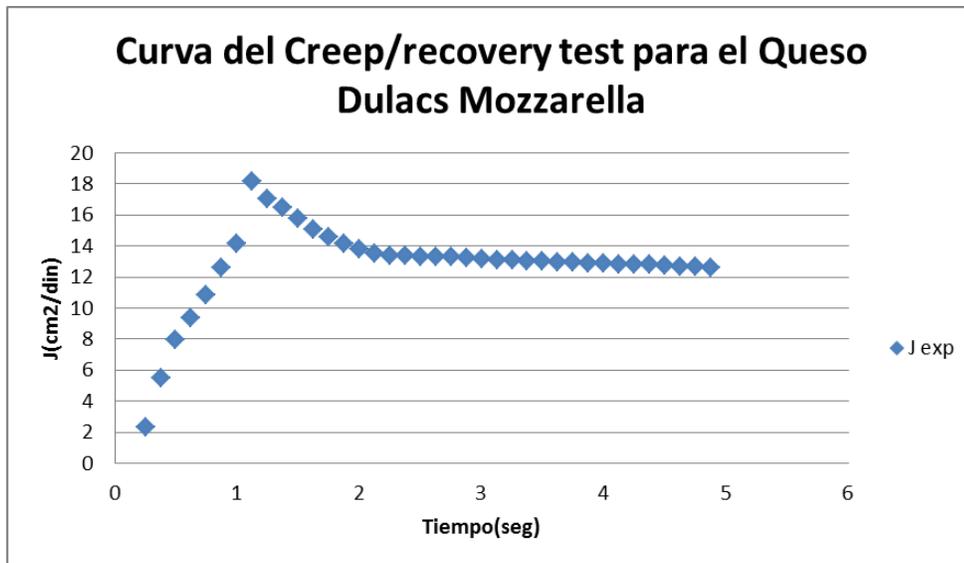


Figura 4.23: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Dulac's Mozzarella.

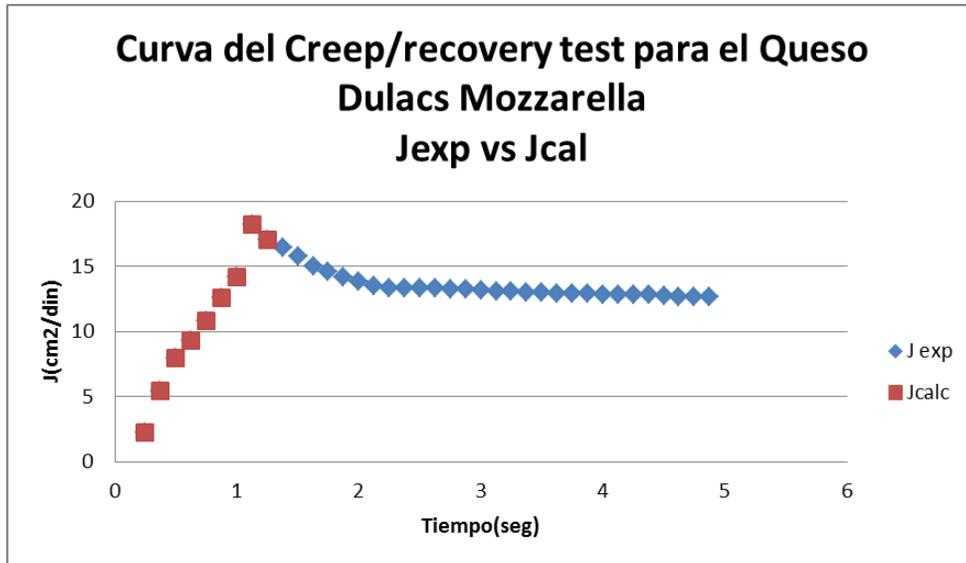


Figura 4.24: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Dulac's Mozzarella.

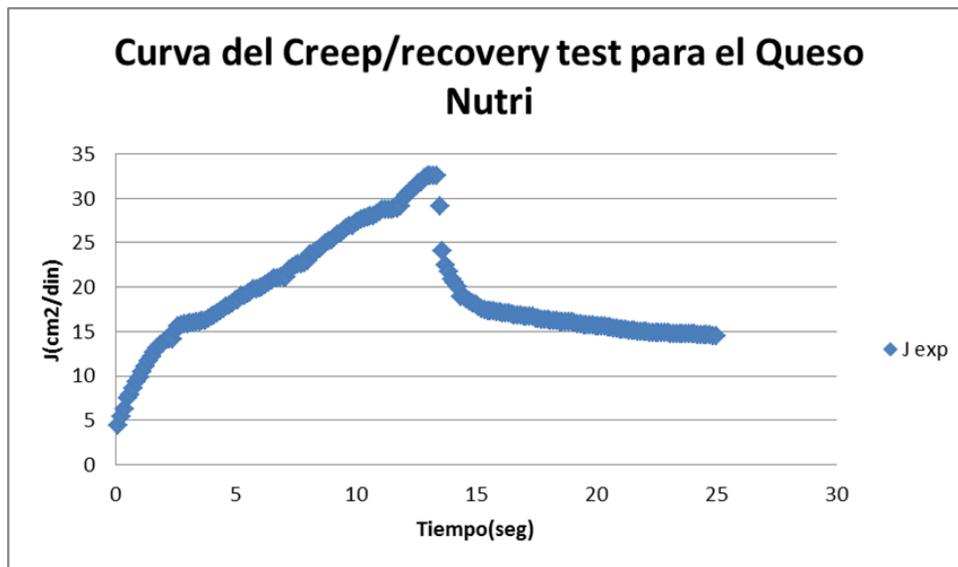


Figura 4.25: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Nutri.

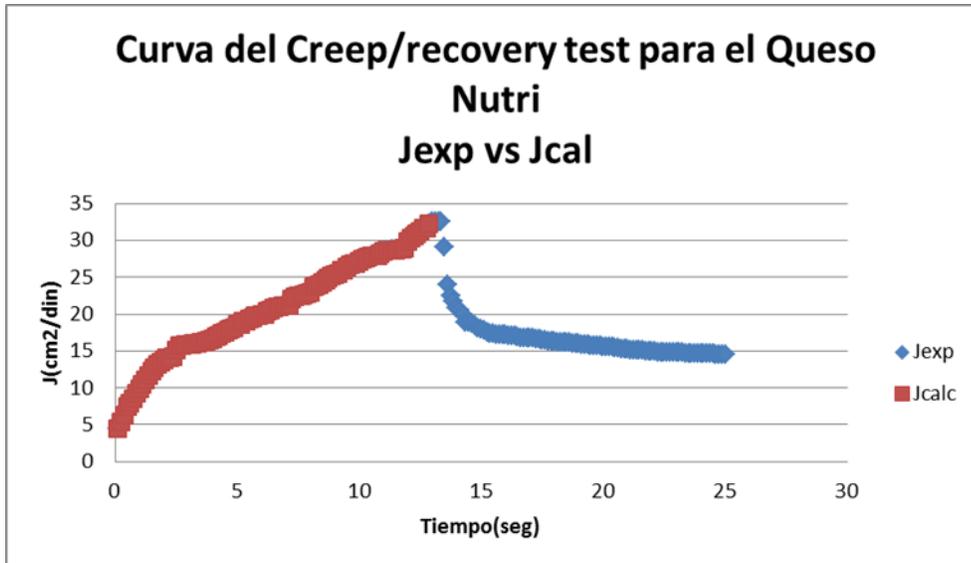


Figura 4.26: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Nutri.

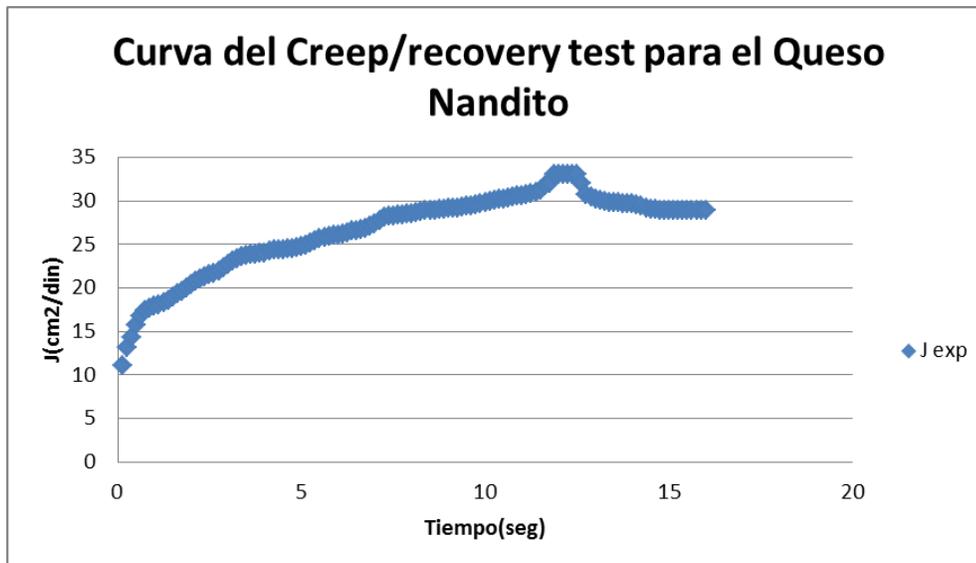


Figura 4.27: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Nandito.

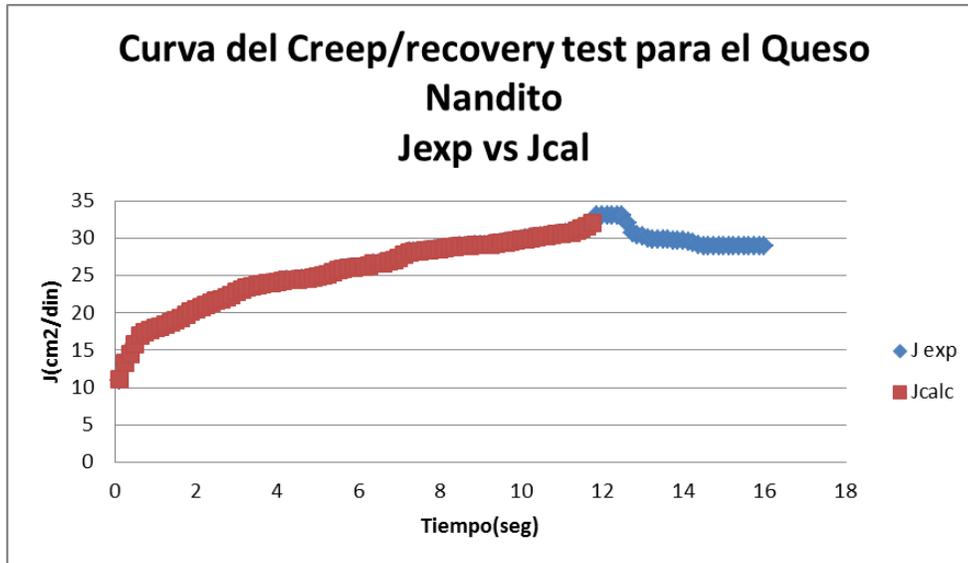


Figura 4.28: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Nandito.

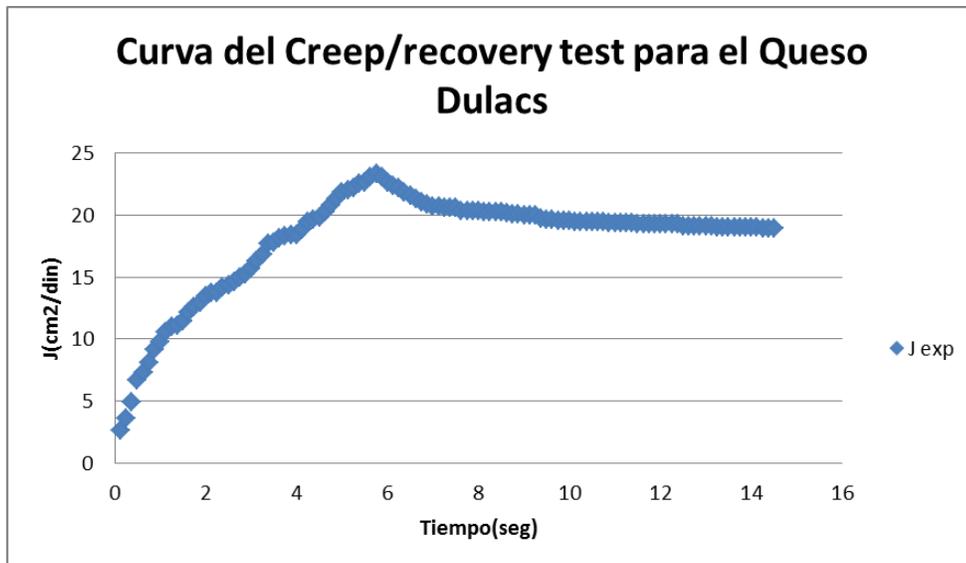


Figura 4.29: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Dulac's.

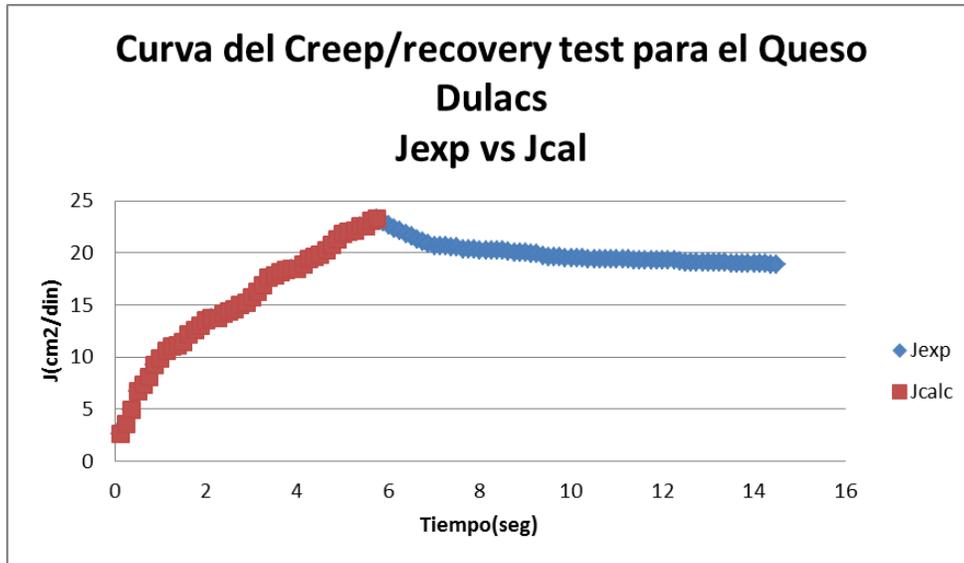


Figura 4.30: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Dulac's.

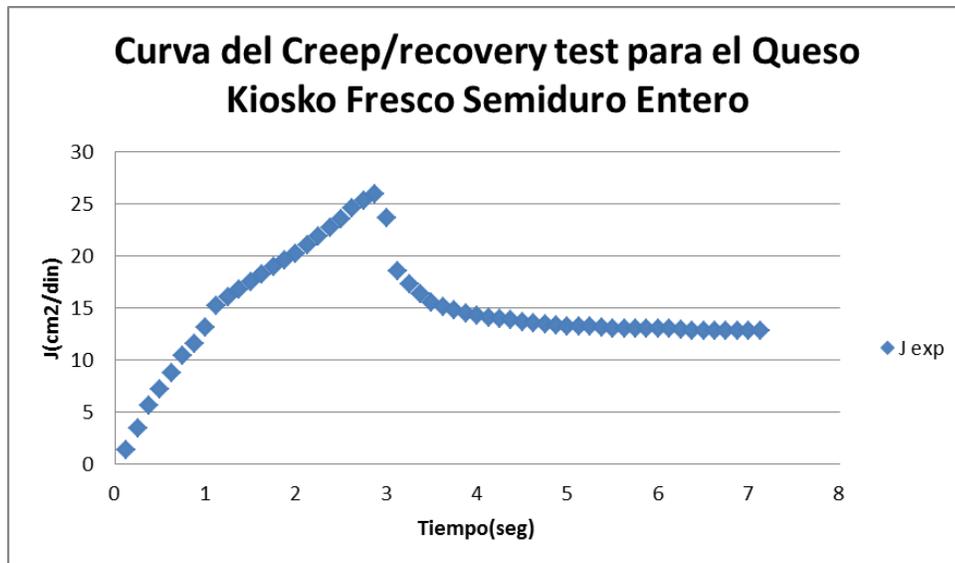


Figura 4.31: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Semiduro Entero.

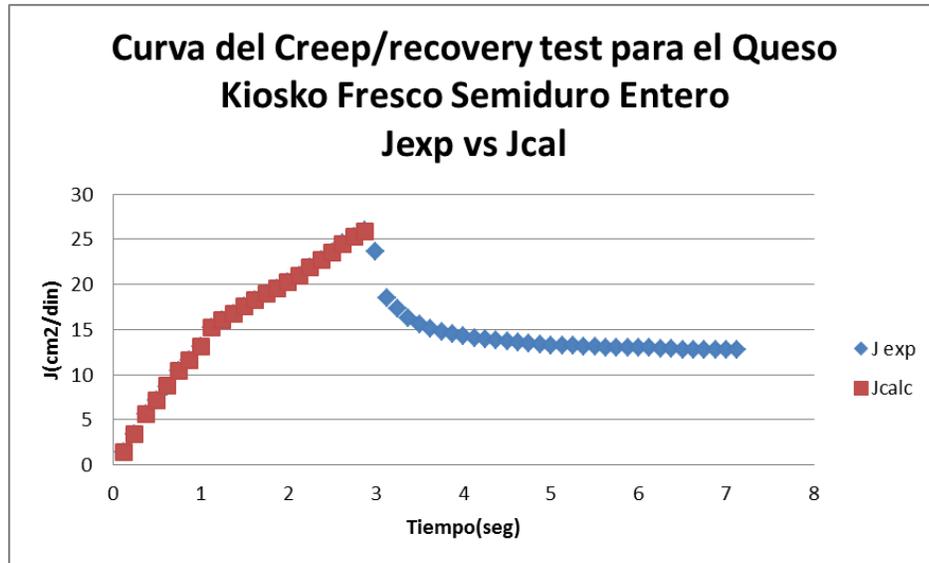


Figura 4.32: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Semiduro Entero.

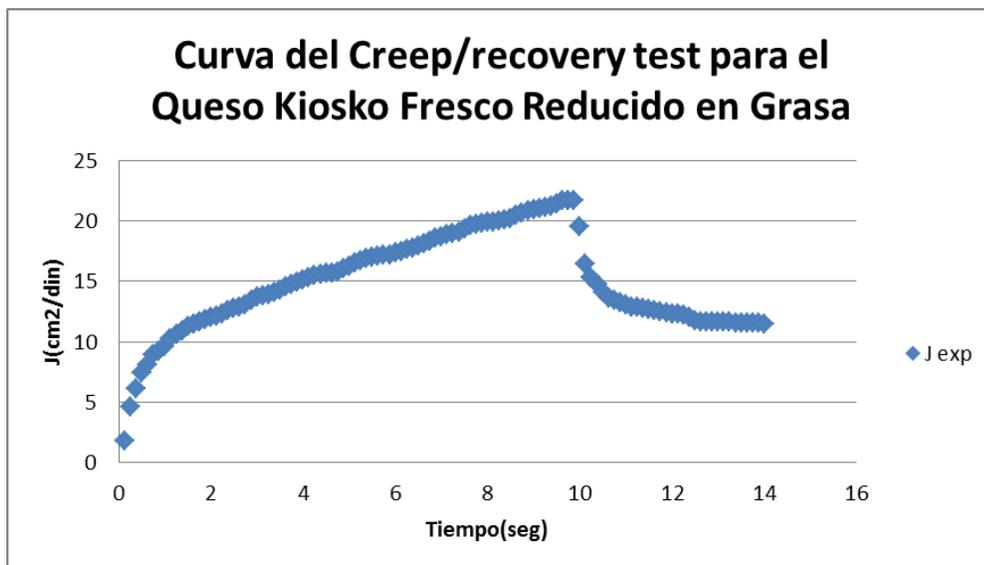


Figura 4.33: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Reducido en Grasa.

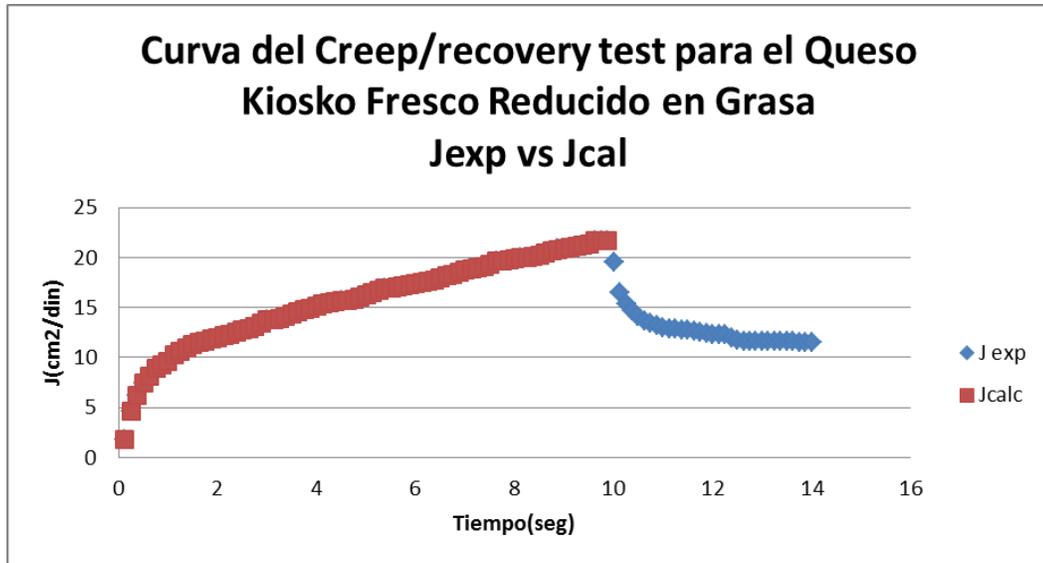


Figura 4.34: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Fresco Reducido en Grasa.

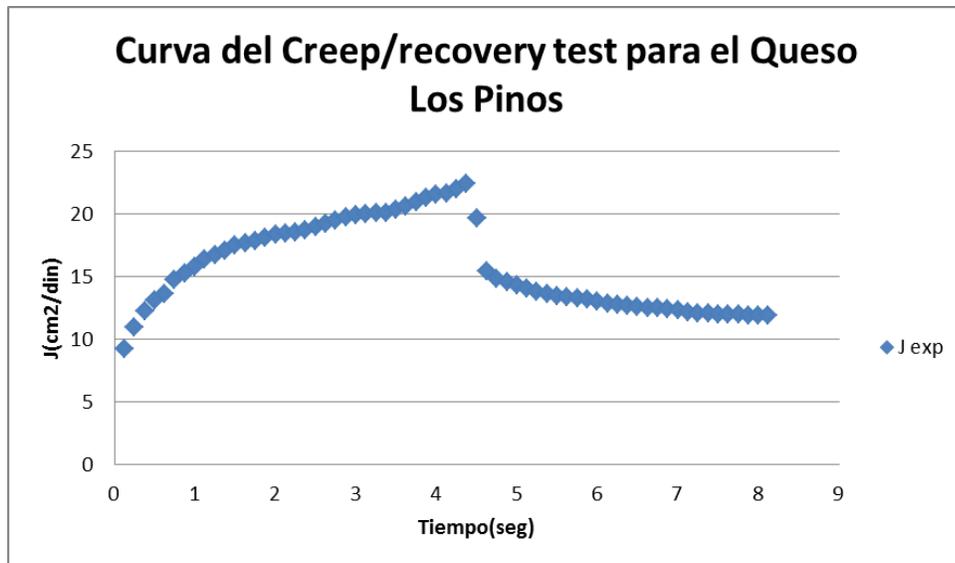


Figura 4.35: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Los Pinos.

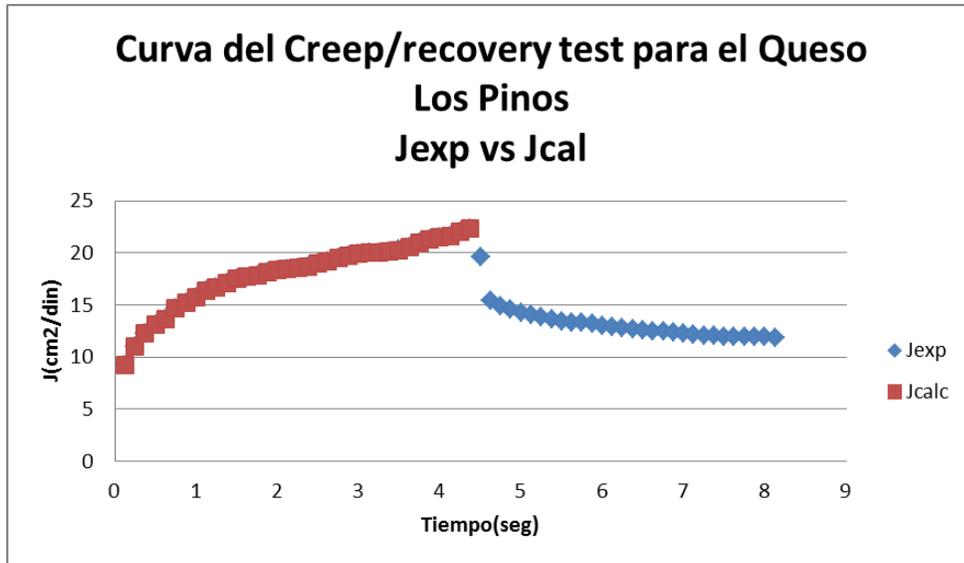


Figura 4.36: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Los Pinos.

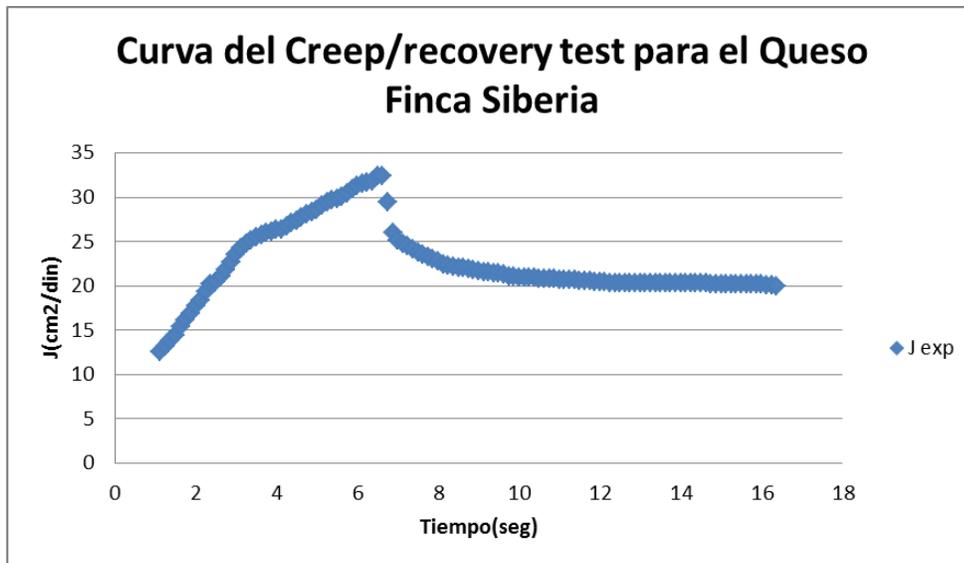


Figura 4.37: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Finca Siberia.

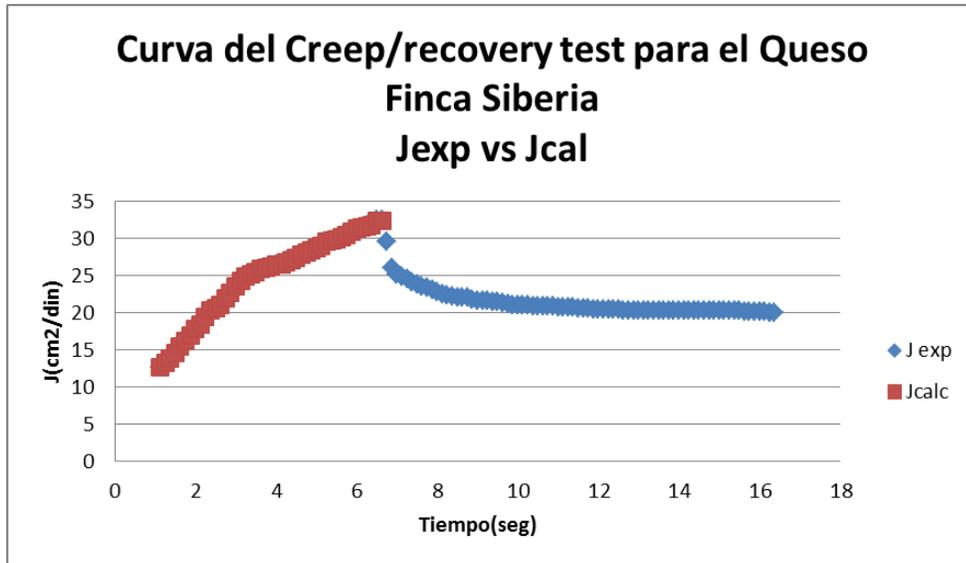


Figura 4.38: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Finca Siberia.

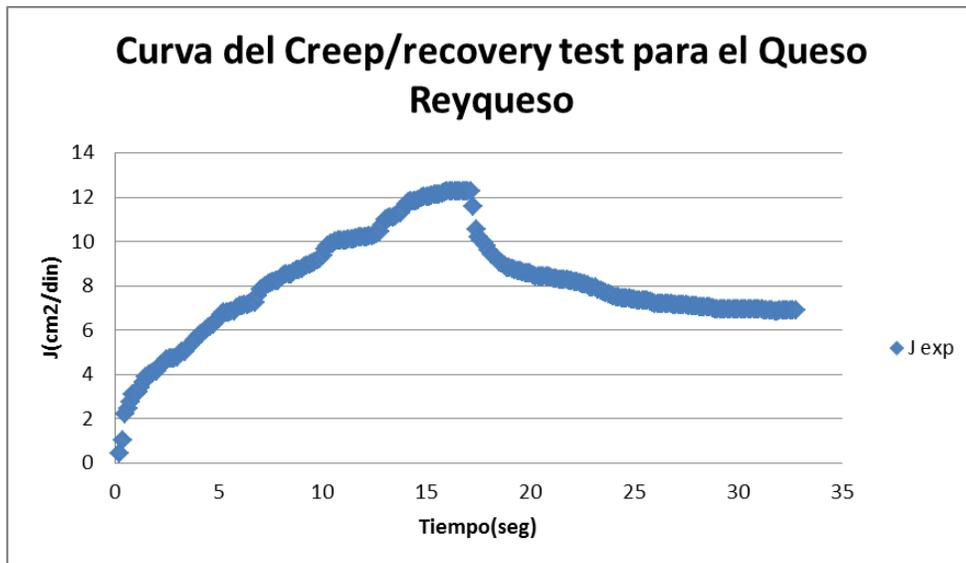


Figura 4.39: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso.

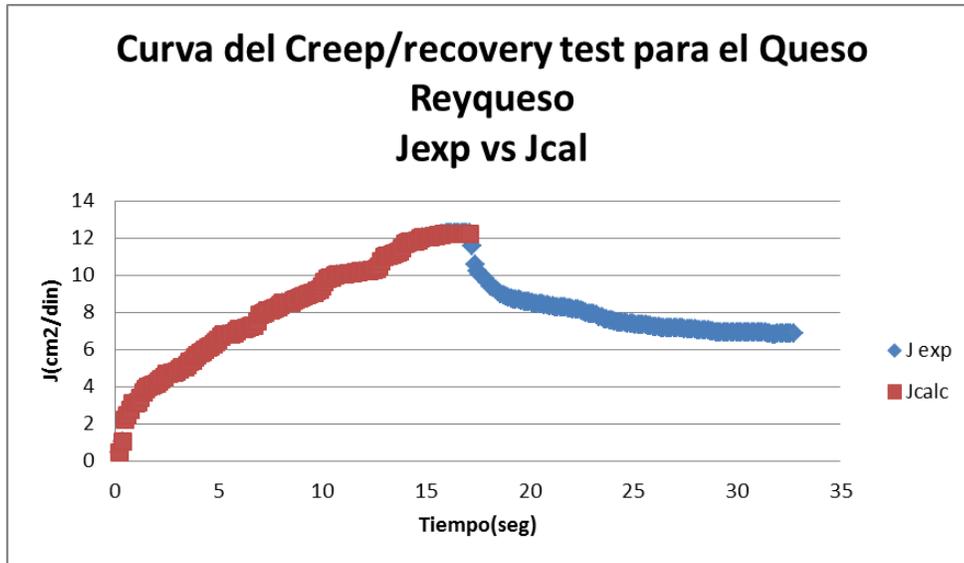


Figura 4.40: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso.

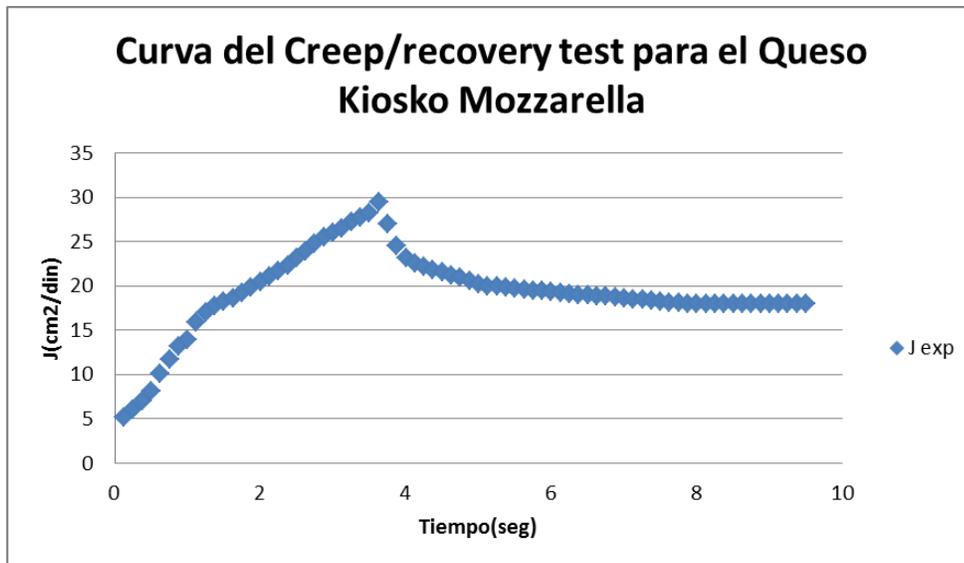


Figura 4.41: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella.

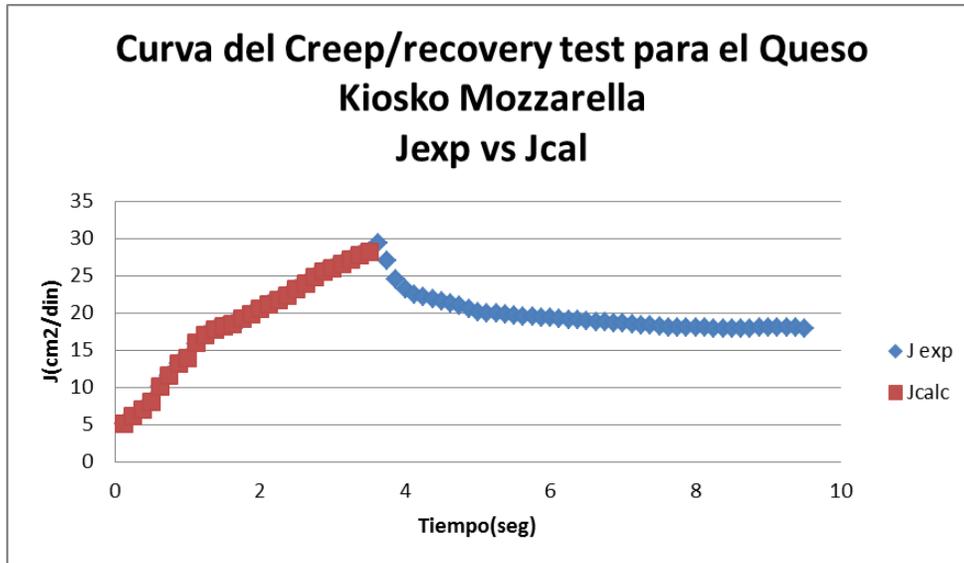


Figura 4.42: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella.

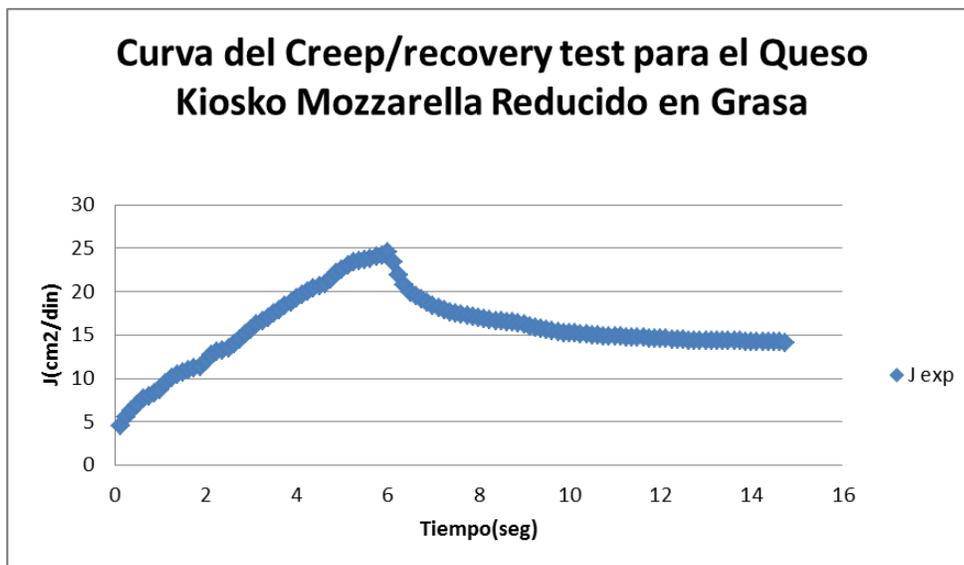


Figura 4.43: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella Reducido en Grasa.

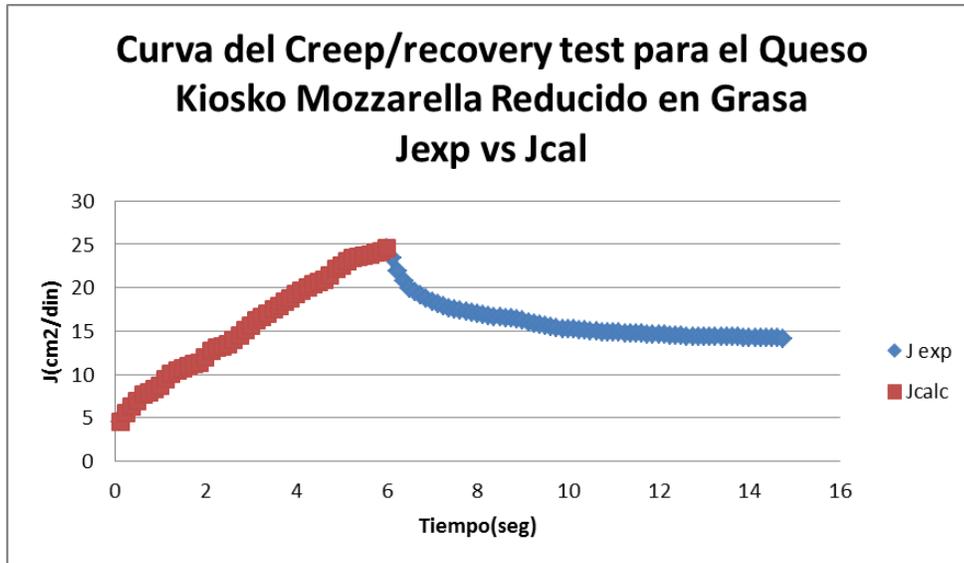


Figura 4.44: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Mozzarella Reducido en Grasa.

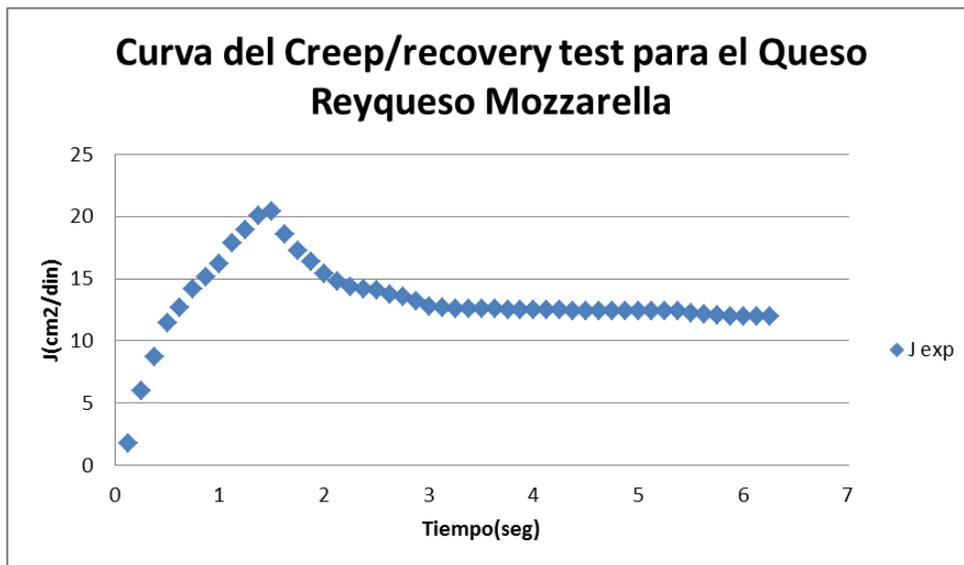


Figura 4.45: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso Mozzarella.

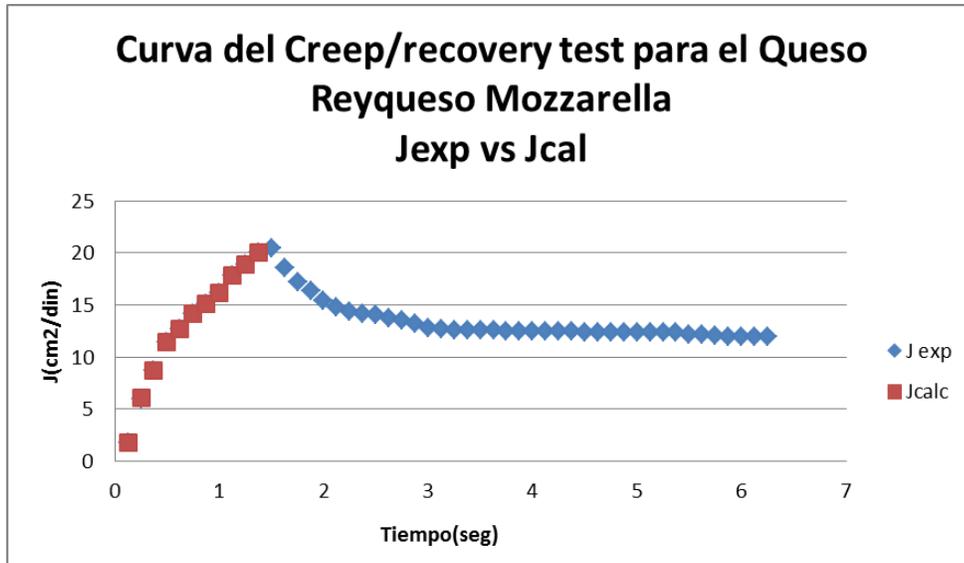


Figura 4.46: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Reyqueso Mozzarella.

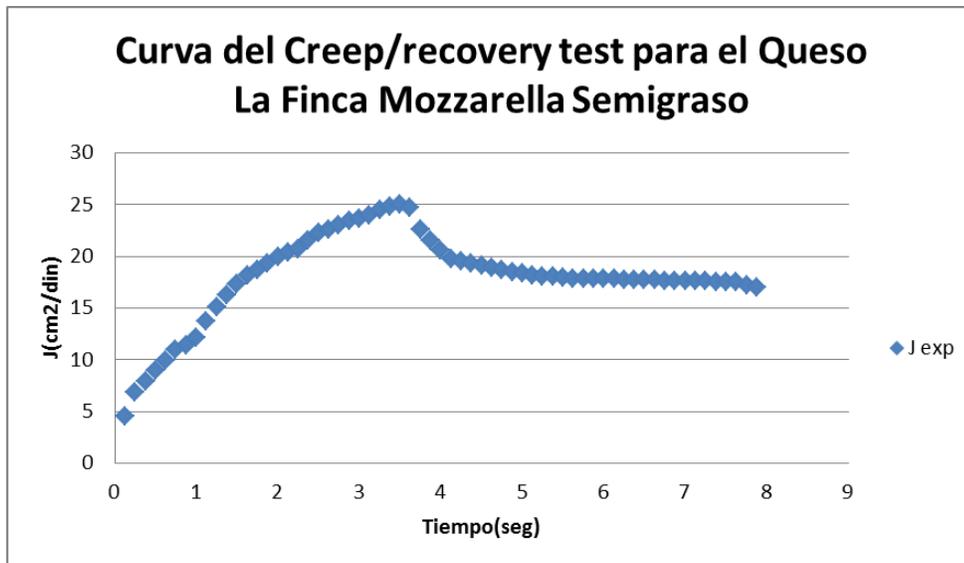


Figura 4.47: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso.

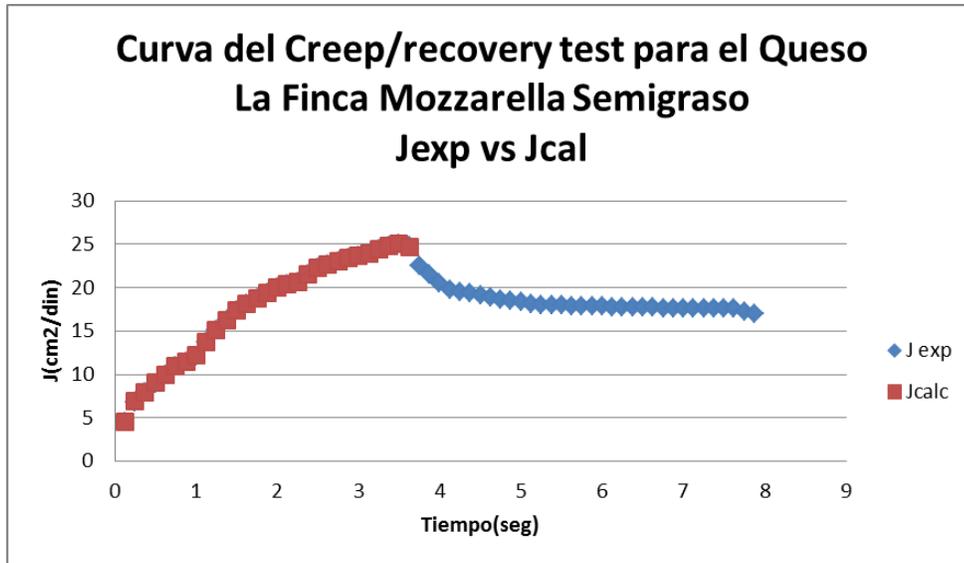


Figura 4.48: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso.

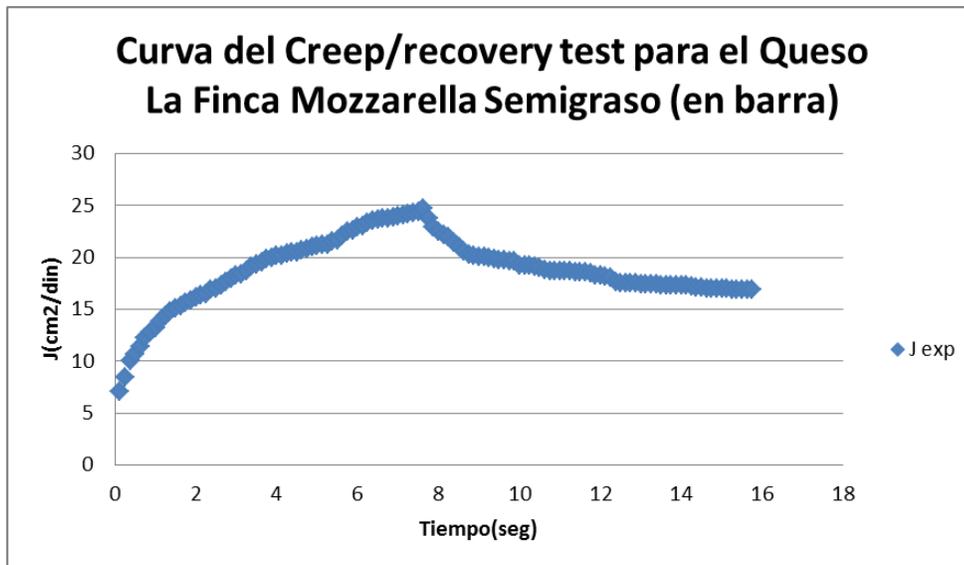


Figura 4.49: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra).

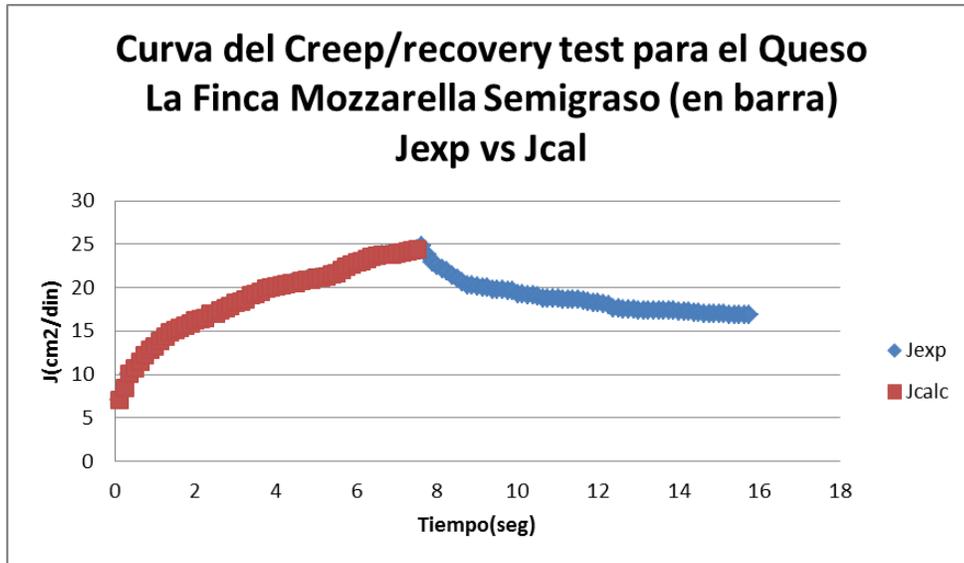


Figura 4.50: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra).

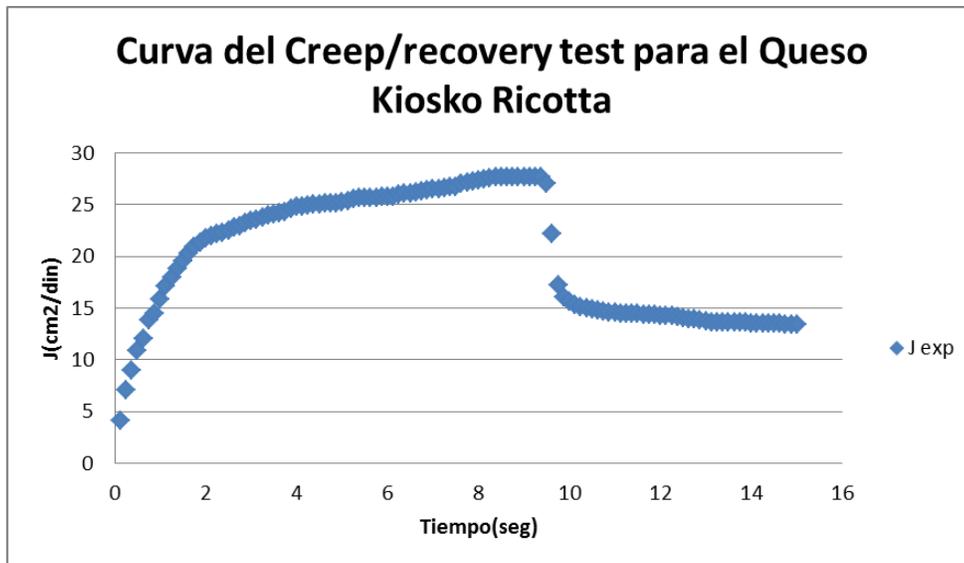


Figura 4.51: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Ricotta.

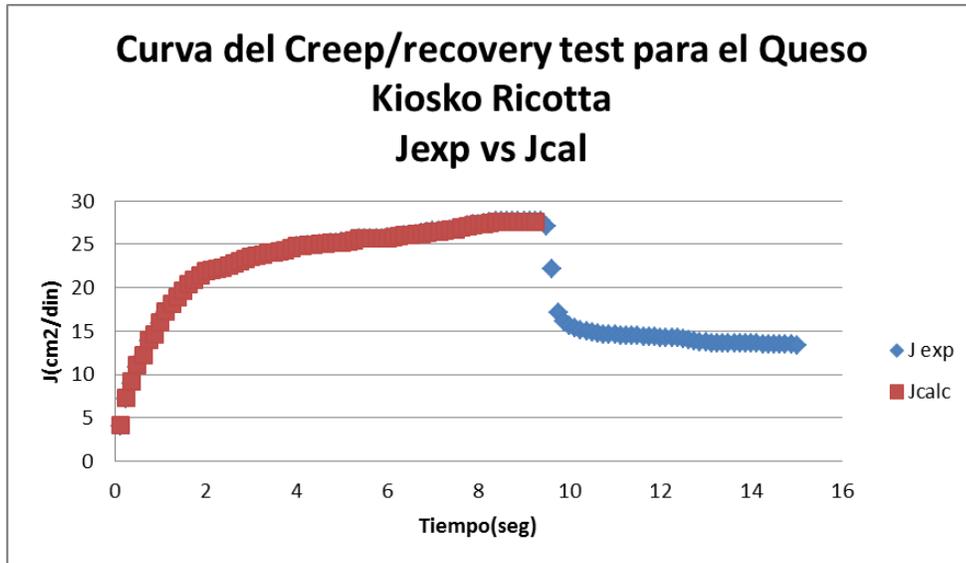


Figura 4.52: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Ricotta.

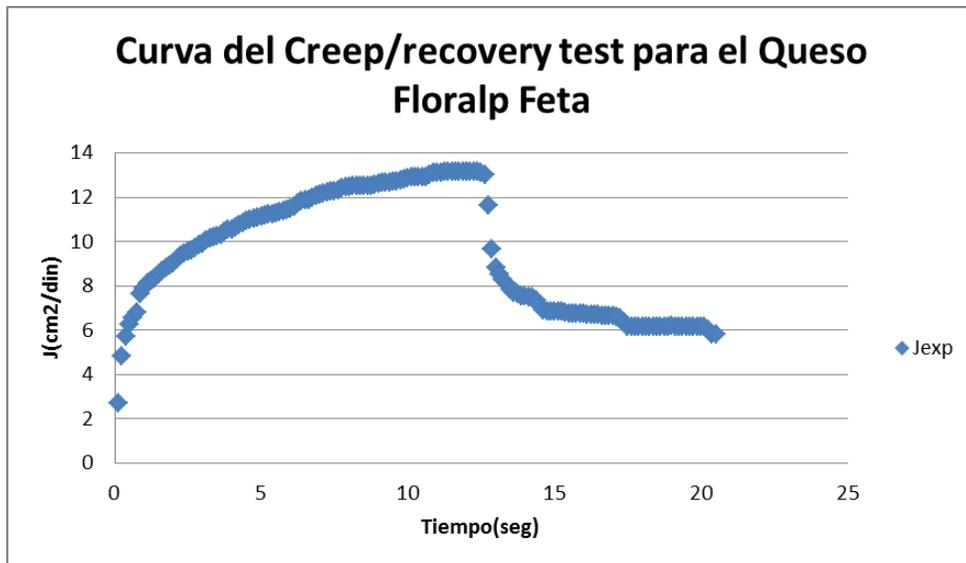


Figura 4.53: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Feta.

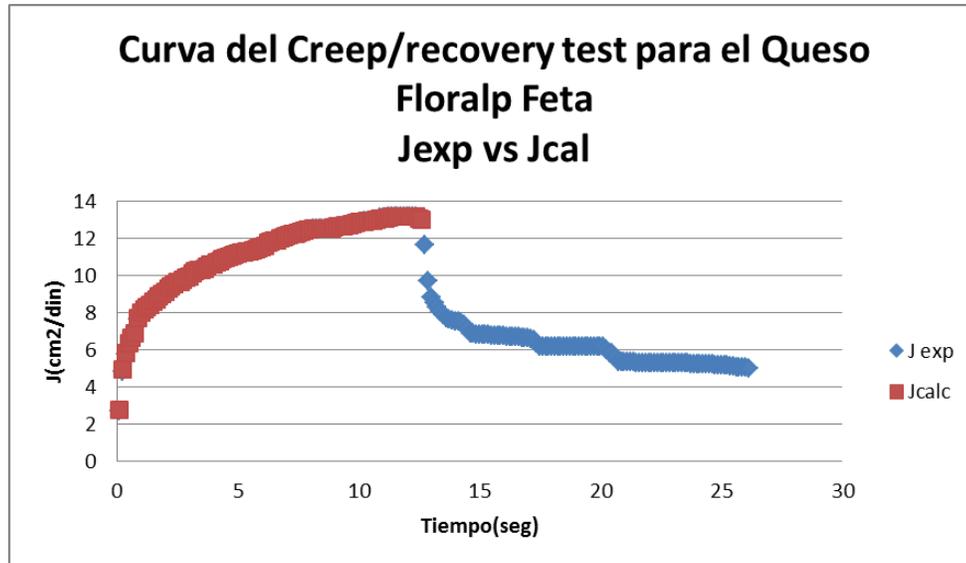


Figura 4.54: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Feta.

#### 4.1.2 Resultados Creep Recovery Test Grupo 2

La tabla 4.5 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados con el modelo de Burger para el grupo 2. Dónde:

$J_0$  : Es el cumplimiento instantáneo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$J_1$  : Es el cumplimiento de retardo, en la prueba del Creep Recovery Test.

$\lambda_{ret}$  : Es el tiempo de retardo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$\mu_0$  : Es la deformación residual, en la prueba de Creep Recovery Test.

En el grupo 2 los valores de  $J_0$ , en las muestras analizadas, son cero a excepción de la muestra del queso Zuleta Angochagua en la cual es 0,0001, la cual tiene una diferencia mínima de las demás muestras, por lo que el cumplimiento instantáneo en la prueba de Creep Recovery Test, es cero, los valores de  $J_1$  en las muestras

demuestran que a valores altos de cumplimiento de retardo, presentan una mayor deformación, y con valores bajos de cumplimiento de retardo presentan una menor deformación, como es en el caso del queso Floralp Camembert, que presenta el valor más alto de  $J_1$ , en este grupo se tiene una muestra donde el cumplimiento instantáneo es igual al cumplimiento de retardo es decir es cero, es el caso de la muestra del queso Kiosko Gouda, este queso presenta en un principio un comportamiento viscoelástico, para finalmente comportarse como un material viscoso.

Los tiempos de retardo se relacionan con la velocidad, con la cual es alcanzada la máxima deformación, es así que el queso Floralp Camembert es el que tiene la más alta velocidad de deformación, del grupo 2, el parámetro  $\mu_0$  representa la deformación residual, en el grupo 2 se encuentra entre un valor de 1 a 1.3  $\text{din}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ .

**Tabla 4.5:** Resultados del Modelo de Burger: Grupo 2

<b>MUESTRA</b>	<b>J0</b>	<b>J1</b>	<b><math>\lambda</math> ret</b>	<b><math>\mu_0</math></b>
	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>seg</b>	<b>din*s/cm<sup>2</sup></b>
Kiosko Gouda	0	0,000	1,421	1,000
Zuleta Pategras	0	4,894	41,810	1,124
Kiosko Cheddar Javierieno	0	14,330	321,221	1,044
Kiosko Hierbas del campo	0	22,408	392,978	1,058
Kiosko Holandés	0	17,643	287,045	1,062
Alpina Holandés	0	15,124	331,594	1,046
La Finca Holandés	0	7,953	76,443	1,107
Floralp Fontina	0	4,919	72,097	1,070
La Finca Danbo con Albahaca	0	8,434	60,206	1,148
Zuleta Danbo	0	2,914	10,982	1,313
Mondel Saint Paulin	0	13,518	75,970	1,194
Floralp Camembert	0	21,653	675,459	1,032
Salinerito Danbo	0	18,333	205,186	1,093
Floralp Brie	0	8,667	109,884	1,077
Zuleta Bondell	0	6,554	30,802	1,248
Zuleta Angochagua	0,0001	7,391	108,370	1,071
Kiosko Provolone	0	17,558	306,527	1,058
Floralp Provolone	0	10,475	183,160	1,058
La Finca Ají	0	17,149	213,843	1,082
La Finca Colby Jack	0	11,326	127,854	1,091
Mondel Monte Caprino	0	15,409	203,378	1,078

Los datos obtenidos en el grupo 2 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado el cumplimiento experimental (J) y el cumplimiento calculado (Jcal) de los parámetros del modelo de Burger. (Gráficas 4.55 a 4.96)

Las muestras analizadas del grupo 2 tienen un comportamiento viscoelástico a excepción de la muestra del queso Kiosko Gouda, el mismo en un principio se comporta como un material viscoelástico para finalmente comportarse como un material viscoso, esto se observan en las gráficas (4.55 y 4.56).

4.1.2.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 2

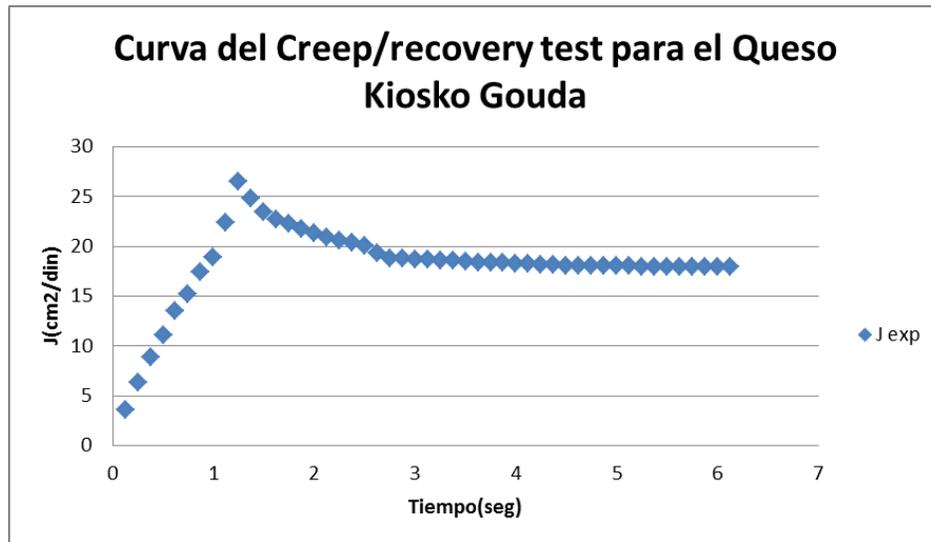


Figura 4.55: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Gouda.

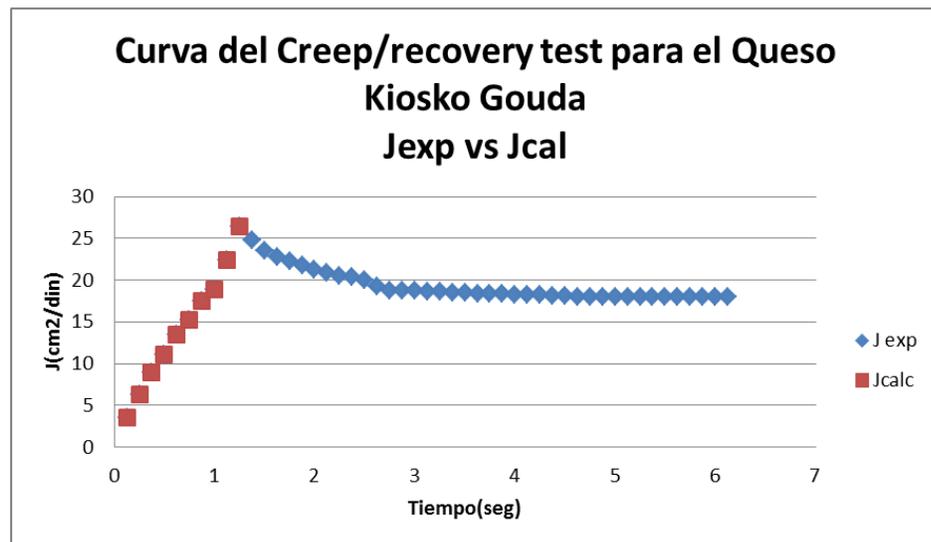


Figura 4.56: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Gouda

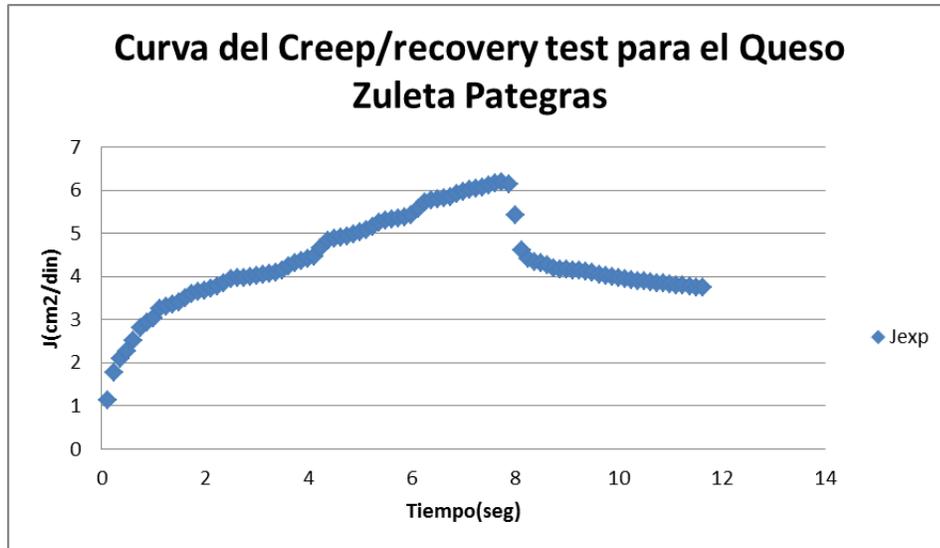


Figura 4.57: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Pategras.

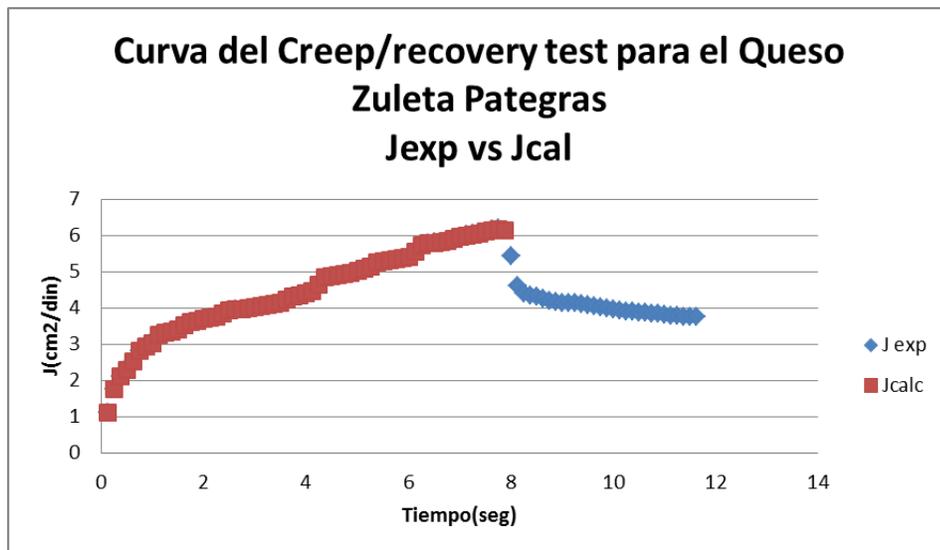


Figura 4.58: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Pategras.

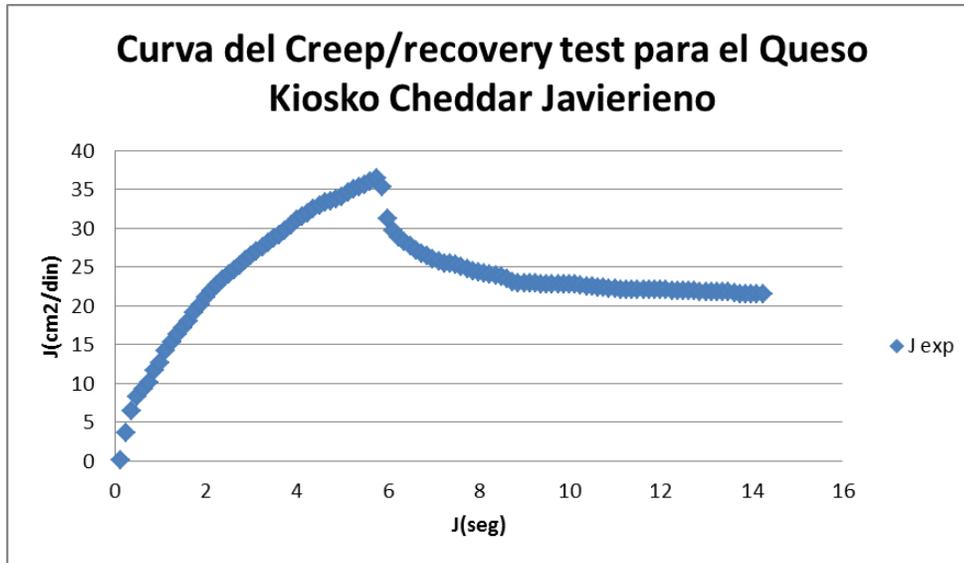


Figura 4.59: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Cheddar Javiereno.

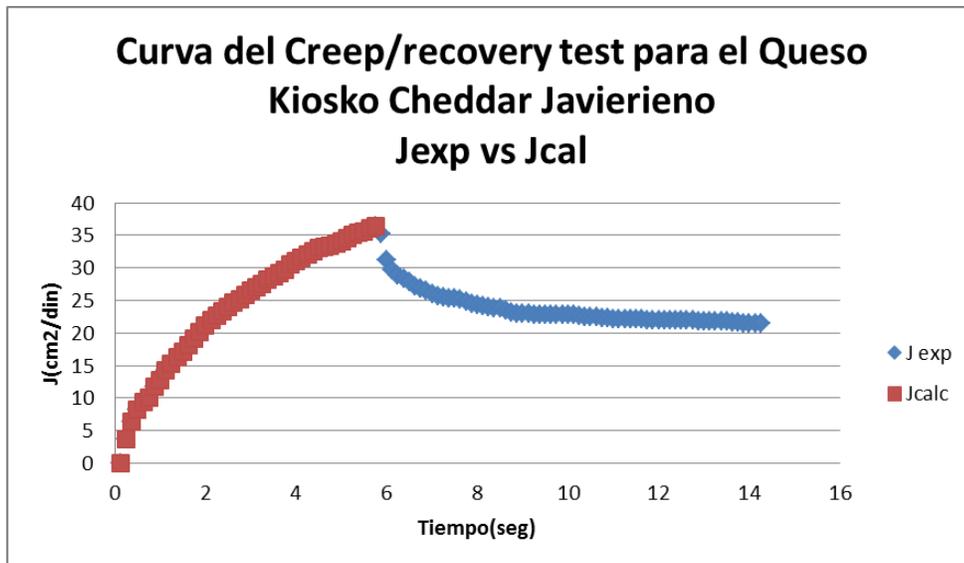


Figura 4.60: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Cheddar Javiereno.

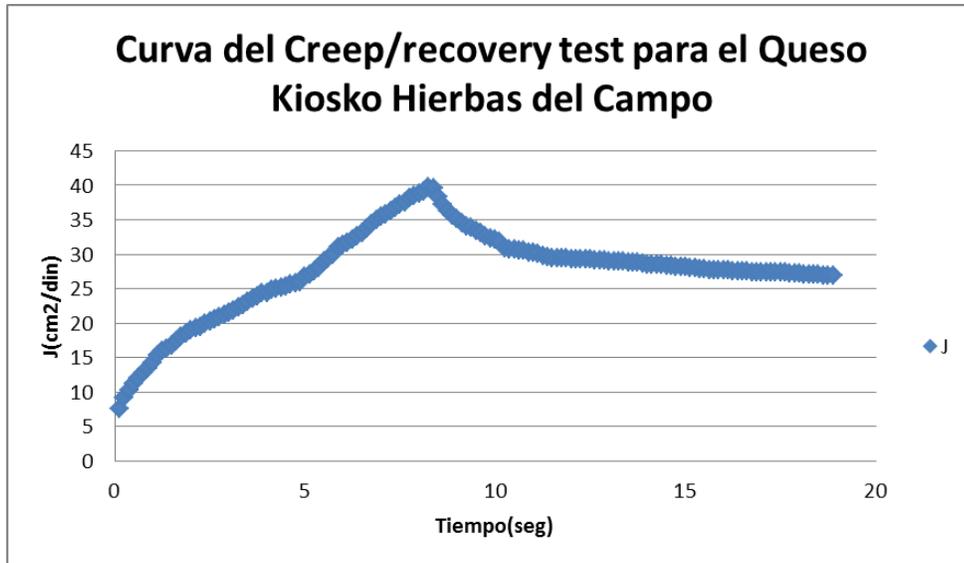


Figura 4.61: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Hierbas del Campo.

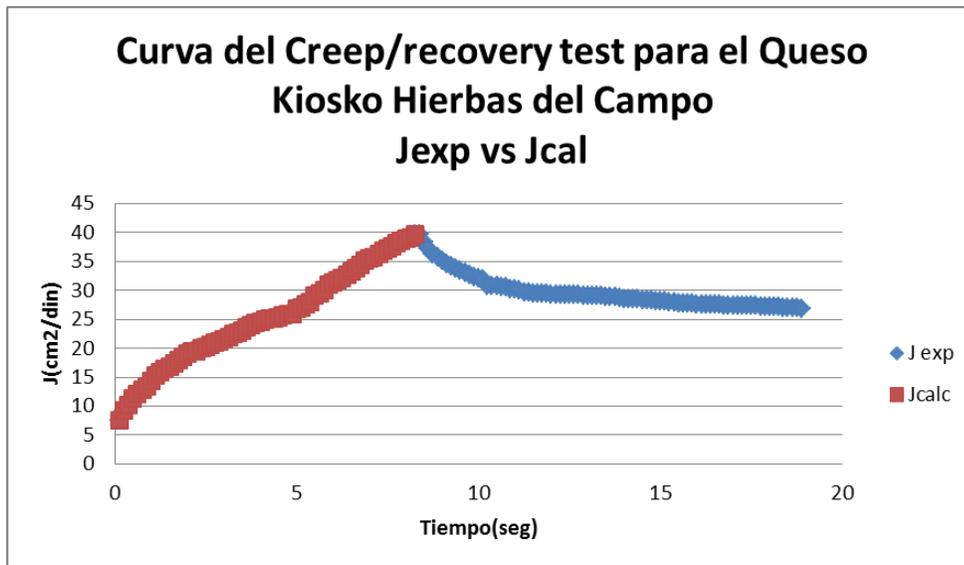


Figura 4.62: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Hierbas del Campo.

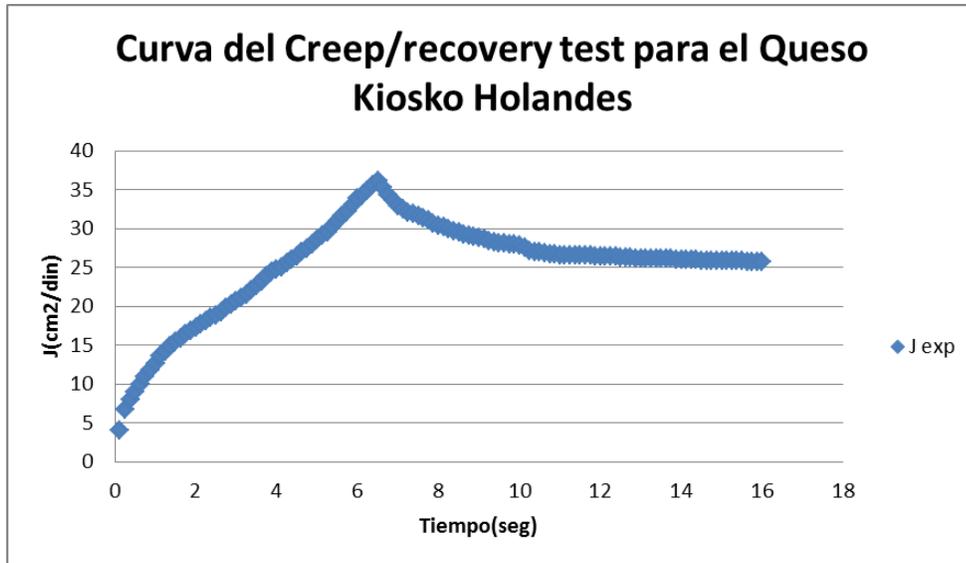


Figura 4.63: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Holandes.

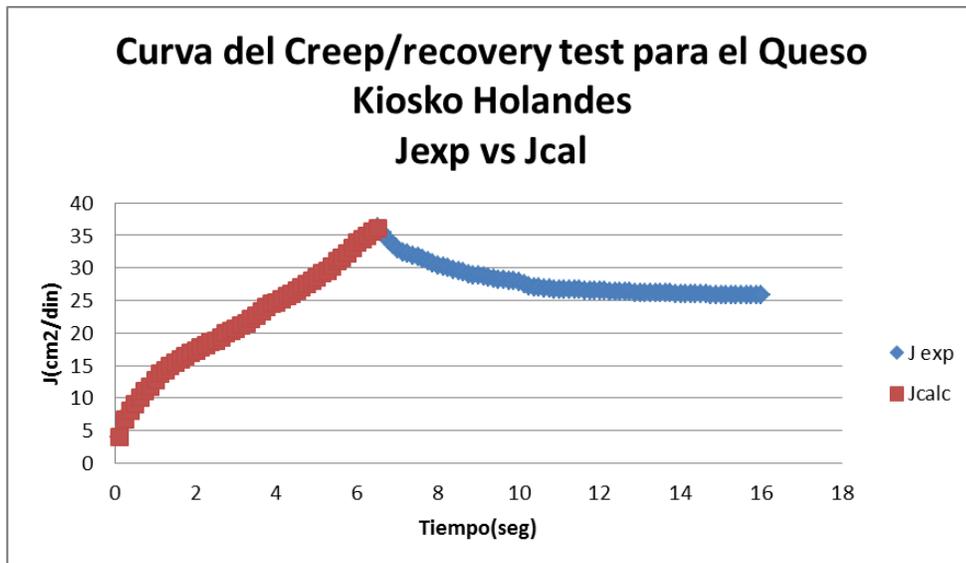


Figura 4.64: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Holandes.

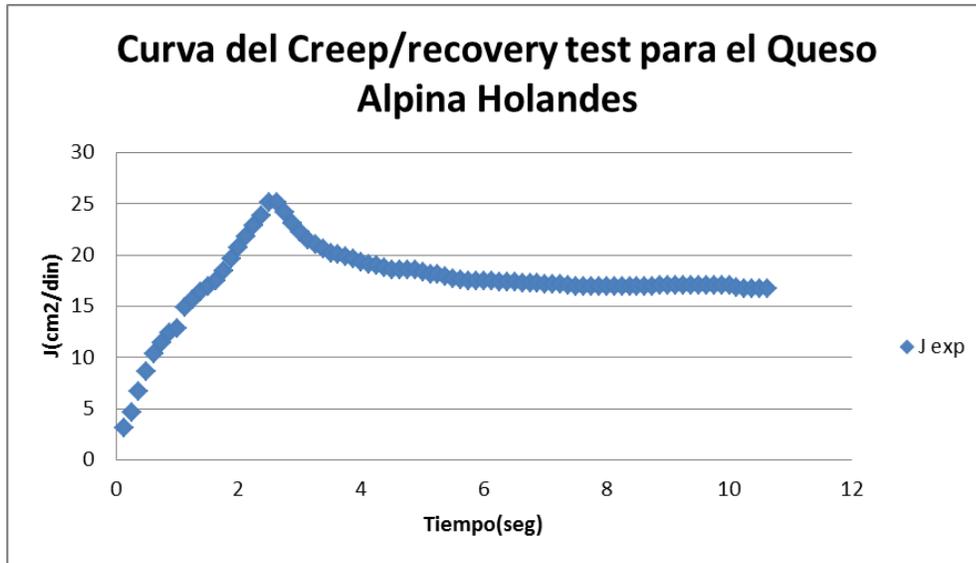


Figura 4.65: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Alpina Holandés.

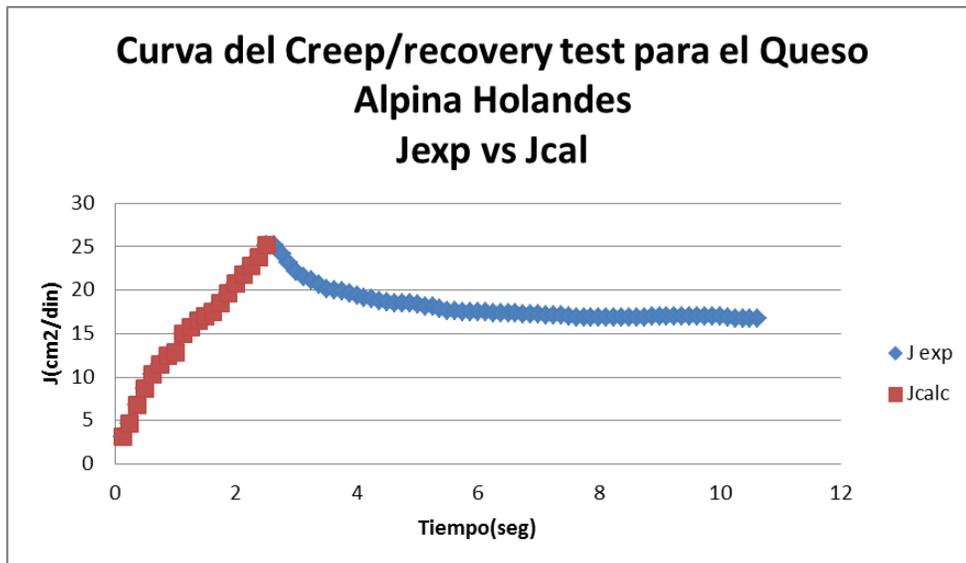


Figura 4.66: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Alpina Holandés.

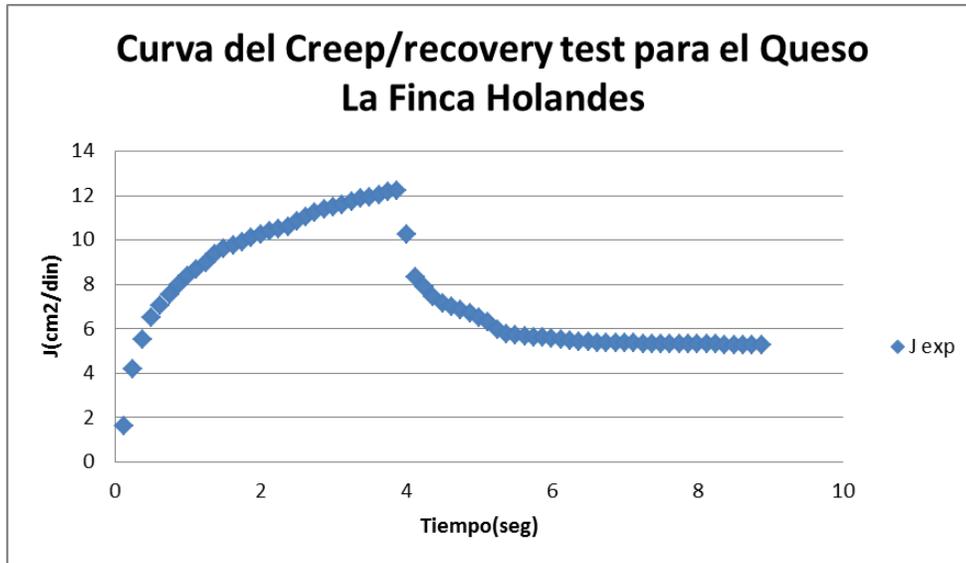


Figura 4.67: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Holandes.

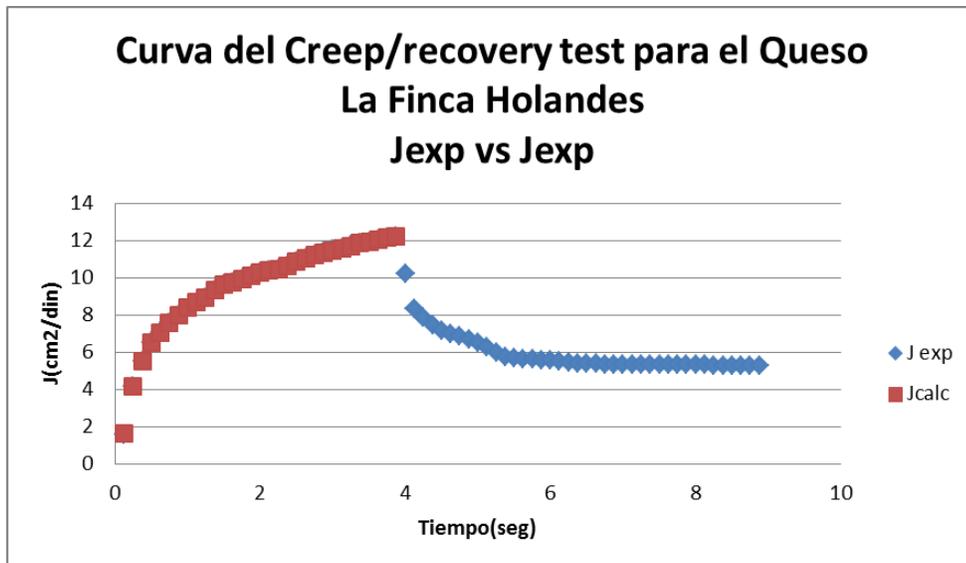


Figura 4.68: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Holandes.

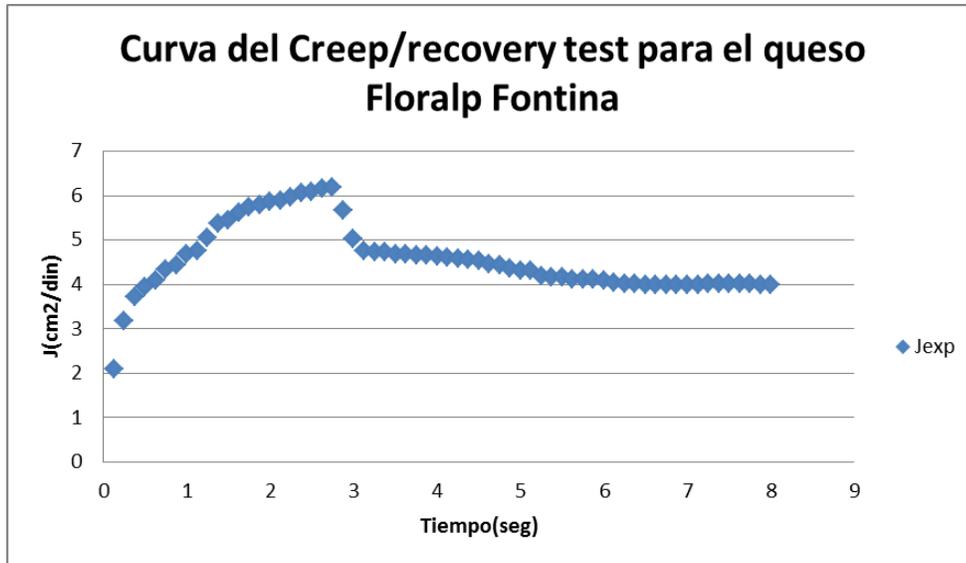


Figura 4.69: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Fontina.

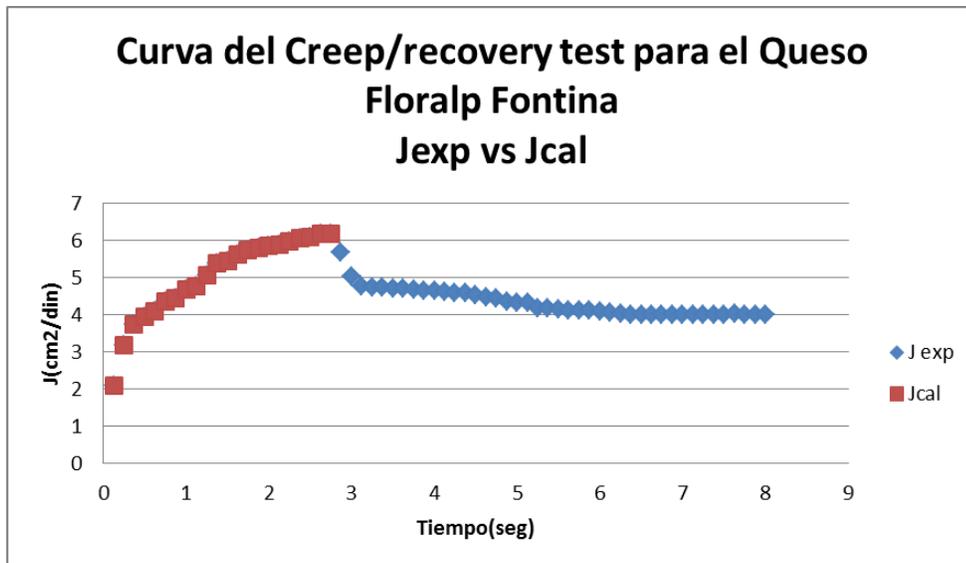


Figura 4.70: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Fontina.

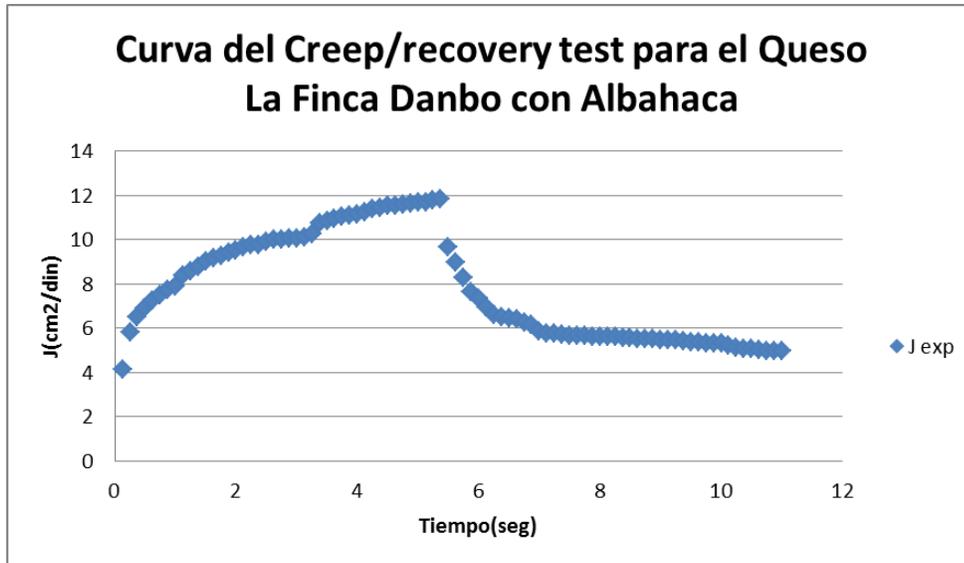


Figura 4.71: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Danbo con Albahaca.

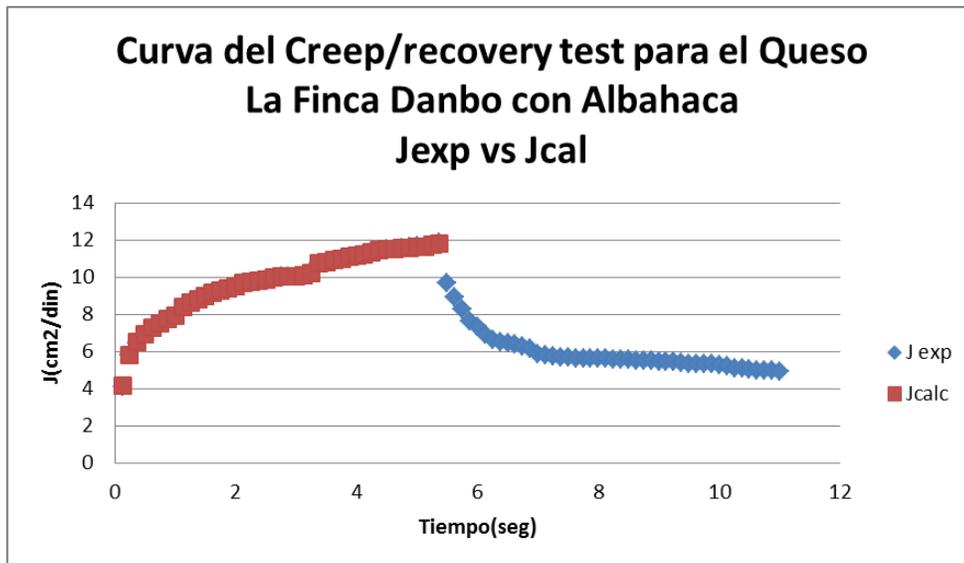


Figura 4.72: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Danbo con Albahaca.

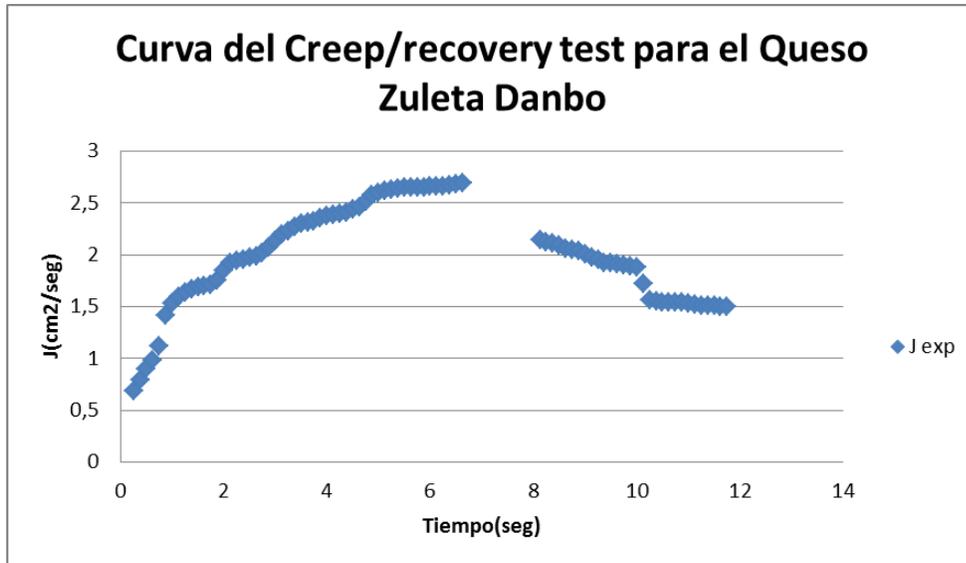


Figura 4.73: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Danbo.

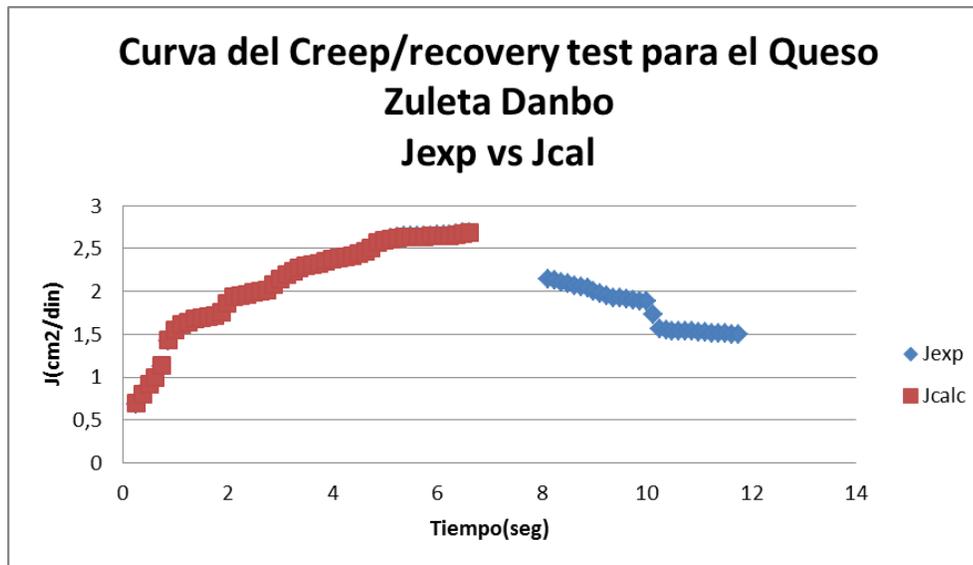


Figura 4.74: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Danbo.

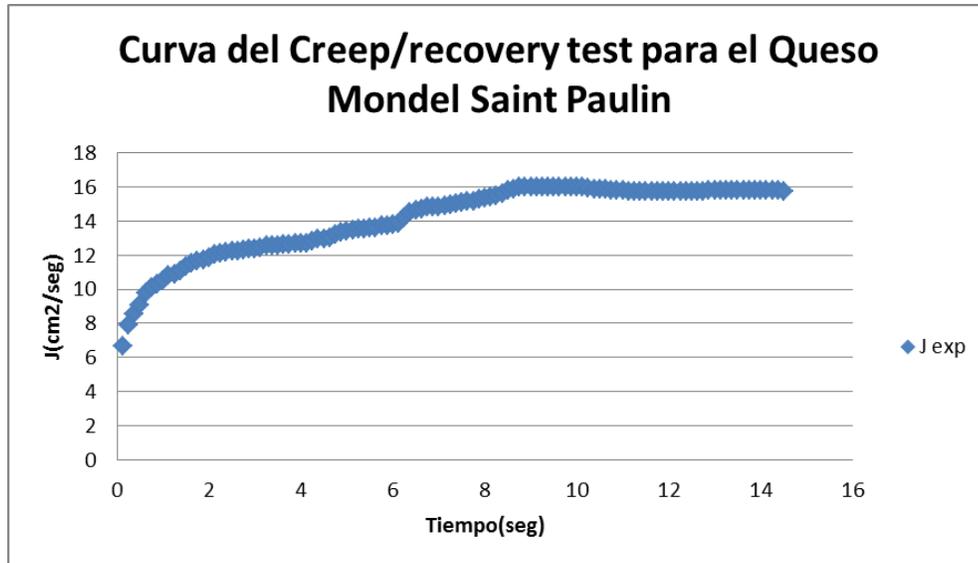


Figura 4.75: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Saint Paulin.

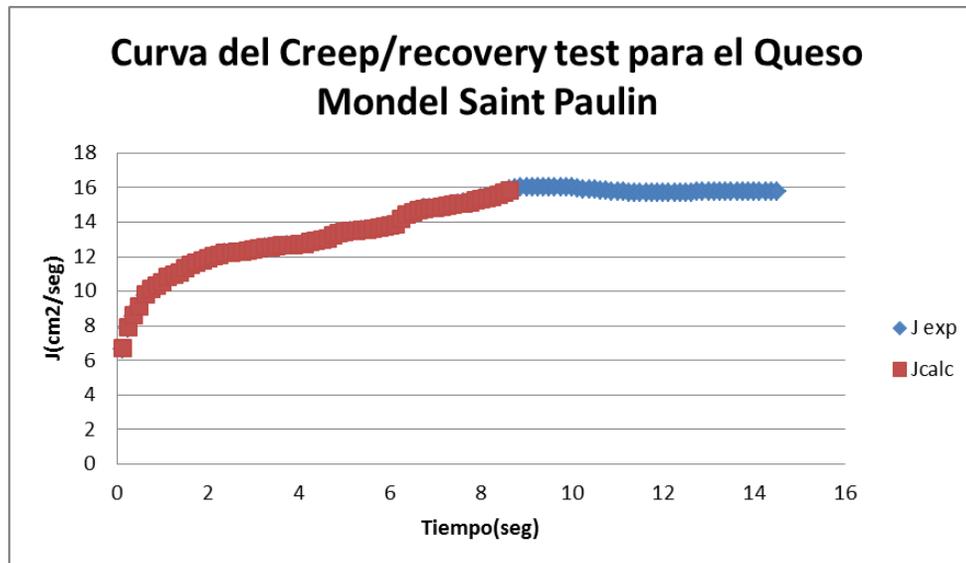


Figura 4.76: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Saint Paulin.

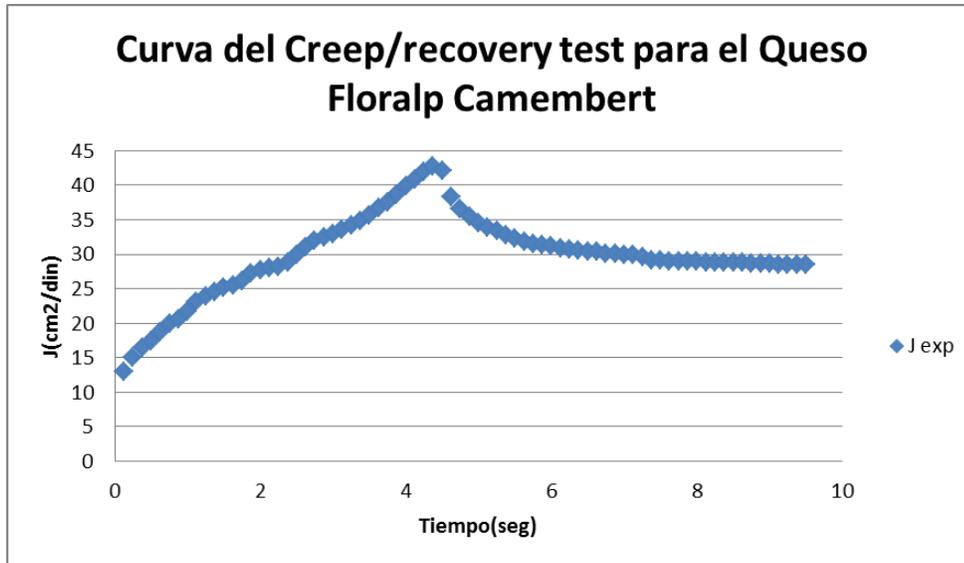


Figura 4.77: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Camembert.

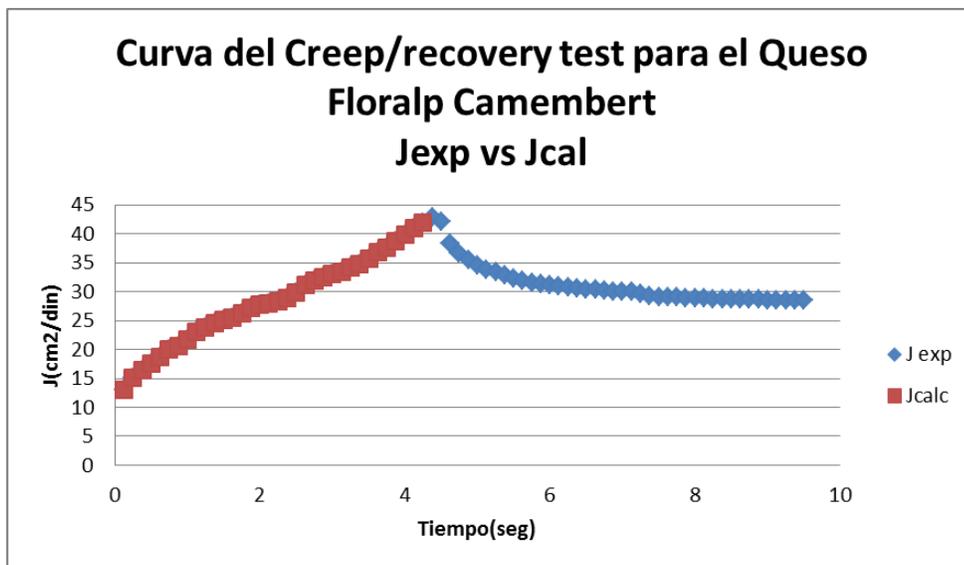


Figura 4.78: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Camembert.

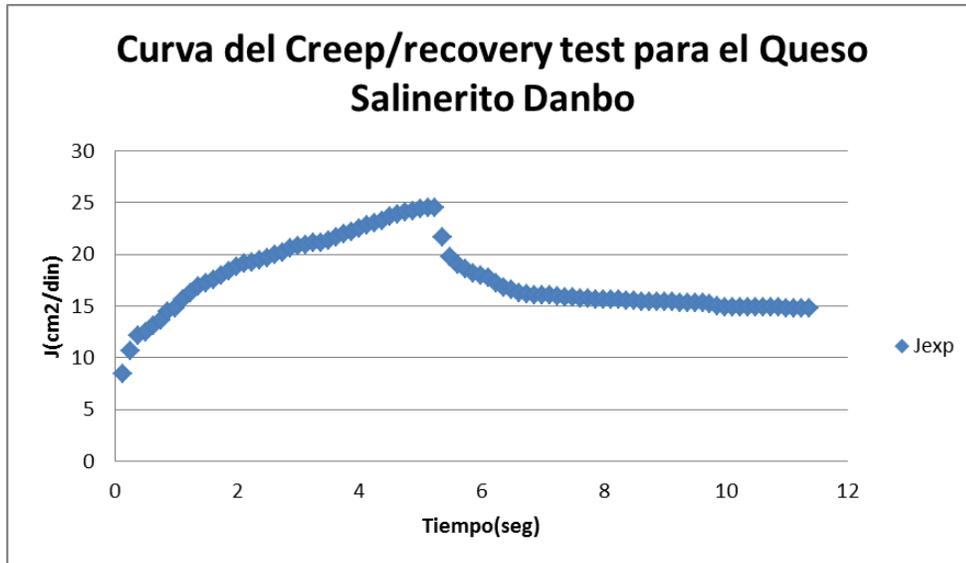


Figura 4.79: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Danbo.

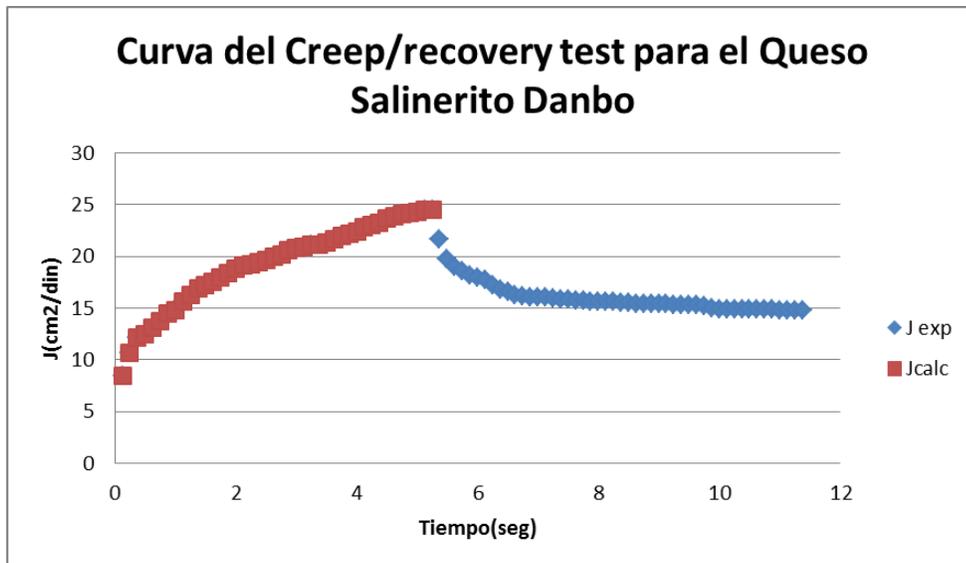


Figura 4.80: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Danbo.

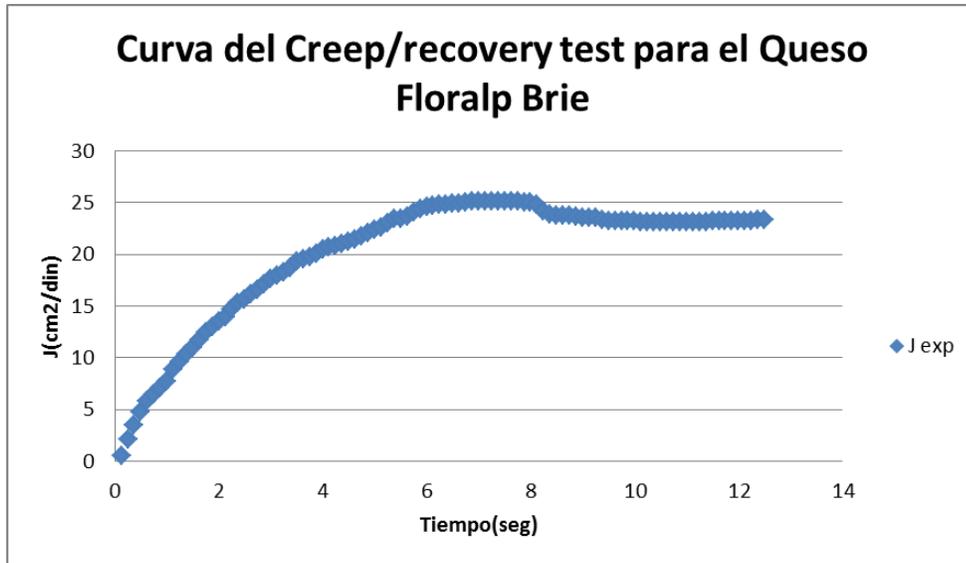


Figura 4.81: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Brie.

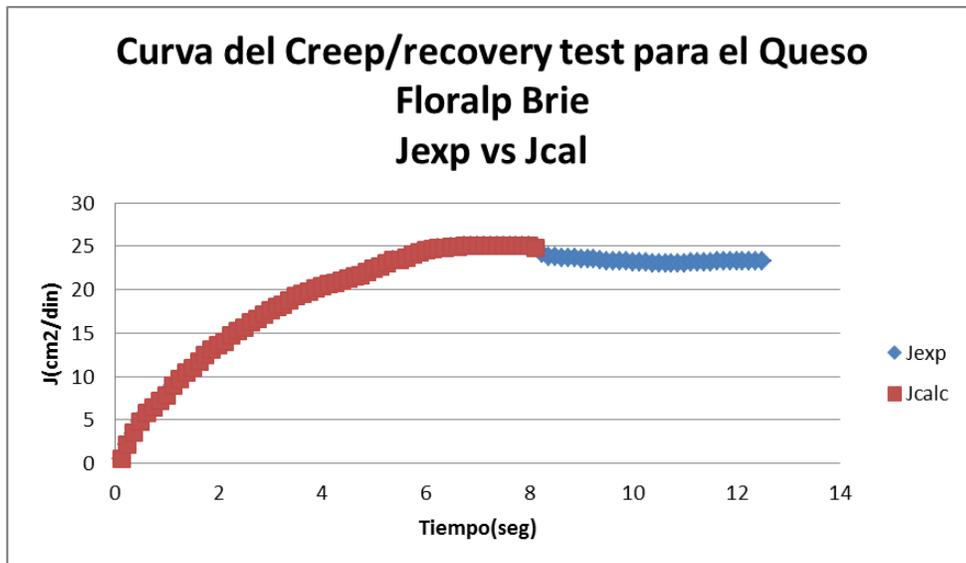


Figura 4.82: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Brie.

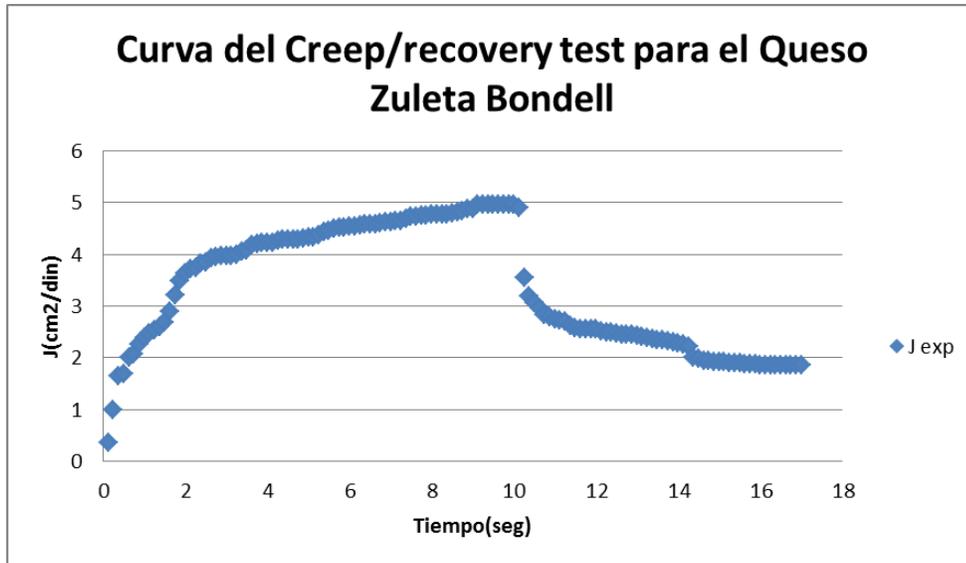


Figura 4.83: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Bondell.

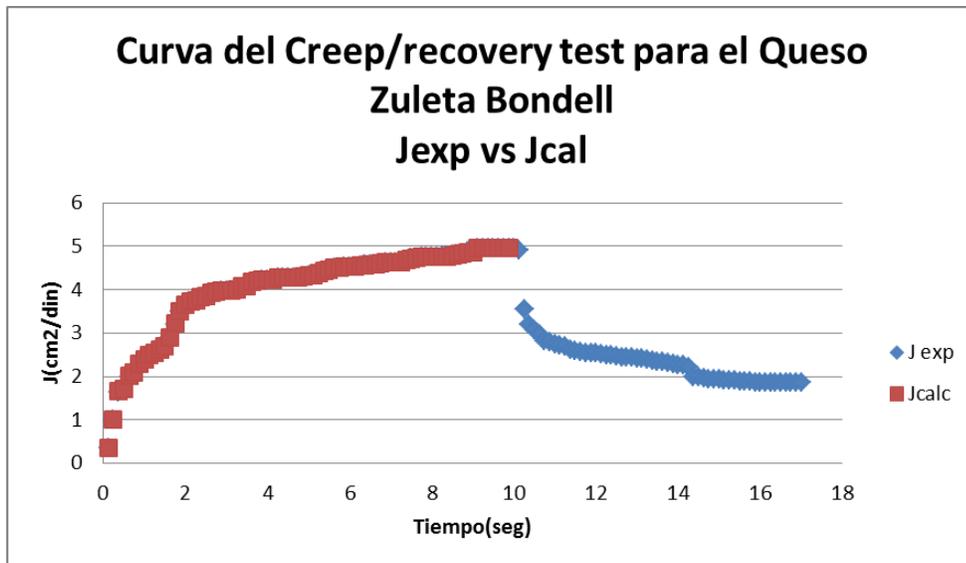


Figura 4.84: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Bondell.

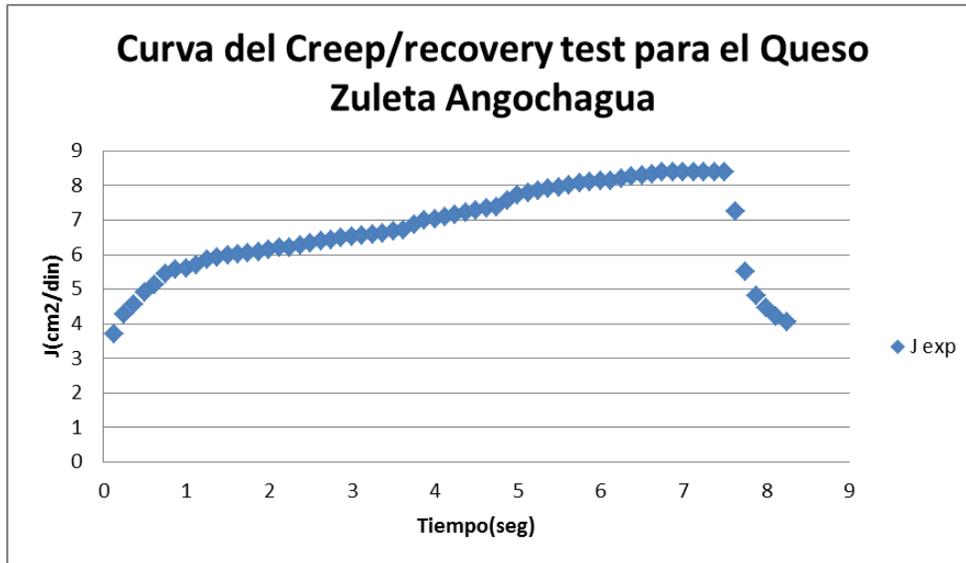


Figura 4.85: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Angochagua.

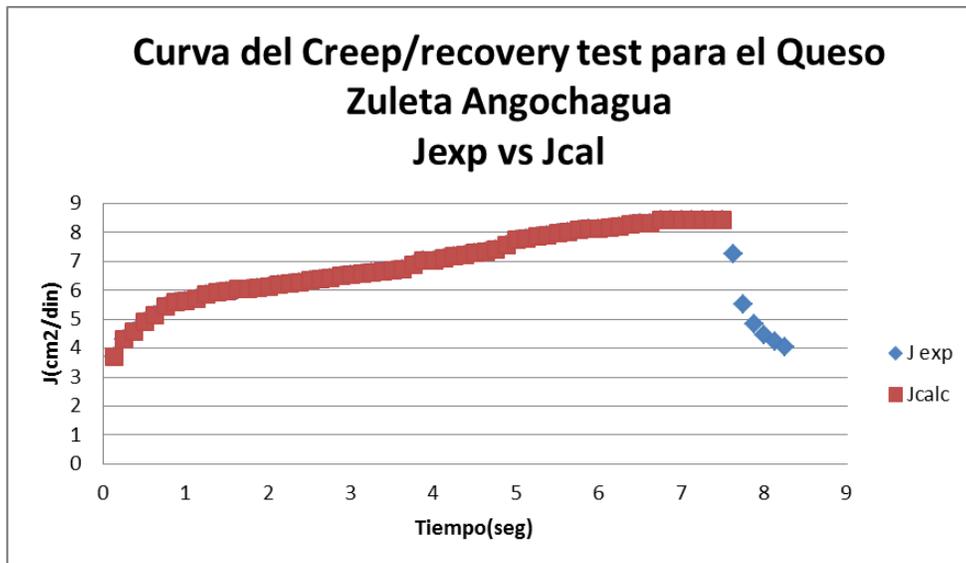


Figura 4.86: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Angochagua.

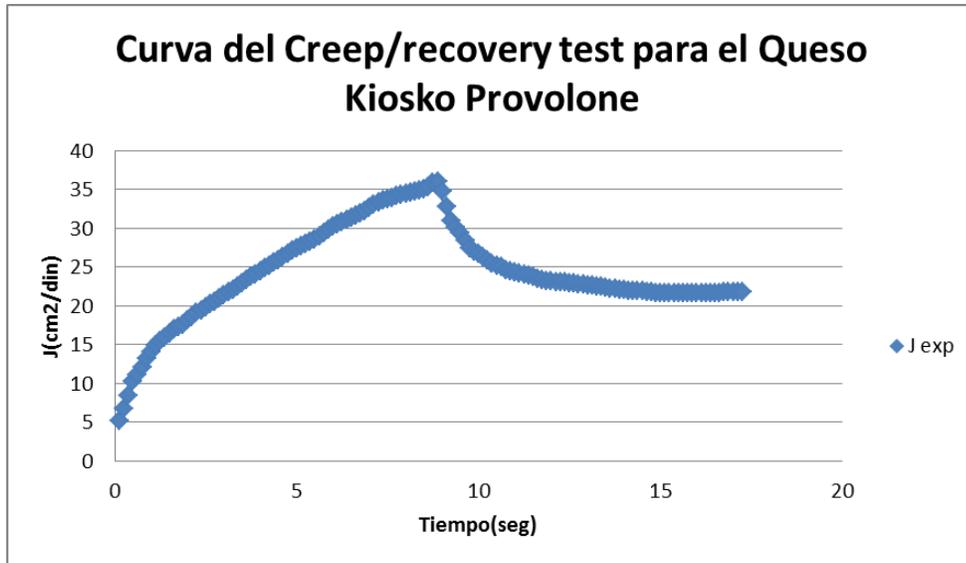


Figura 4.87: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Provolone.

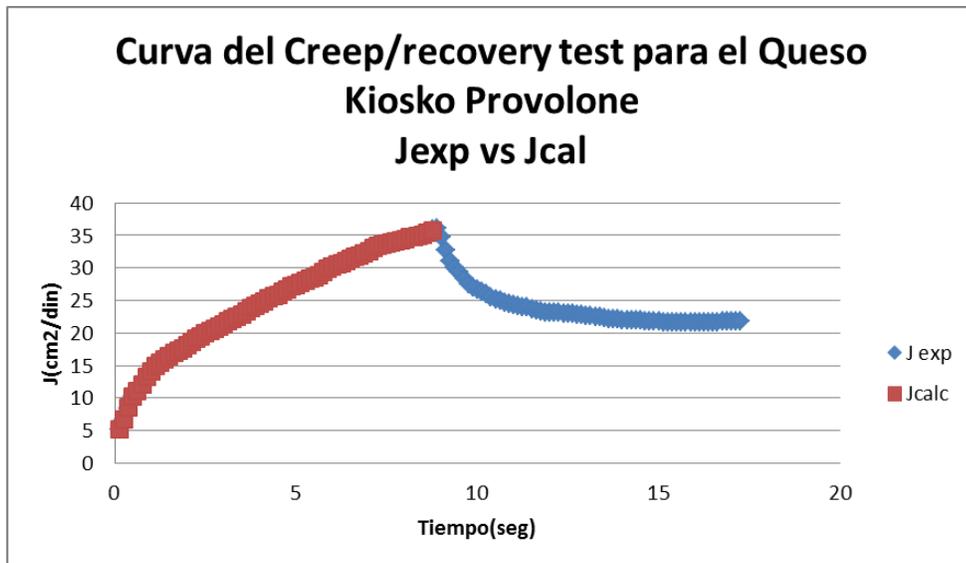


Figura 4.88: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Kiosko Provolone.

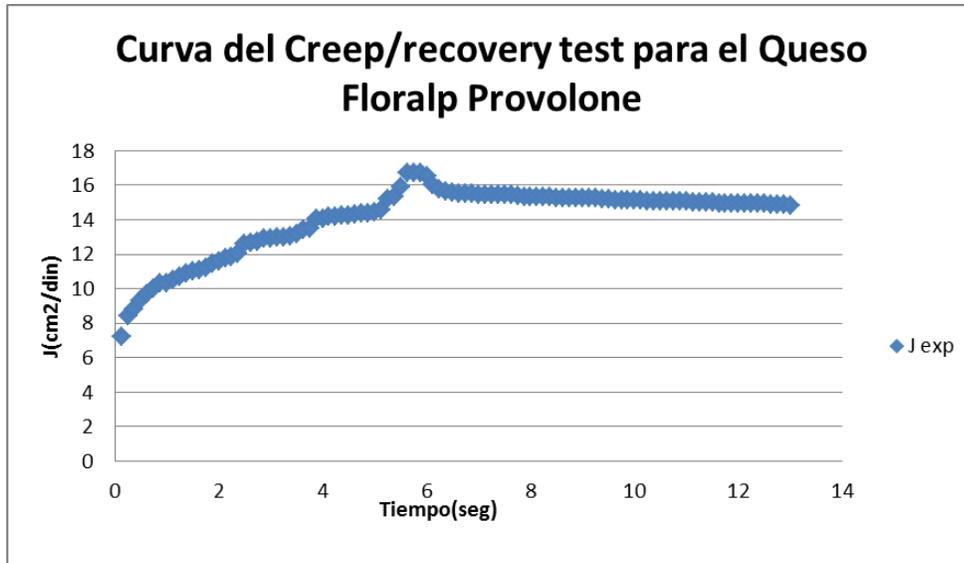


Figura 4.89: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Provolone.

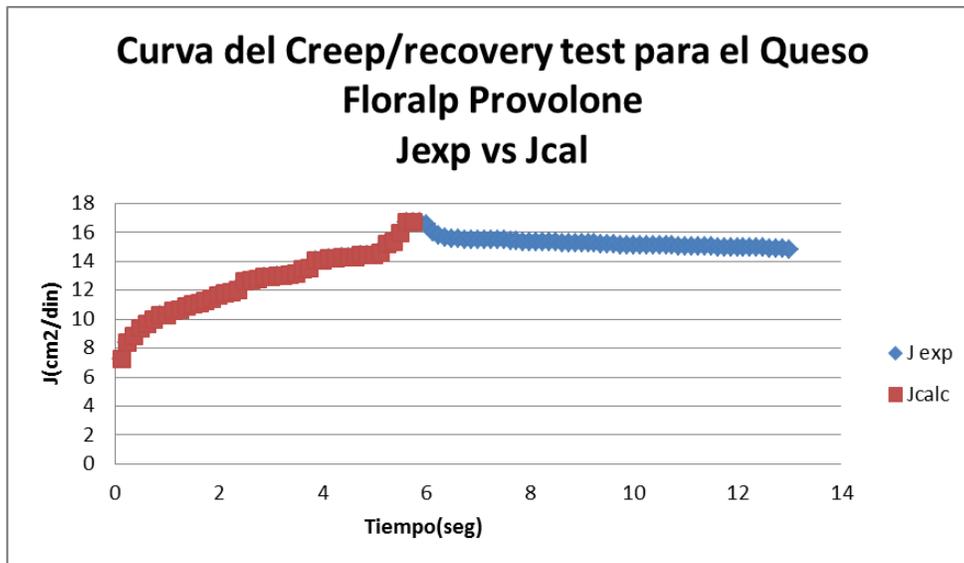


Figura 4.90: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Provolone.

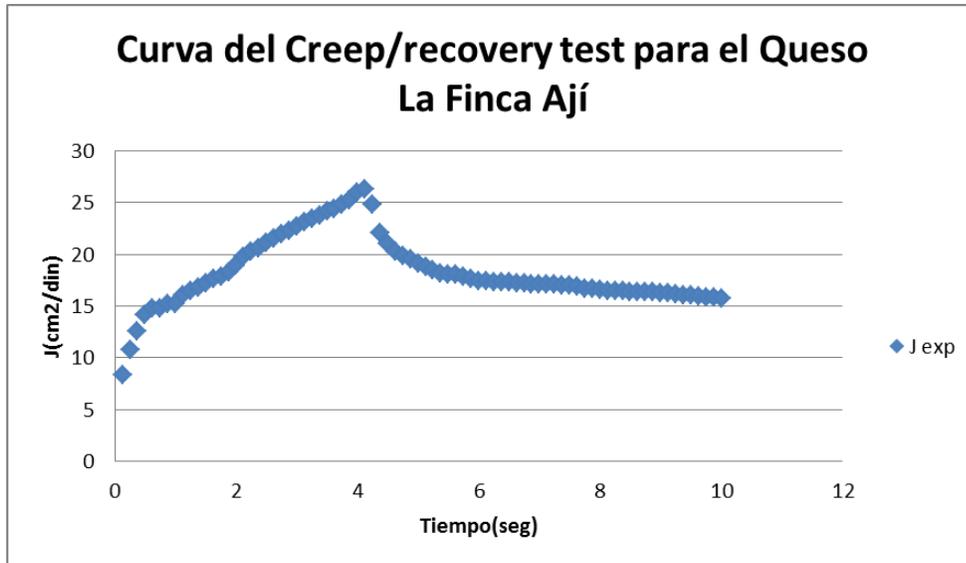


Figura 4.91: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Ají.

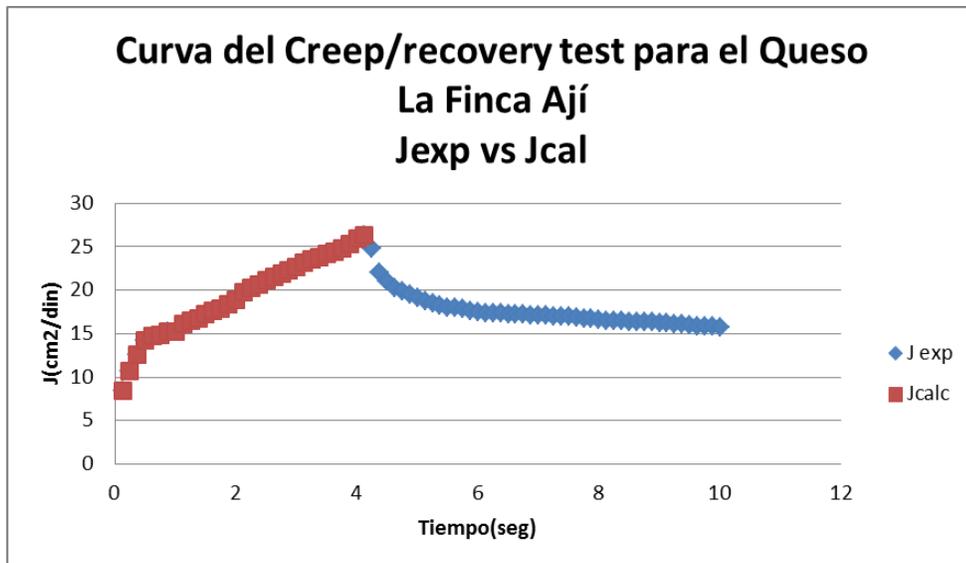


Figura 4.92: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Ají.

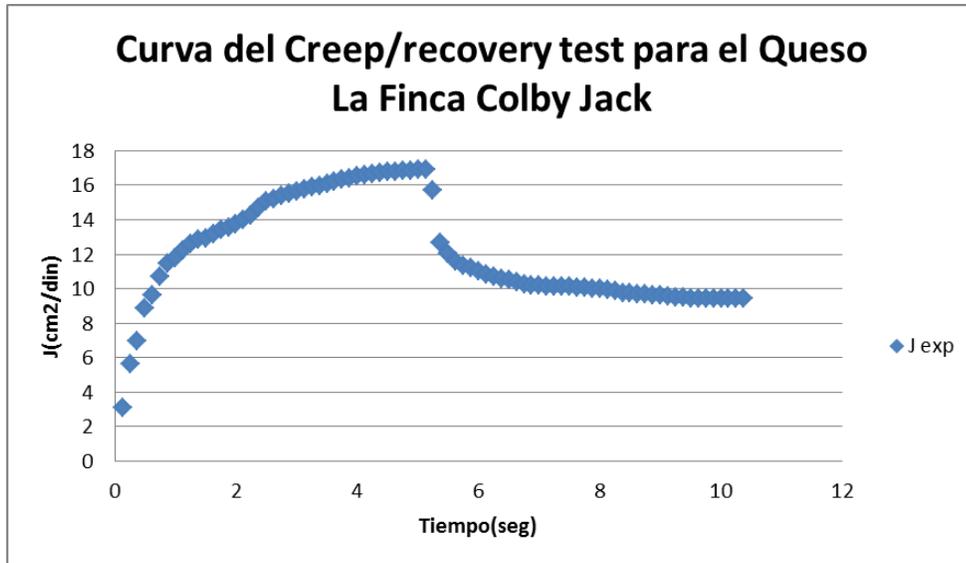


Figura 4.93: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso La Finca Colby Jack.

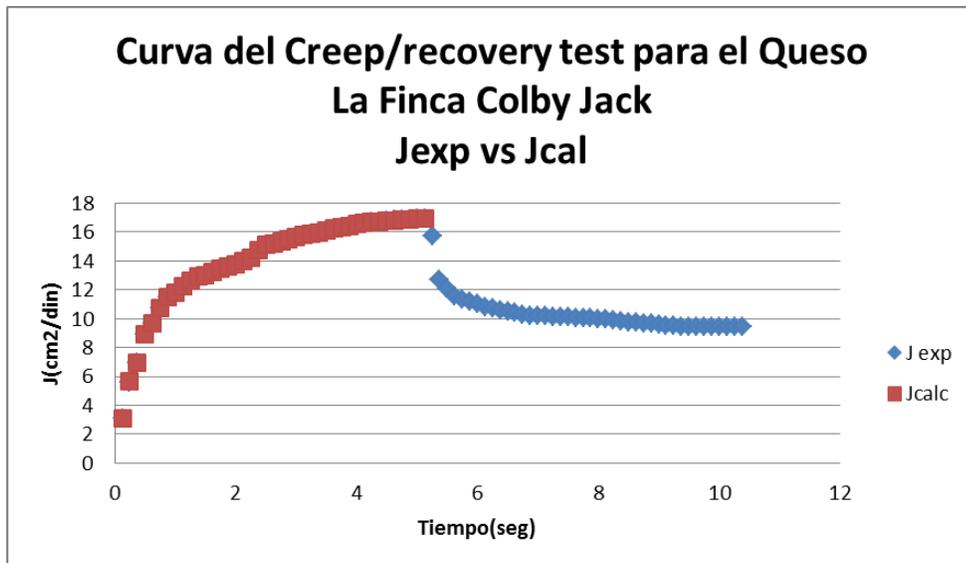


Figura 4.94: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso La Finca Colby Jack.

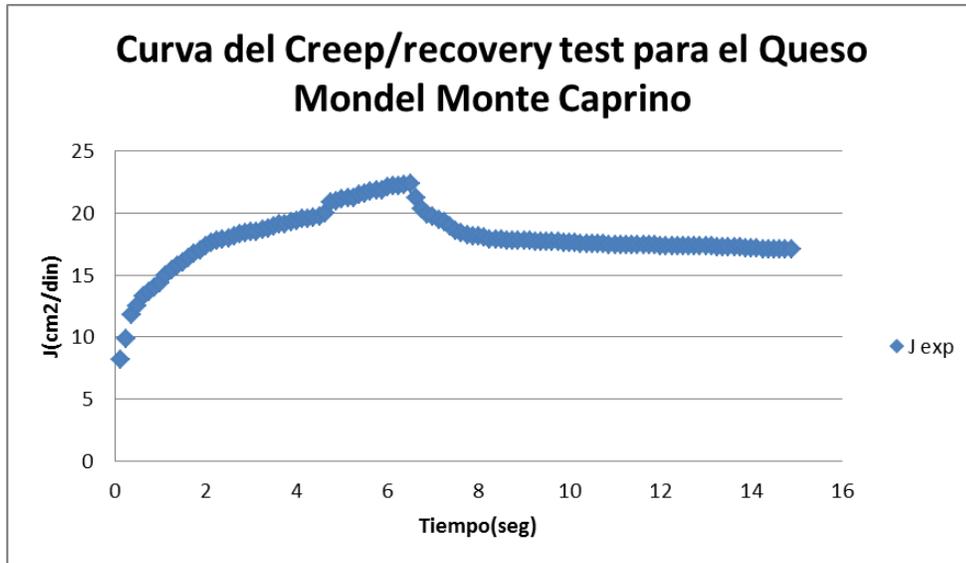


Figura 4.95: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Monte Caprino.

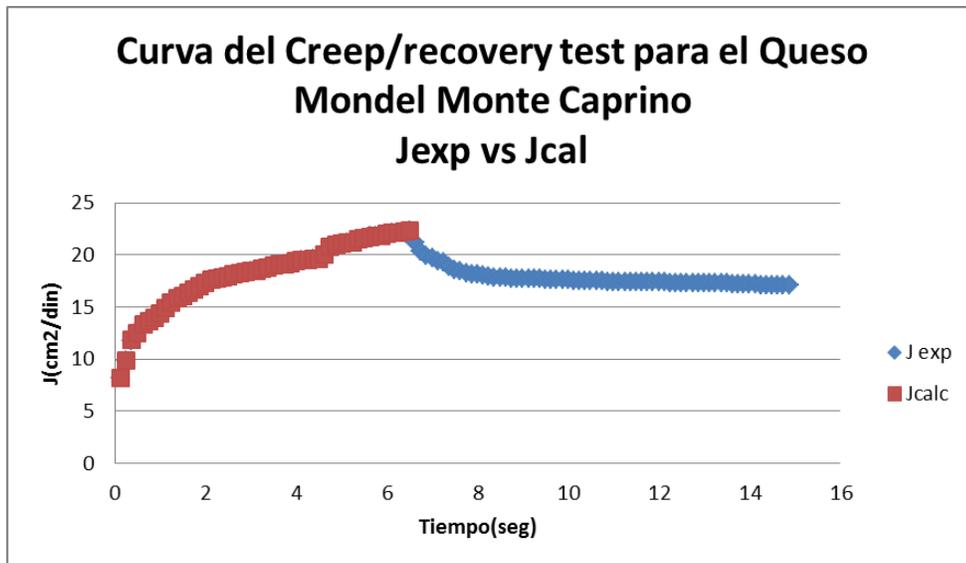


Figura 4.96: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Monte Caprino.

### 4.1.3 Resultados Creep Recovery Test Grupo 3

La tabla 4.6 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados con el modelo de Burger para el grupo 3. Dónde:

$J_0$  : Es el cumplimiento instantáneo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$J_1$  : Es el cumplimiento de retardo, en la prueba del Creep Recovery Test.

$\lambda_{ret}$  : Es el tiempo de retardo, en la prueba de Creep Recovery Test.

$\mu_0$  : Es la deformación residual, en la prueba de Creep Recovery Test.

En el grupo 3 los valores de  $J_0$ , en las muestras analizadas, son cero, por lo que el cumplimiento instantáneo en la prueba de Creep Recovery Test, es cero, los valores de  $J_1$  en las muestras demuestran que a valores altos de cumplimiento de retardo, presentan una mayor deformación, y con valores bajos de cumplimiento de retardo presentan una menor deformación, como es en el caso del queso Mondel Andean Blue, que presenta el valor más alto de  $J_1$ , en este grupo no se tiene valores muy altos de  $J_1$ , debido a la textura de los mismos, que es una textura dura, a excepción de los quesos azules, los cuales tienen una textura blanda.

Los tiempos de retardo se relacionan con la velocidad, con la cual es alcanzada la máxima deformación, es así que el queso Zuleta Don Galo es el que tiene la más alta velocidad de deformación, del grupo 3, el parámetro  $\mu_0$  representa la deformación residual, en el grupo 3 se encuentra entre un valor de 1 a 1.5  $\text{din}\cdot\text{seg}/\text{cm}^2$ .

**Tabla 4.6:** Resultados del Modelo de Burger: Grupo 3

<b>MUESTRA</b>	<b>J0</b>	<b>J1</b>	<b><math>\lambda</math> ret</b>	<b><math>\mu_0</math></b>
	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>cm<sup>2</sup>/din</b>	<b>seg</b>	<b>din*s/cm<sup>2</sup></b>
Mondel Andean Blue	0	21,379	54,968	1,471
Zuleta Blue	0	7,220	20,716	1,410
Floralp Raclette	0	6,005	41,475	1,153
Floralp Parmesano	0	3,031	41,485	1,075
Floralp Gruyere	0	2,445	11,508	1,238
Salinerito Gruyere	0	6,768	80,704	1,087
Zuleta Don Galo	0	5,507	218,804	1,025
Salinerito Andino	0	7,456	68,351	1,112
Salinerito Tilsit	0	12,599	92,151	1,145

Los datos obtenidos en el grupo 3 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado el cumplimiento experimental (J) y el cumplimiento calculado (Jcal) de los parámetros del modelo de Burger. Las muestras analizadas del grupo 3 tienen un comportamiento viscoelástico. (Gráficas 4.97 a 4.114).

#### 4.1.3.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Creep Recovery Test. Grupo 3

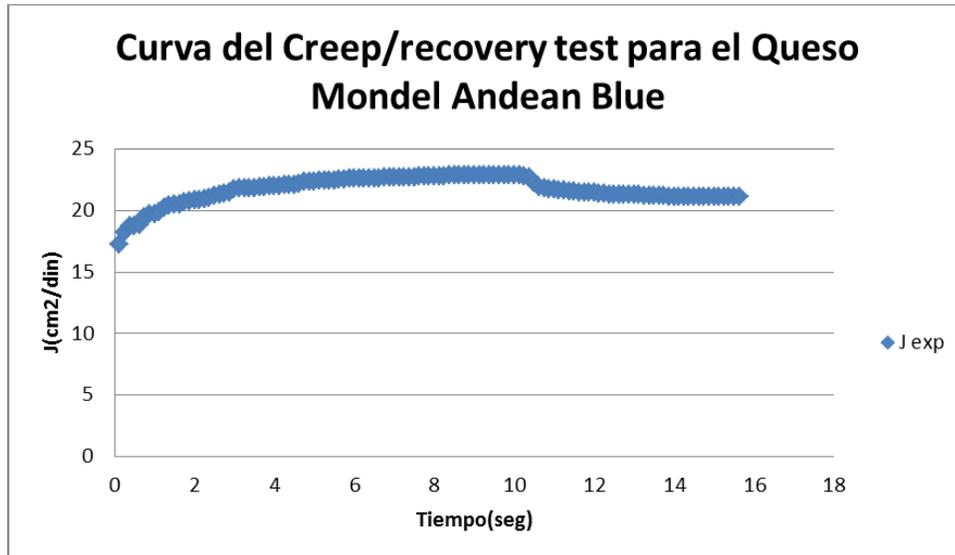


Figura 4.97: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Mondel Andean Blue.

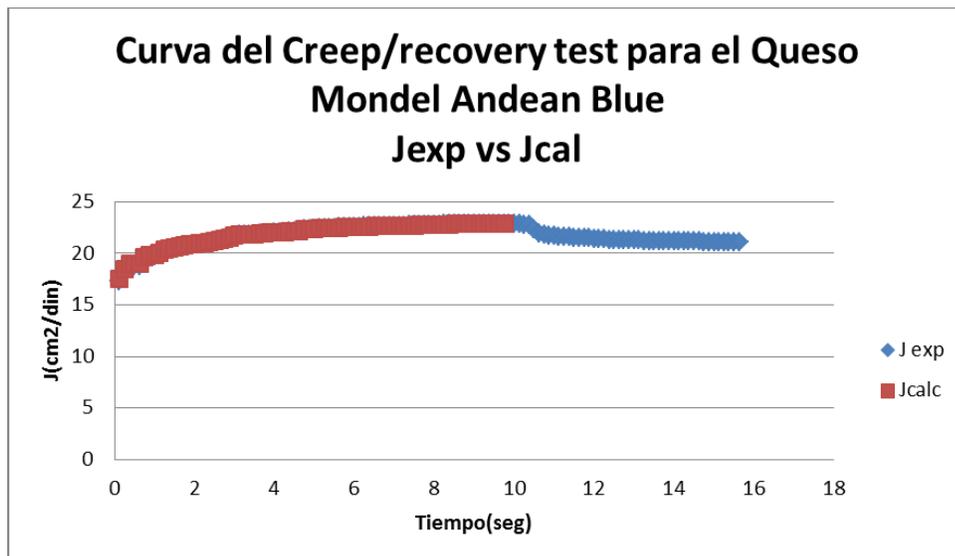


Figura 4.98: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Mondel Andean Blue.

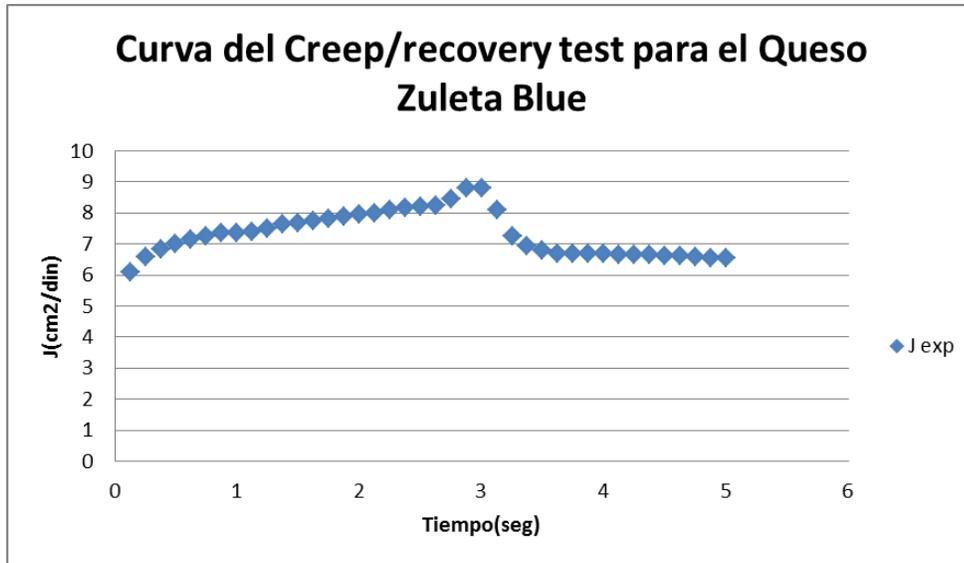


Figura 4.99: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Blue.

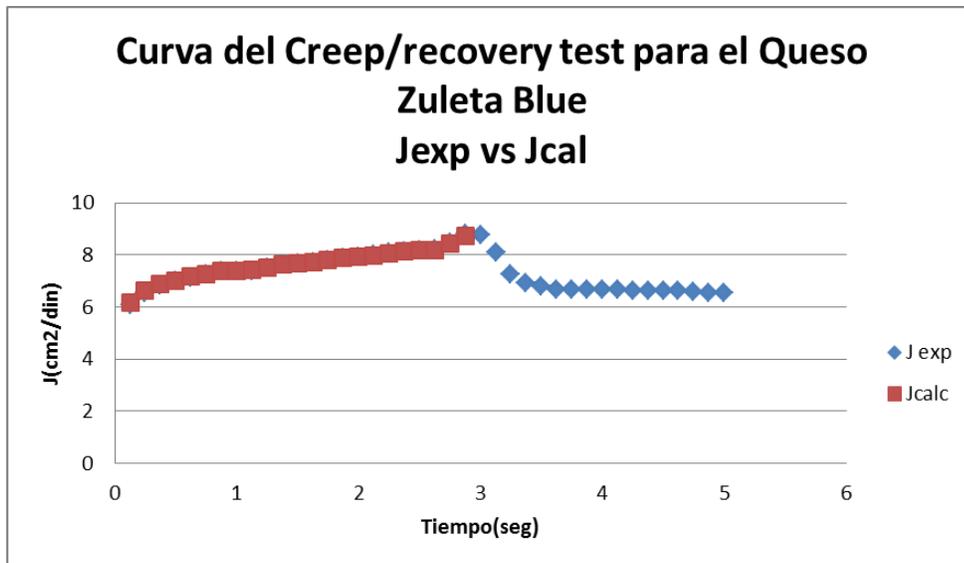


Figura 4.100: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Blue.

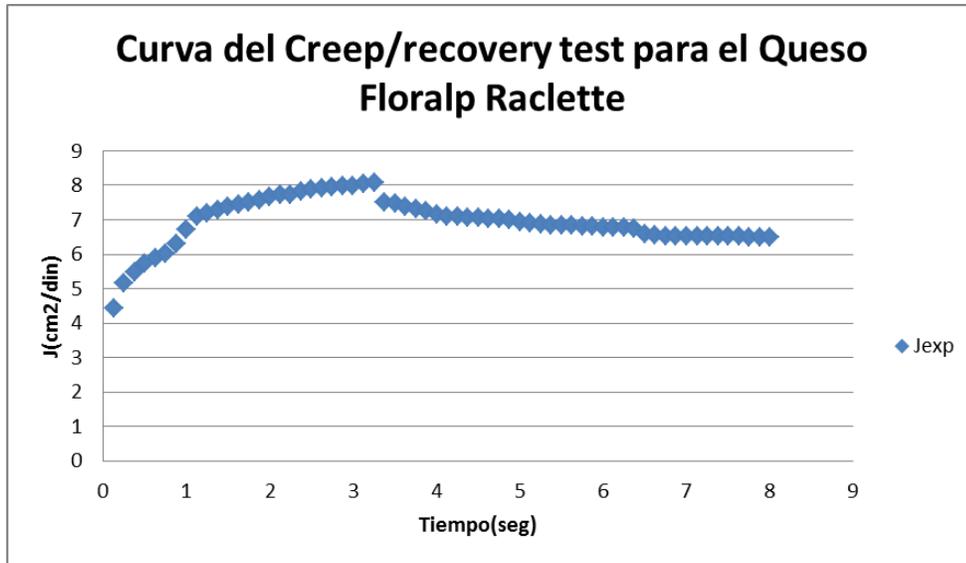


Figura 4.101: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Raclette.

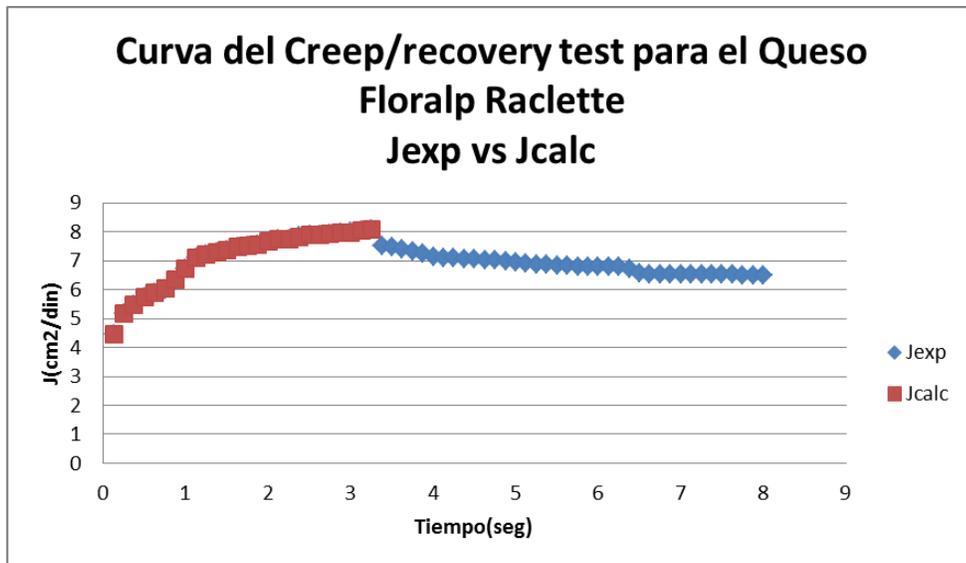


Figura 4.102: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Raclette.

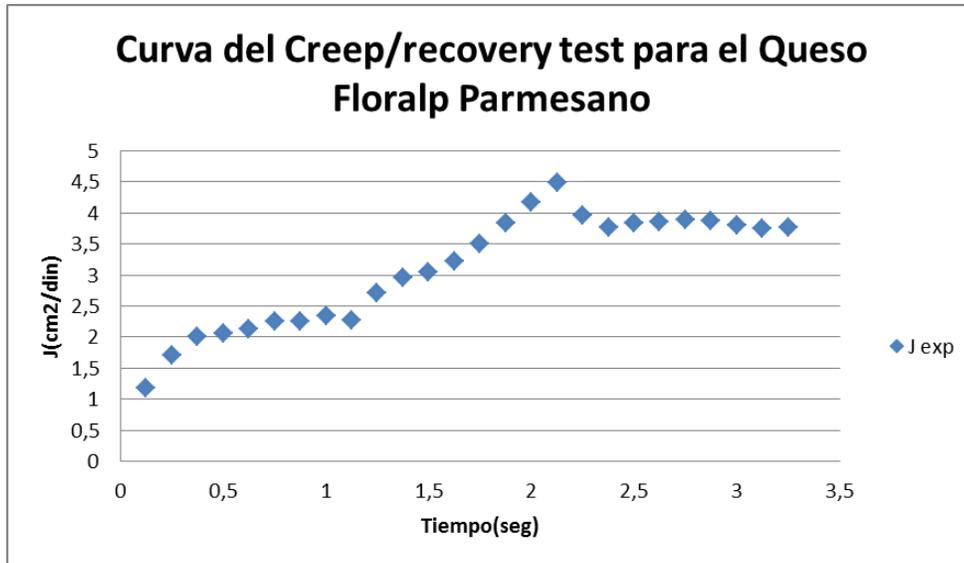


Figura 4.103: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Parmesano.

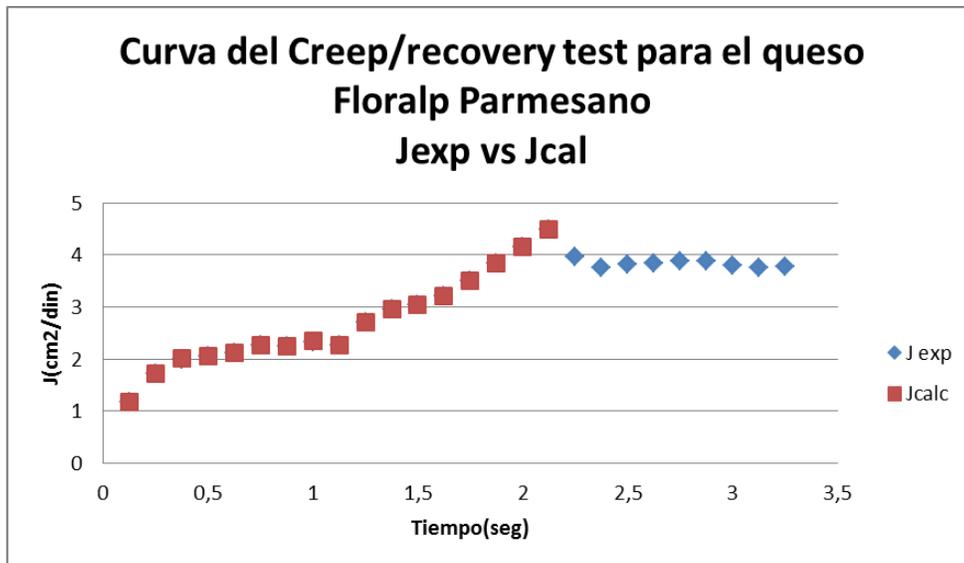


Figura 4.104: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Parmesano.

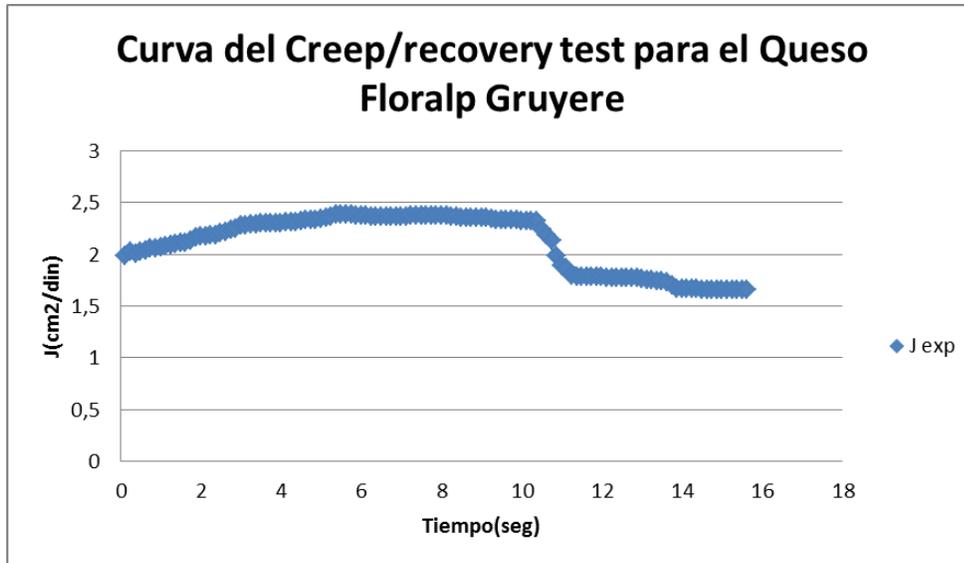


Figura 4.105: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Floralp Gruyere.

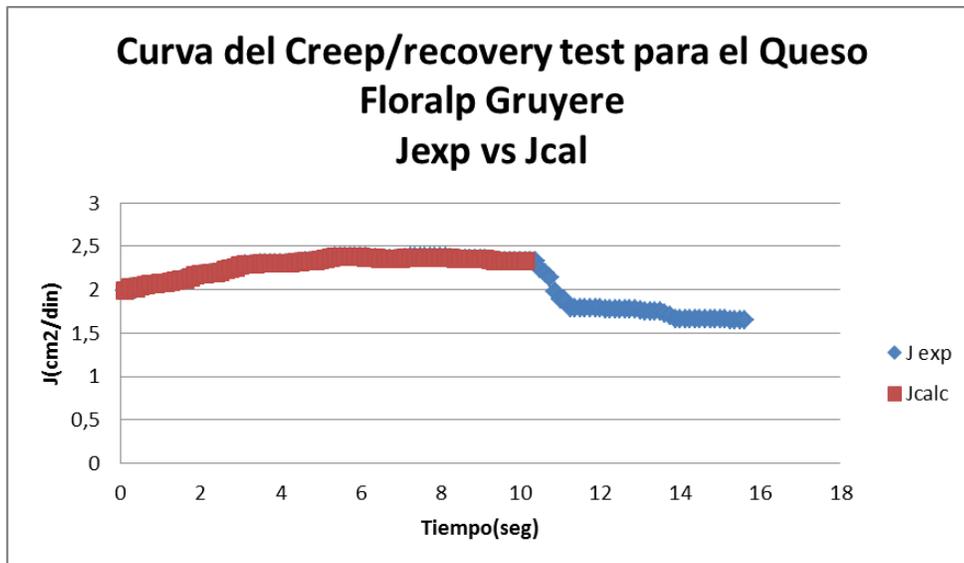


Figura 4.106: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Floralp Gruyere.

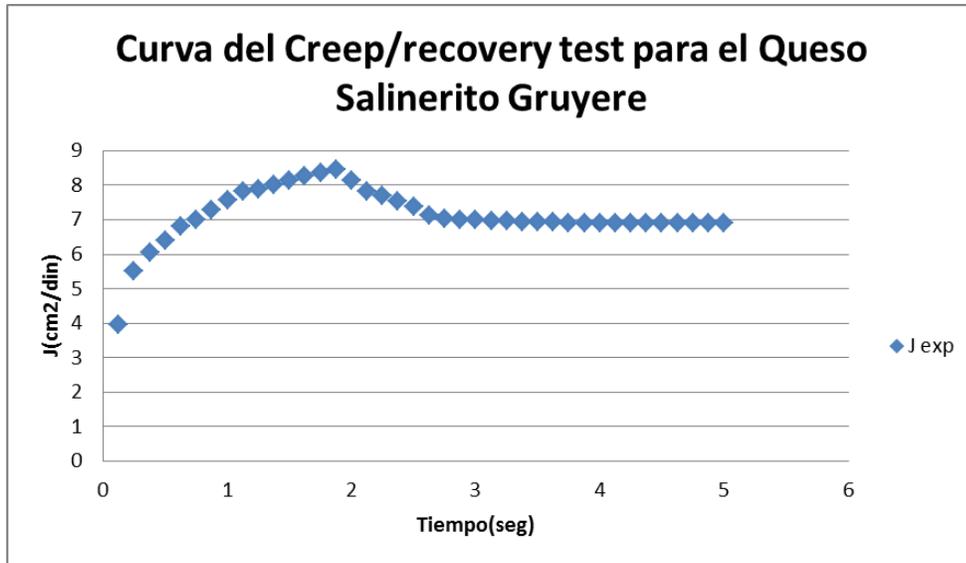


Figura 4.107: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Gruyere.

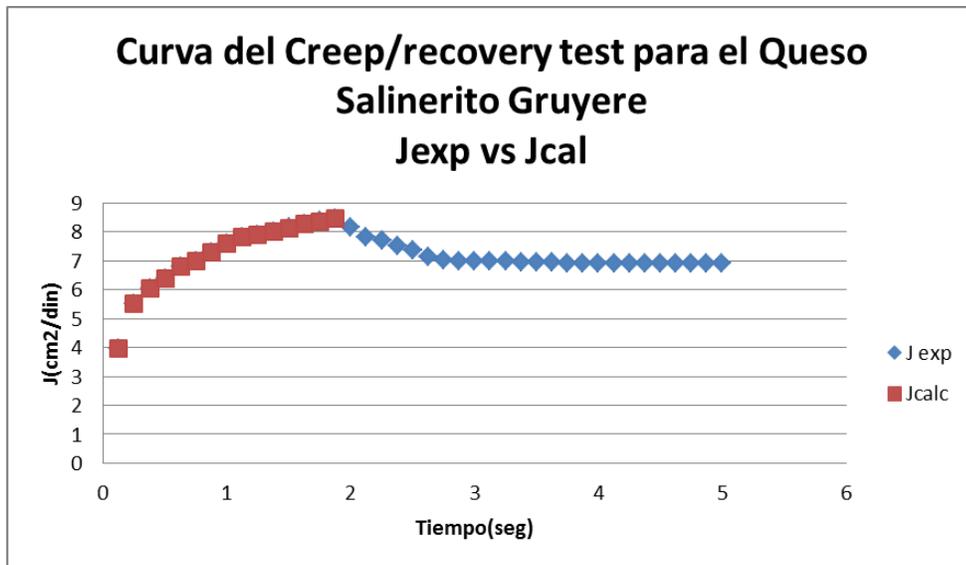


Figura 4.108: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Gruyere.

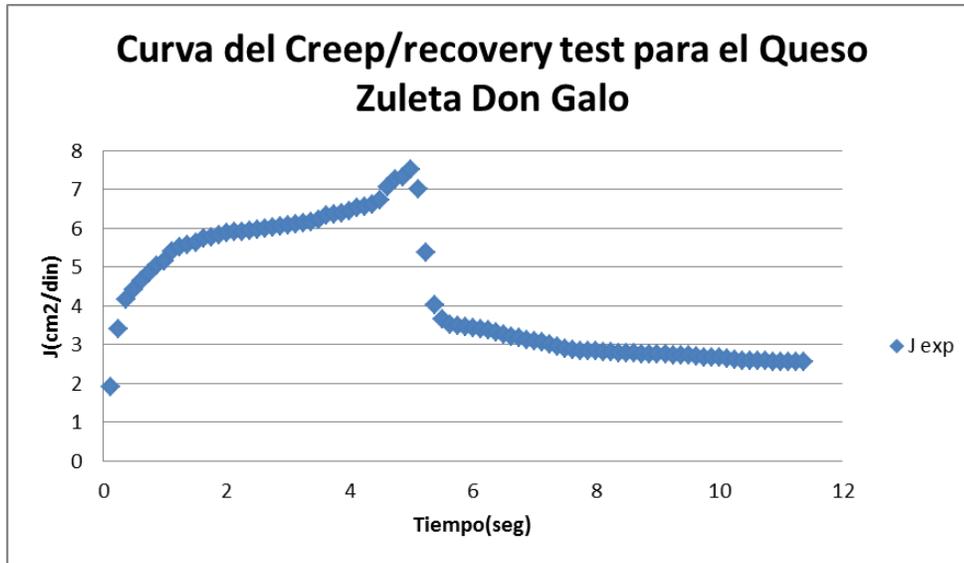


Figura 4.109: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Don Galo.

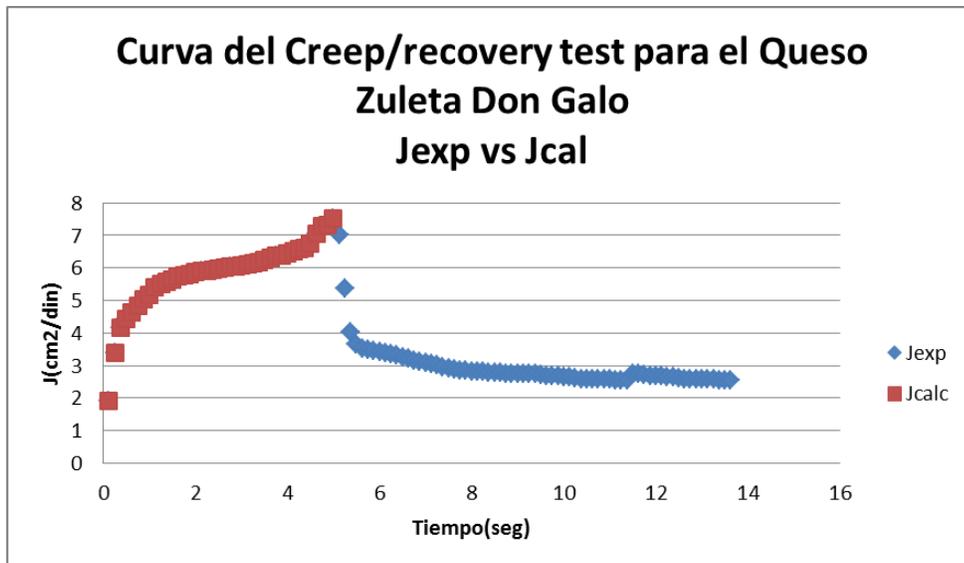


Figura 4.110: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Zuleta Don Galo.

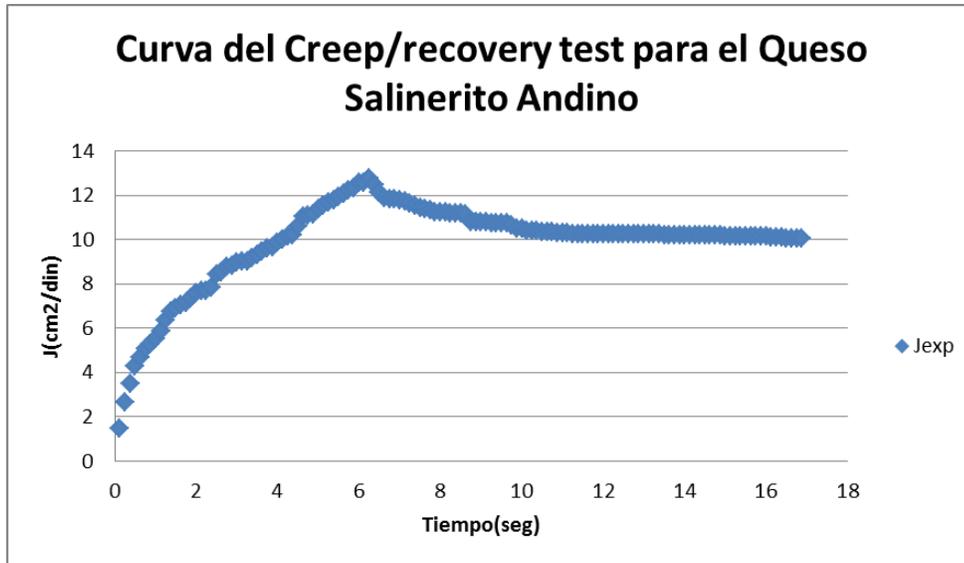


Figura 4.111: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Andino.

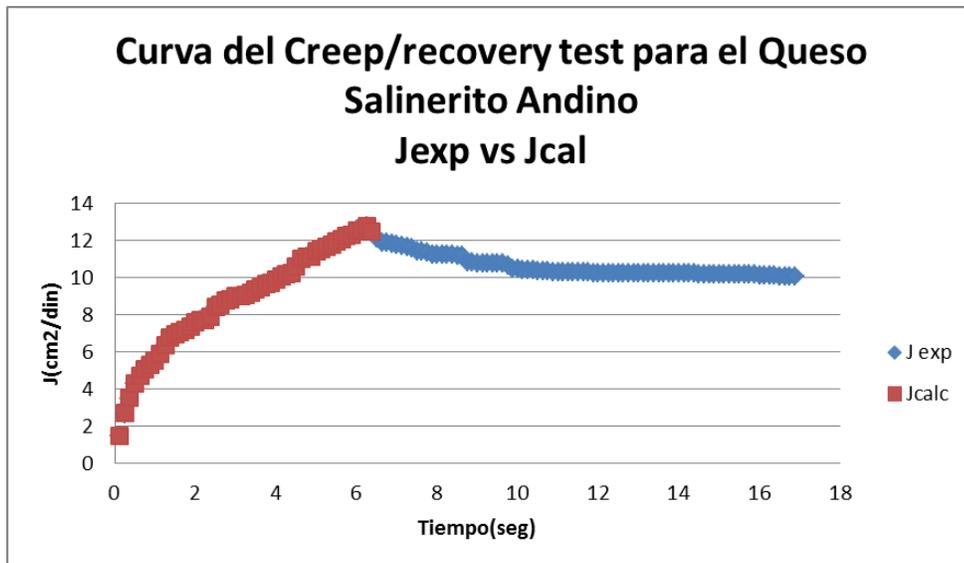


Figura 4.112: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Andino.

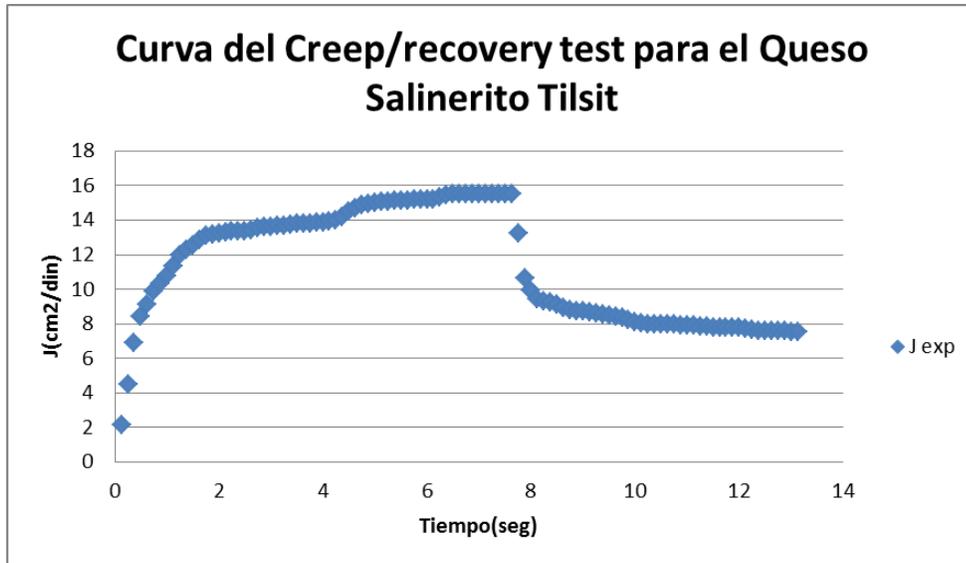


Figura 4.113: Curva del cumplimiento experimental del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Tilsit.

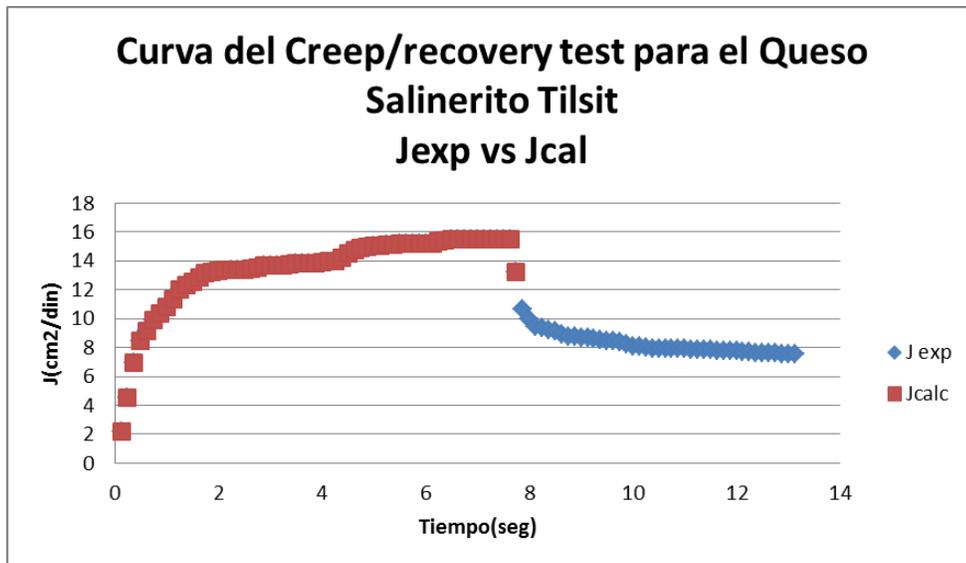


Figura 4.114: Curva del cumplimiento experimental vs el cumplimiento calculado del Creep Recovery test para el Queso Salinerito Tilsit.

## **4.2 Resultados Prueba de Penetración**

Para la obtención de los datos de la Prueba de Penetración, se calculó la deformación que se produce en cada muestra, calculando la velocidad inicial de deformación y la velocidad final de deformación, de cada muestra sometida al análisis. Las muestras fueron divididas por tipo de quesos en grupos, para quesos de tipo fresco grupo 1, quesos de tipo semimaduro grupo 2 y quesos maduros grupo 3.

### **4.2.1 Resultados prueba de Penetración: Grupo 1**

La tabla 4.7 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados en la prueba de penetración para el grupo 1. Donde:

Velocidad inicial: Es la velocidad con la que la muestra se deforma en la prueba de penetración.

Velocidad final: Es la velocidad de la muestra deformada, en la prueba de penetración.

En el grupo 1, los valores altos en la velocidad inicial, como en el queso Zuleta, demuestran que tienen una alta penetración, y los que tienen valores bajos en la velocidad inicial, tienen una baja penetración, como es el queso Kiosko Semiduro entero, con respecto a la velocidad final, el queso Nutri y el queso Reyqueso, son las muestras que tienen un valor alto, en relación a las otras muestras de este grupo.

**Tabla 4.7:** Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 1

<b>MUESTRA</b>	<b>Velocidad inicial</b>	<b>Velocidad final</b>
Nutri	53,366	1,333
Nandito	30,680	0,889
Dulac's	7,776	0,000
Kiosko semiduro entero	1,713	0,000
Kiosko reducido en grasa	34,124	0,079
Kiosko del campo	4,227	0,000
Los Pinos	65,669	0,367
Zuleta	104,997	0,181
Finca Siberia	12,352	0,055
Rey Queso	30,892	1,234
Kiosko Mozzarella	12,309	0,002
Kiosko Mozzarella reducido en grasa	93,860	0,929
Rey Queso Mozzarella	26,270	0,227
La Finca Mozzarella Semigraso	4,347	0,001
La Finca Mozzarella Semigraso(estirado)	30,680	0,889
Salinerito Mozzarella	1,764	0,002
Dulac's Mozzarella	19,300	0,143
Kiosko Ricotta	39,396	0,868
Floralp Feta	12,465	0,014

Los datos obtenidos en el grupo 1 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado la deformación de la muestra, en relación al tiempo. (Gráficas 4.115 a 4.133).

#### 4.2.1.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 1

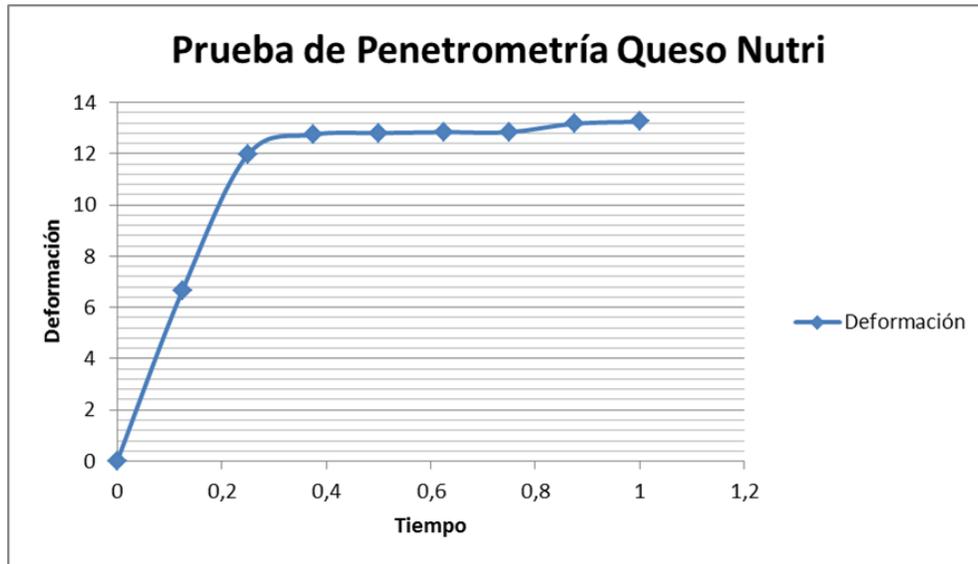


Figura 4.115: Curva de deformación para el queso Nutri, obtenida de la prueba de Penetración.

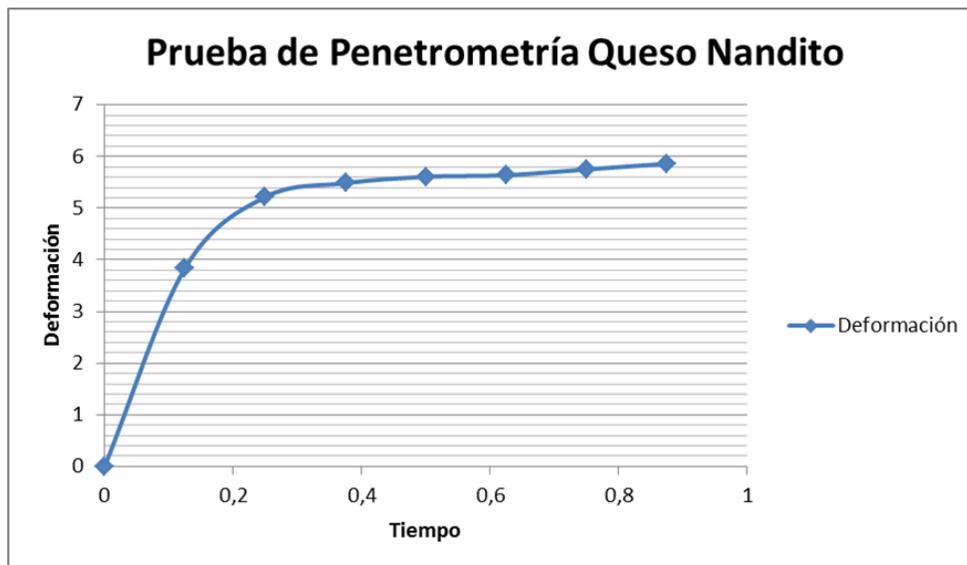


Figura 4.116: Curva de deformación para el queso Nandito, obtenida de la prueba de Penetración.

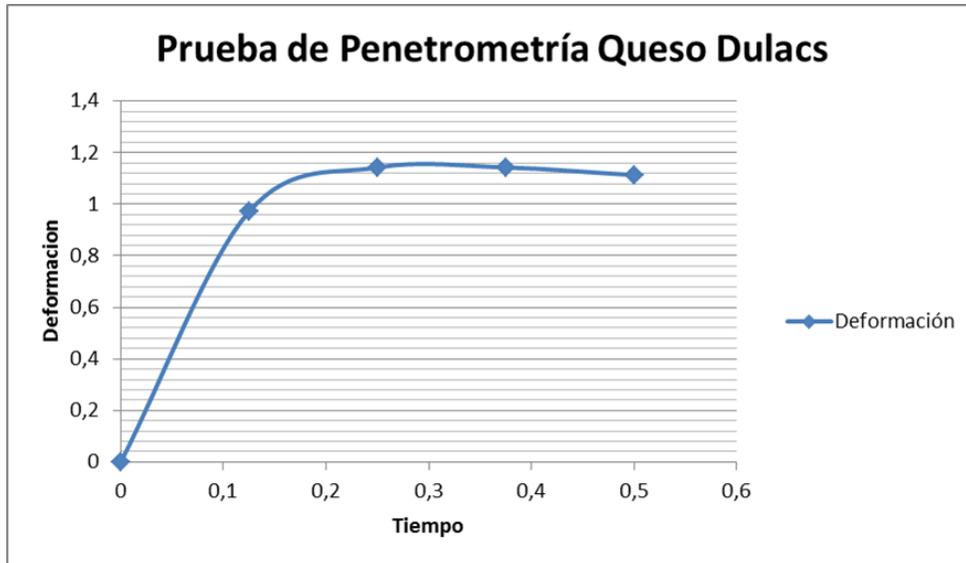


Figura 4.117: Curva de deformación para el queso Dulac's, obtenida de la prueba de Penetración.

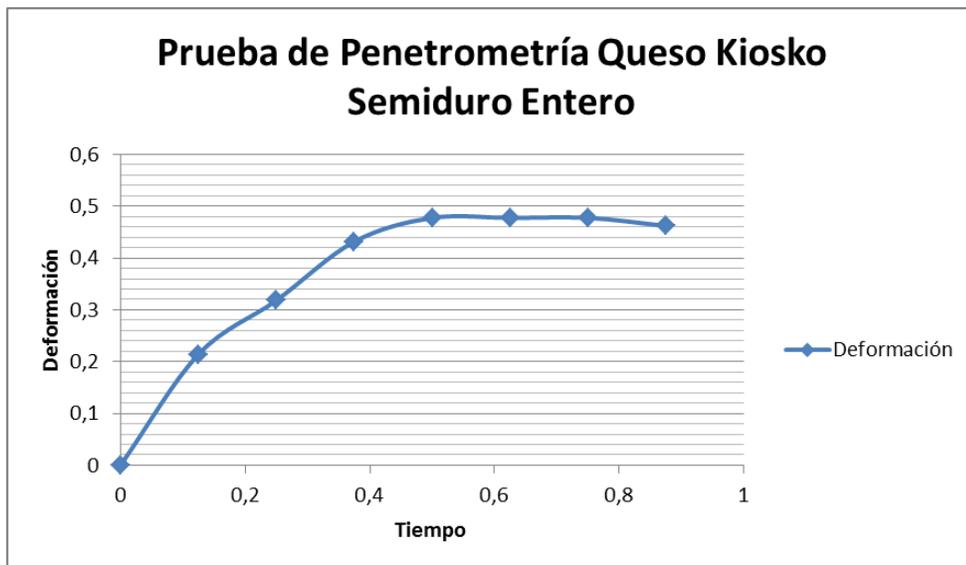


Figura 4.118: Curva de deformación para el queso Kiosko Semiduro Entero, obtenida de la prueba de Penetración.

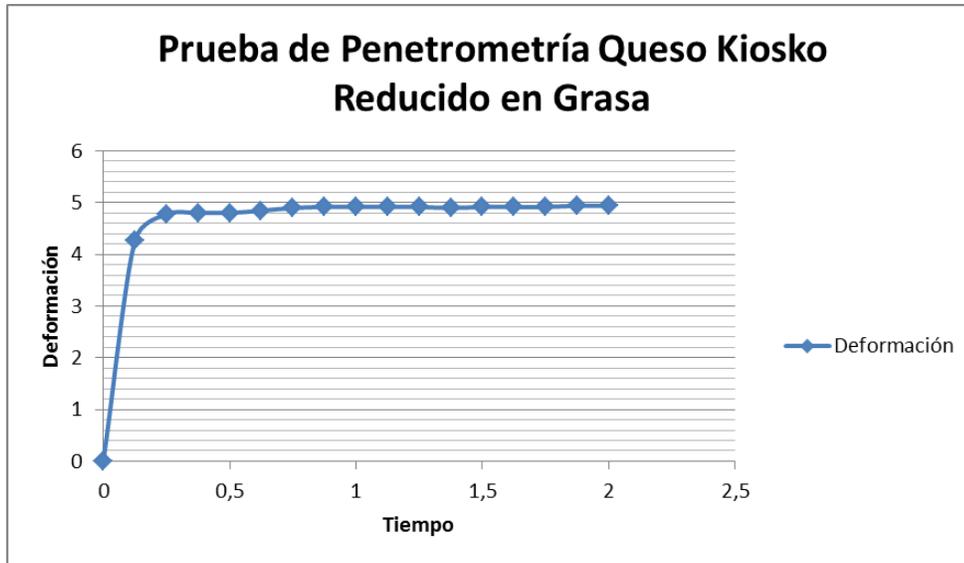


Figura 4.119: Curva de deformación para el queso Kiosko Reducido en Grasa, obtenida de la prueba de Penetración.

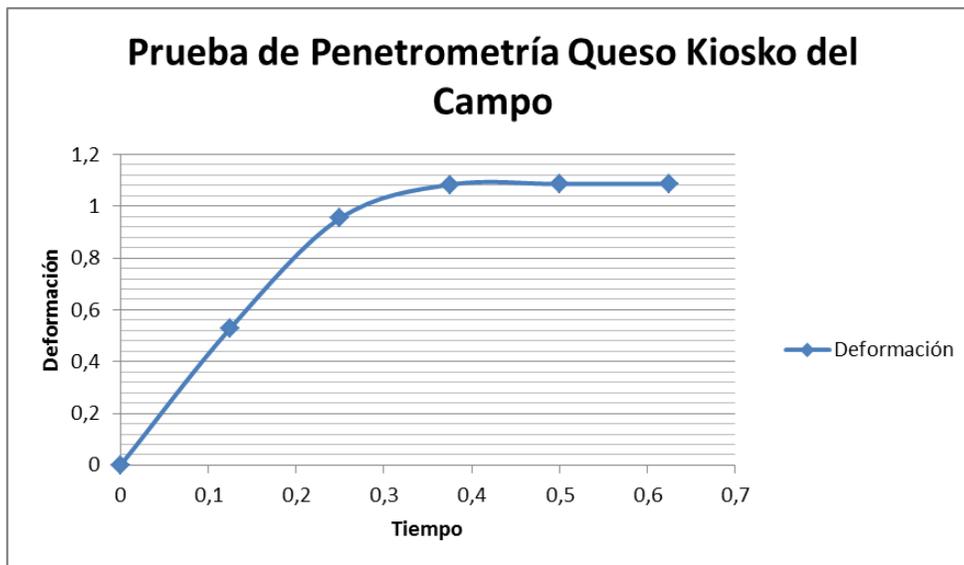


Figura 4.120: Curva de deformación para el queso Kiosko del Campo, obtenida de la prueba de Penetración.

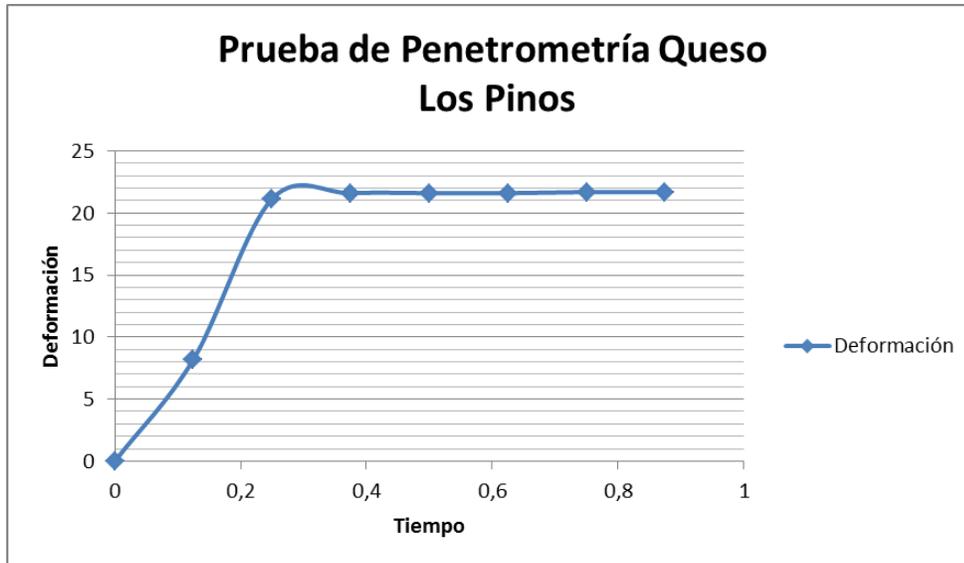


Figura 4.121: Curva de deformación para el queso Los Pinos, obtenida de la prueba de Penetración.

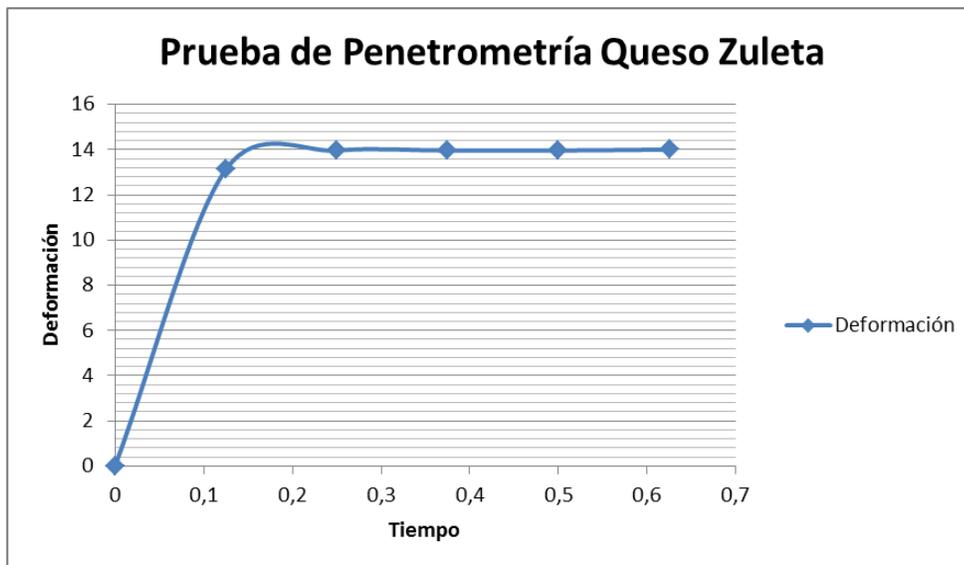


Figura 4.122: Curva de deformación para el queso Zuleta, obtenida de la prueba de Penetración.

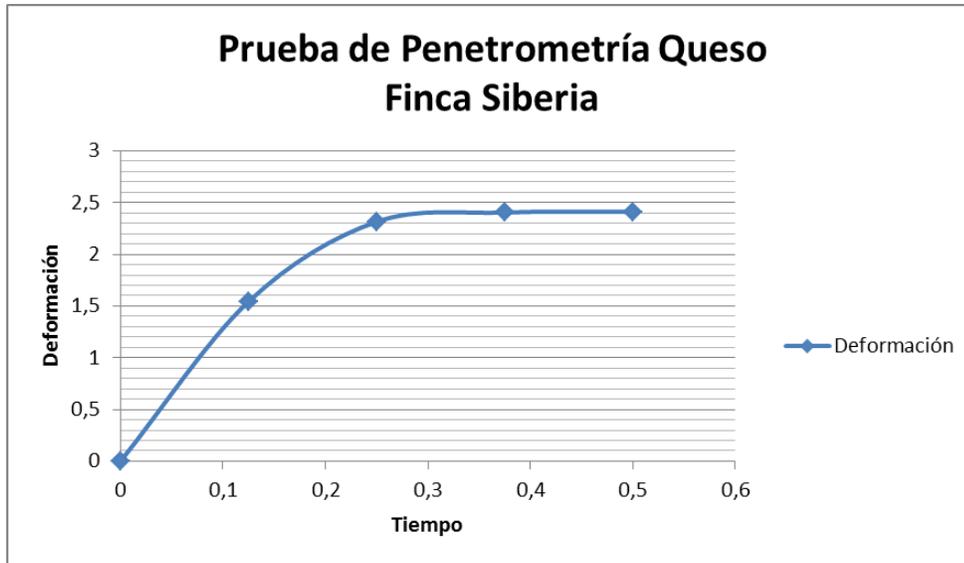


Figura 4.123: Curva de deformación para el queso Finca Siberia, obtenida de la prueba de Penetración.

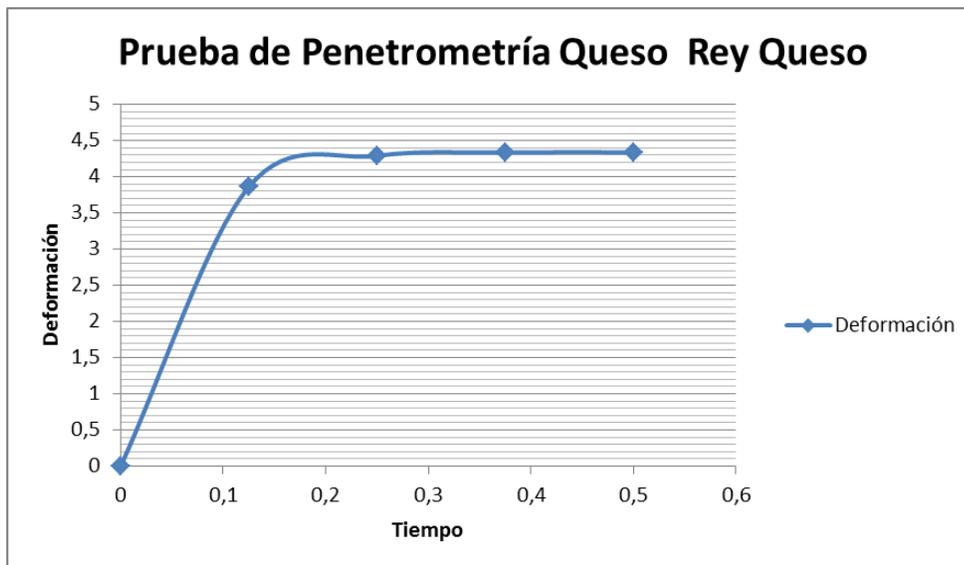


Figura 4.124: Curva de deformación para el queso Rey Queso, obtenida de la prueba de Penetración.

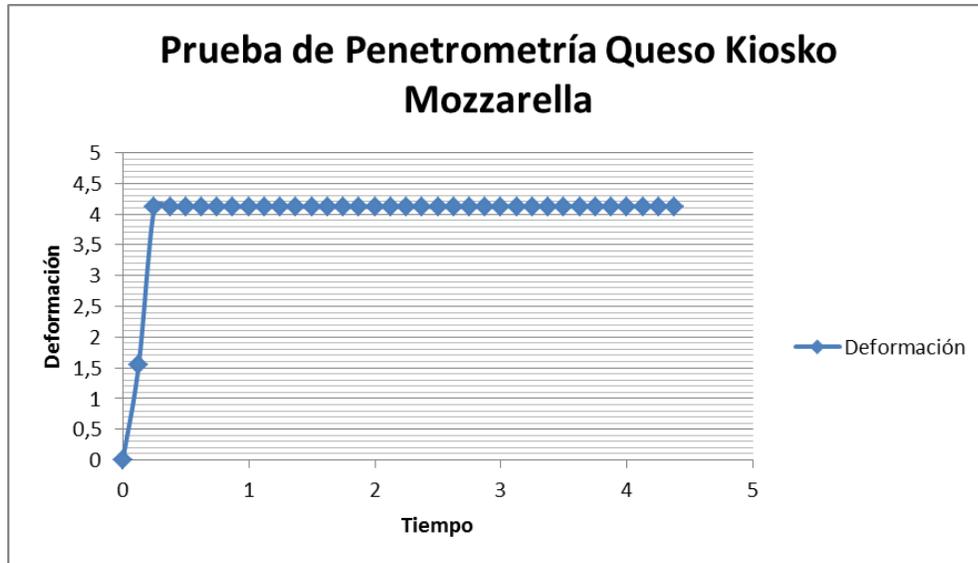


Figura 4.125: Curva de deformación para el queso Kiosko Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración.

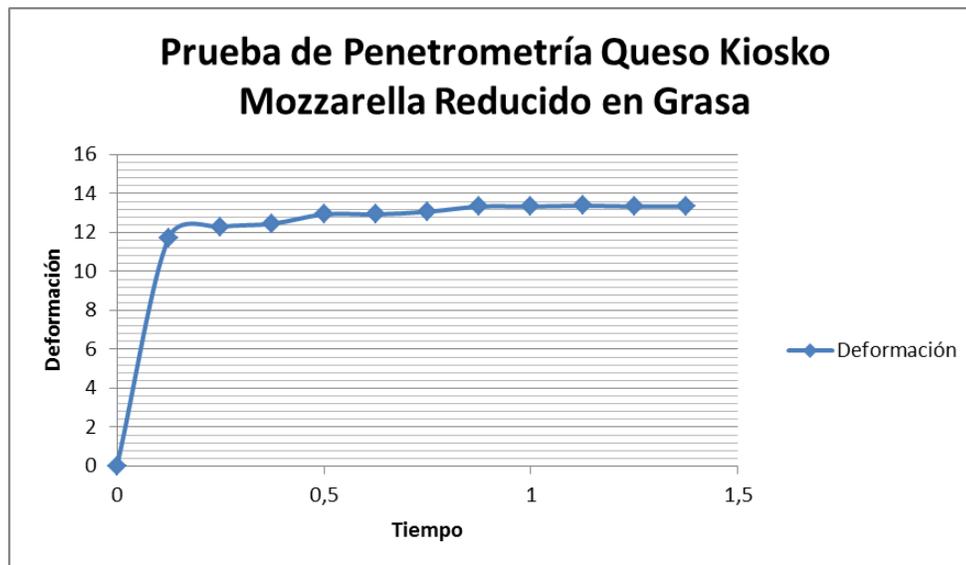


Figura 4.126: Curva de deformación para el queso Kiosko Mozzarella Reducido en grasa, obtenida de la prueba de Penetración.

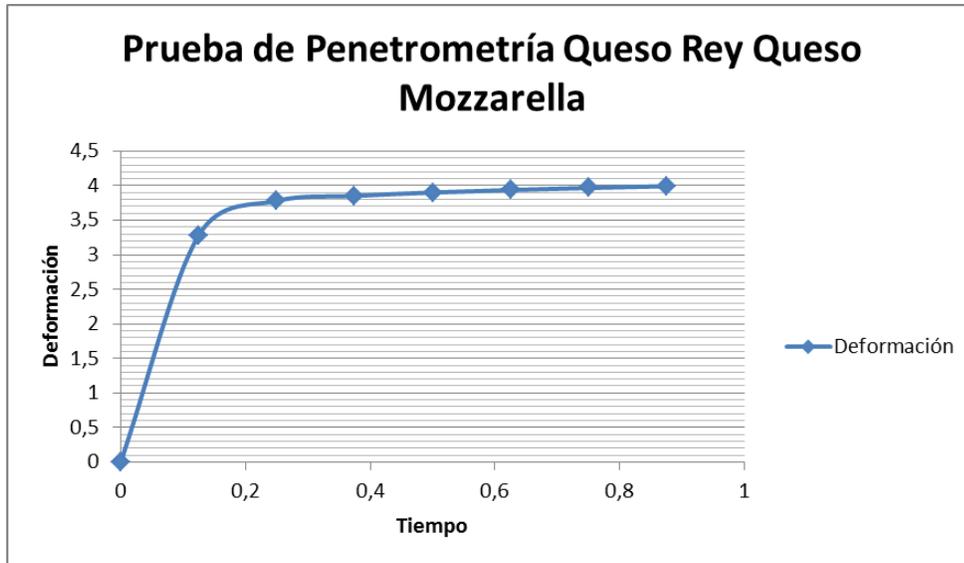


Figura 4.127: Curva de deformación para el queso Rey Queso Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración.

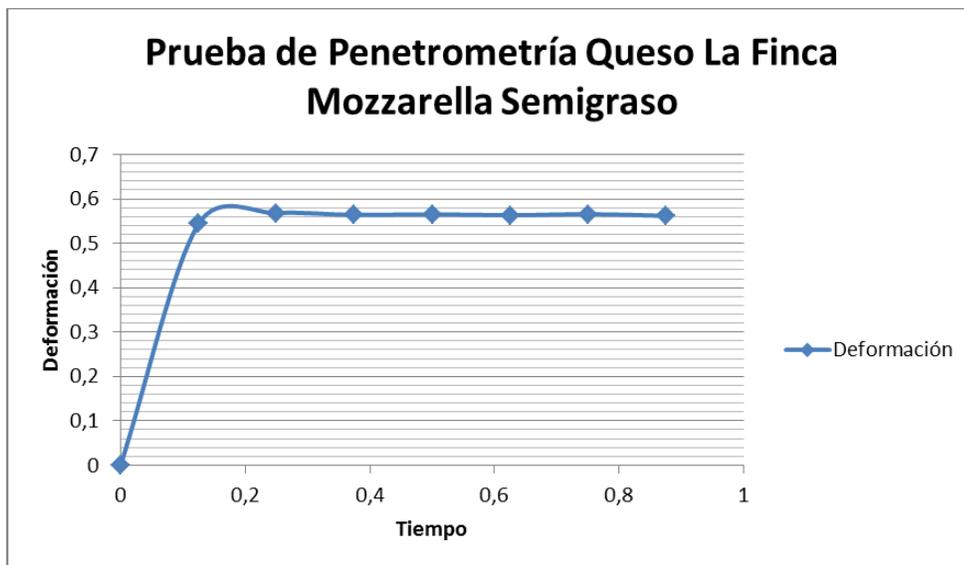


Figura 4.128: Curva de deformación para el queso La Finca Mozzarella Semigraso, obtenida de la prueba de Penetración.

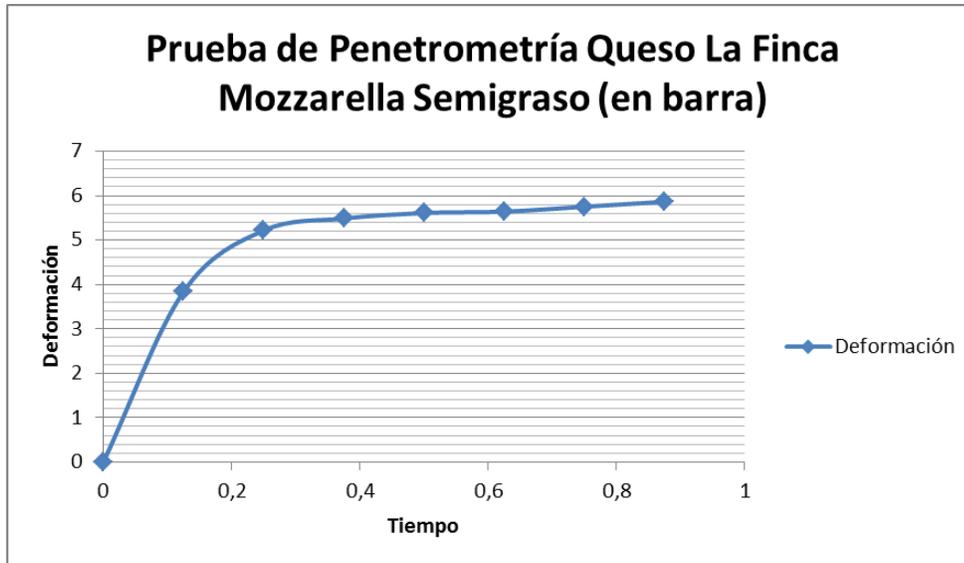


Figura 4.129: Curva de deformación para el queso La Finca Mozzarella Semigraso (en barra), obtenida de la prueba de Penetración.

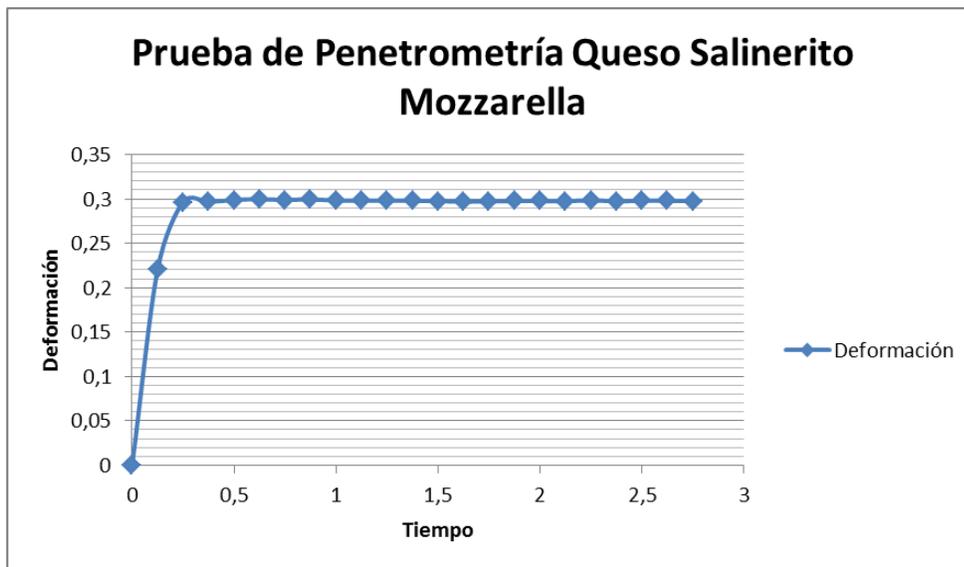


Figura 4.130: Curva de deformación para el queso Salinerito Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración.

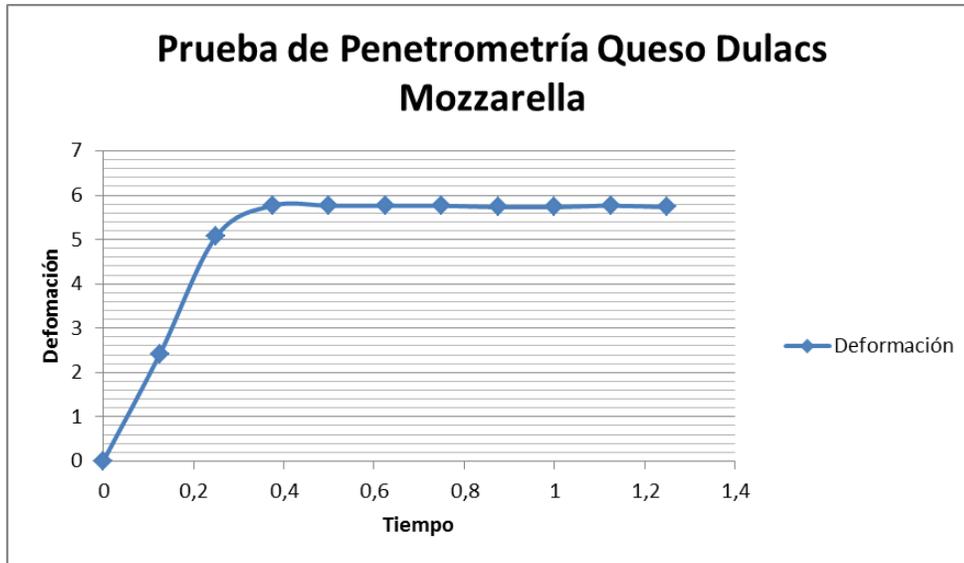


Figura 4.131: Curva de deformación para el queso Dulac's Mozzarella, obtenida de la prueba de Penetración.

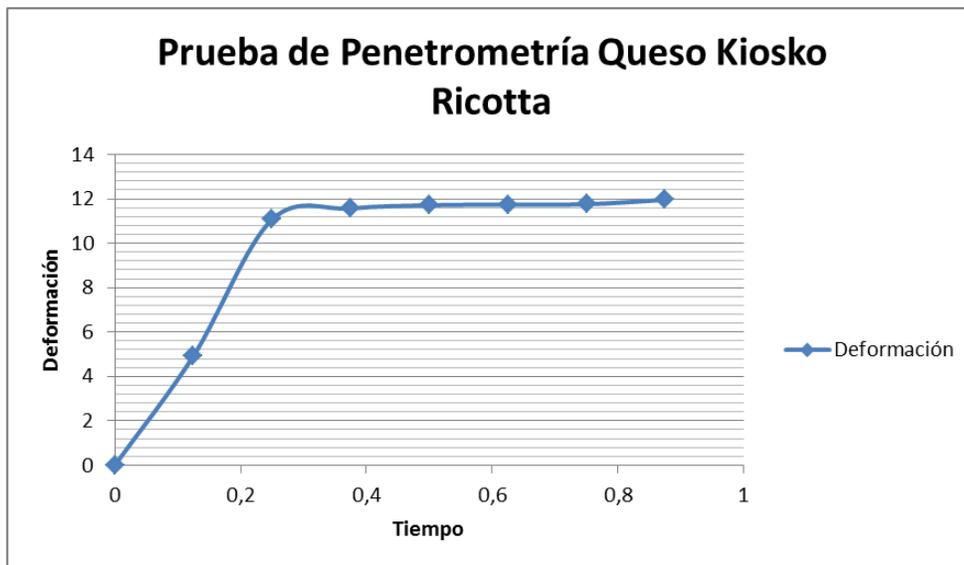


Figura 4.132: Curva de deformación para el queso Kiosko Ricotta, obtenida de la prueba de Penetración.

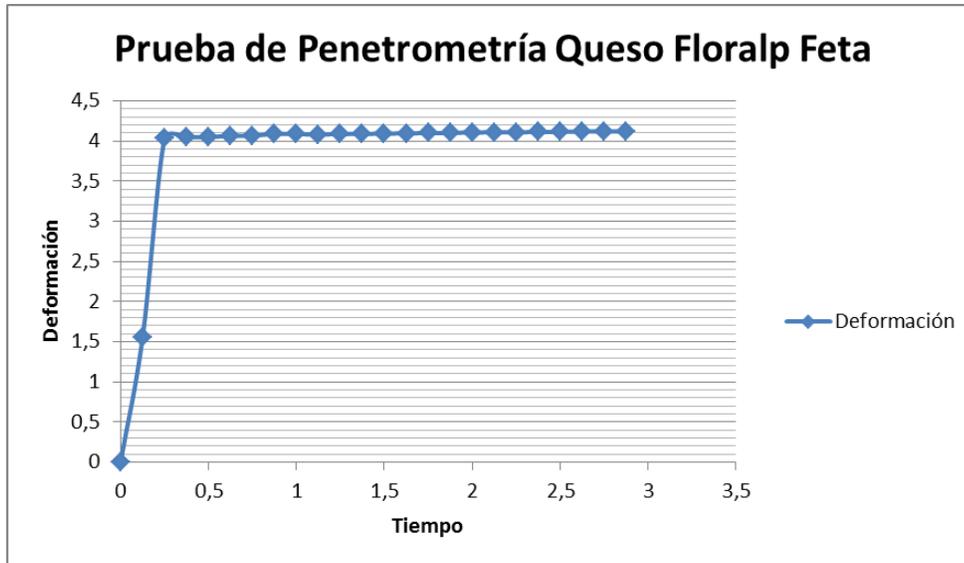


Figura 4.133: Curva de deformación para el queso Floralp Feta, obtenida de la prueba de Penetración.

#### 4.2.2 Resultados prueba de Penetración: Grupo 2

La tabla 4.8 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados en la prueba de penetración para el grupo 2. Donde:

Velocidad inicial: Es la velocidad con la que la muestra se deforma en la prueba de penetración.

Velocidad final: Es la velocidad de la muestra deformada, en la prueba de penetración.

En el grupo 2, los valores altos en la velocidad inicial, como en el queso Finca Holandés, demuestran que tienen una alta penetración, y los que tienen valores bajos en la velocidad inicial, tienen una baja penetración, como es el queso Alpina Holandés, en este grupo se puede observar que se tiene un mismo tipo de queso, pero se tienen valores de la velocidad inicial totalmente distantes entre los dos, esto puede deberse a la manera de cómo fueron elaborados, ya que los quesos son de diferentes marcas. Con respecto a la velocidad final, el queso Zuleta Bondell, es la muestra que tiene un valor alto, en relación a las otras muestras de este grupo.

**Tabla 4.8:** Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 2

<b>MUESTRA</b>	<b>Velocidad inicial</b>	<b>Velocidad final</b>
Zuleta Pategras	13,302	0,000
Kiosko Cheddar Javierieno	5,893	0,100
Kiosko Hierbas del campo	14,450	0,000
Kiosko Holandés	13,375	0,000
Alpina Holandés	0,952	0,088
La Finca Holandés	36,423	0,014
Floralp Fontina	12,809	0,095
Kiosko Gouda	3,541	0,000
La Finca Danbo con Albahaca	20,462	0,026
Zuleta Danbo	2,756	0,000
Mondel Saint Paulin	2,142	0,005
Floralp Camembert	1,062	0,000
Salinerito Danbo	15,829	0,048
Floralp Brie	22,385	0,003
Zuleta Bondell	6,364	0,297
Zuleta Angochagua	1,534	0,000
Kiosko Provolone	10,803	0,000
Floralp Provolone	8,412	0,000
La Finca Ají	22,408	0,316
La Finca Colby Jack	4,347	0,001
Mondel Monte Caprino	1,770	0,005

Los datos obtenidos en el grupo 2 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado la deformación de la muestra, en relación al tiempo. (Gráficas 4.134 a 4.154).

#### 4.2.2.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 2

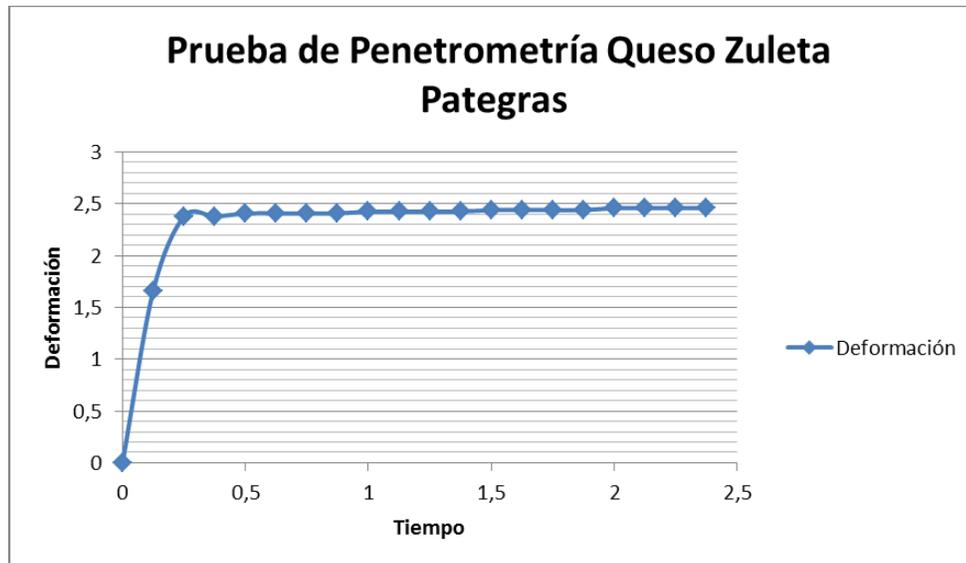


Figura 4.134: Curva de deformación para el queso Zuleta Pategras, obtenida de la prueba de Penetración.

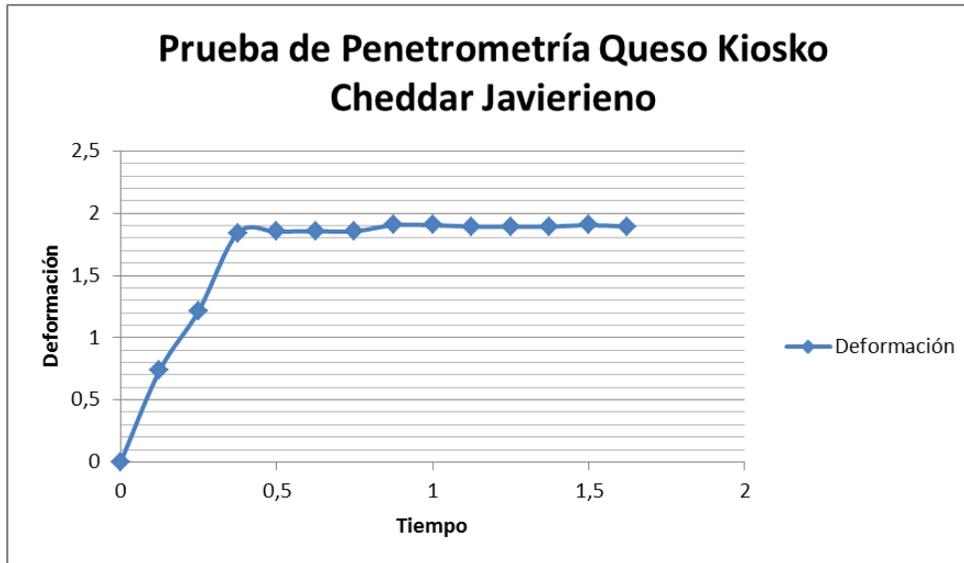


Figura 4.135: Curva de deformación para el queso Kiosko Cheddar Javierieno, obtenida de la prueba de Penetración.

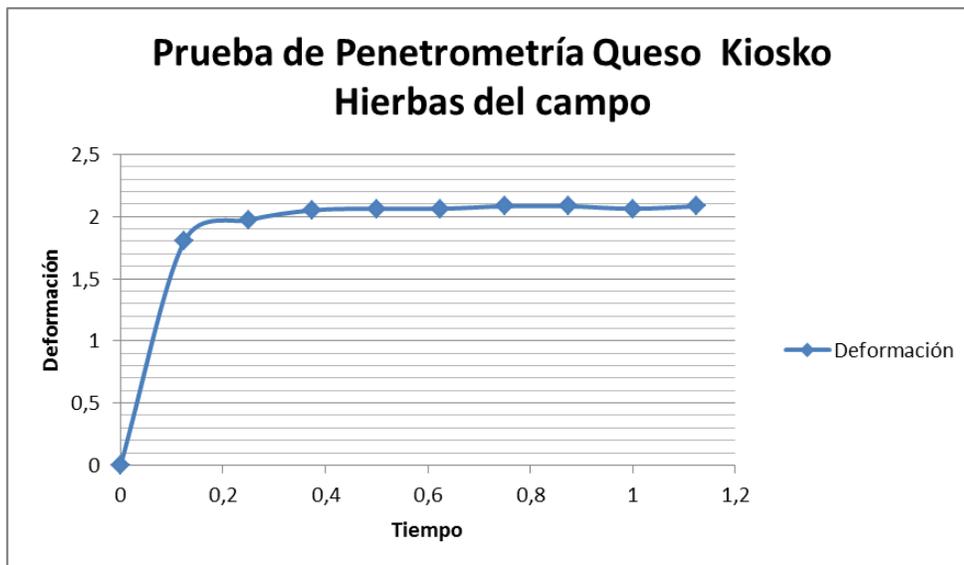


Figura 4.136: Curva de deformación para el queso Kiosko Hierbas del Campo obtenida de la prueba de Penetración.

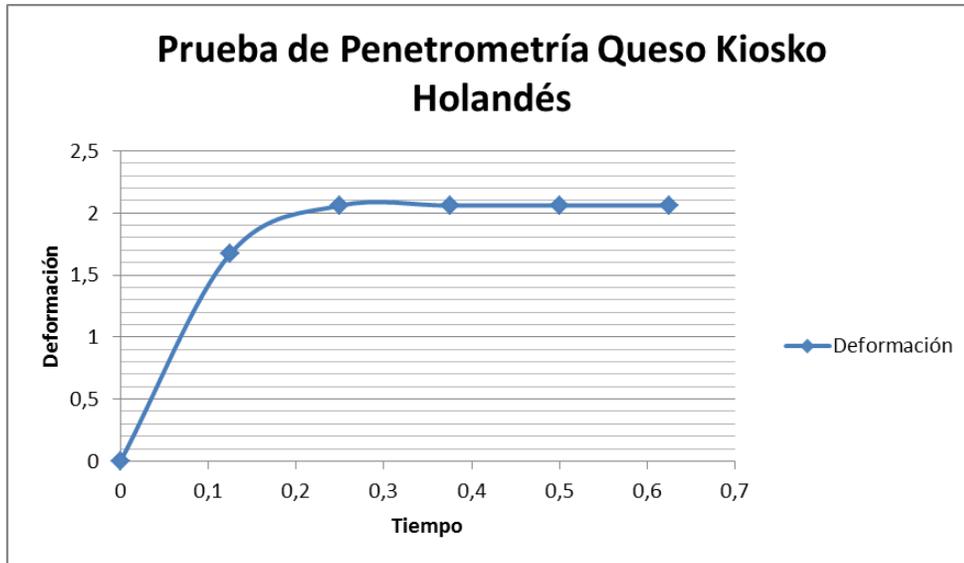


Figura 4.137: Curva de deformación para el queso Kiosko Holandés, obtenida de la prueba de Penetración.

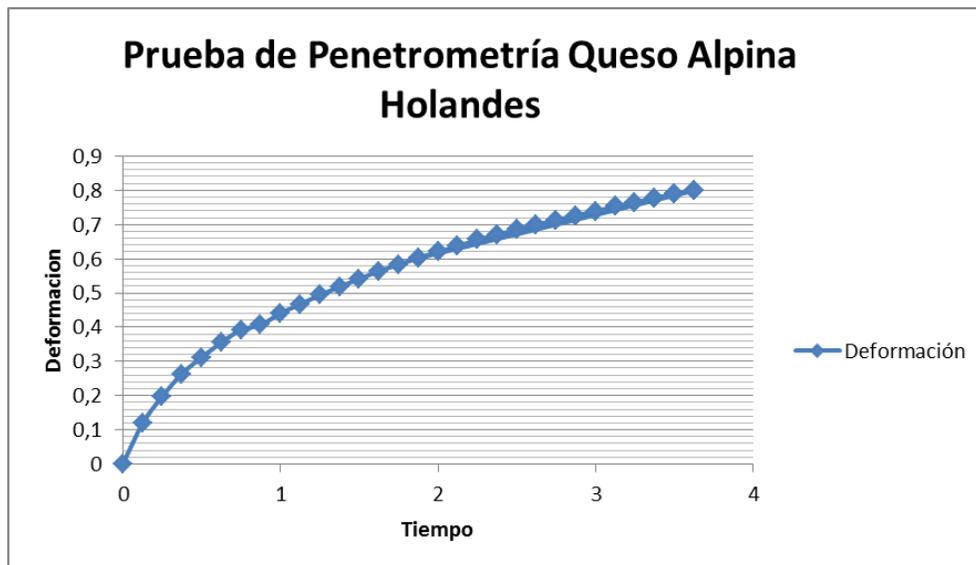


Figura 4.138: Curva de deformación para el queso Alpina Holandés, obtenida de la prueba de Penetración.

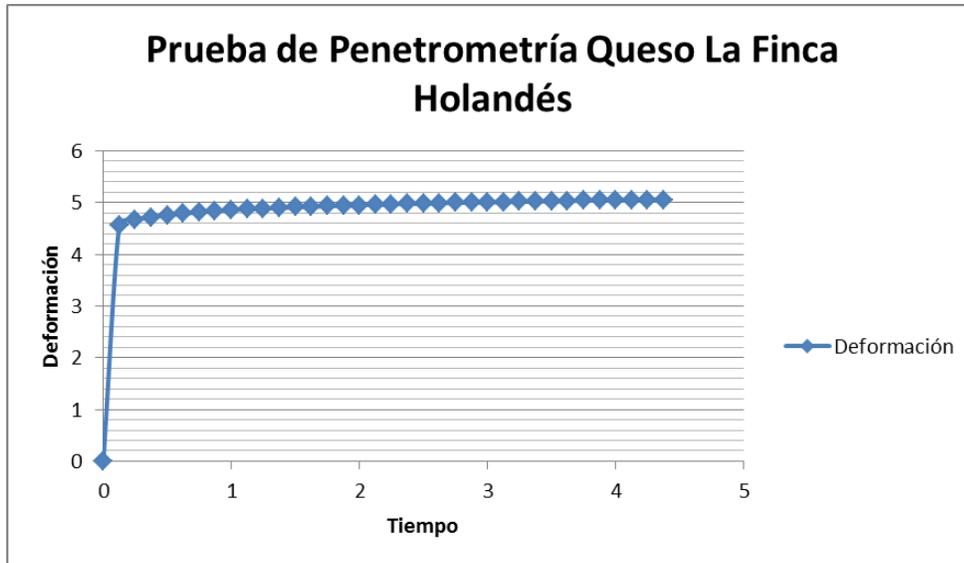


Figura 4.139: Curva de deformación para el queso La Finca Holandés, obtenida de la prueba de Penetración.

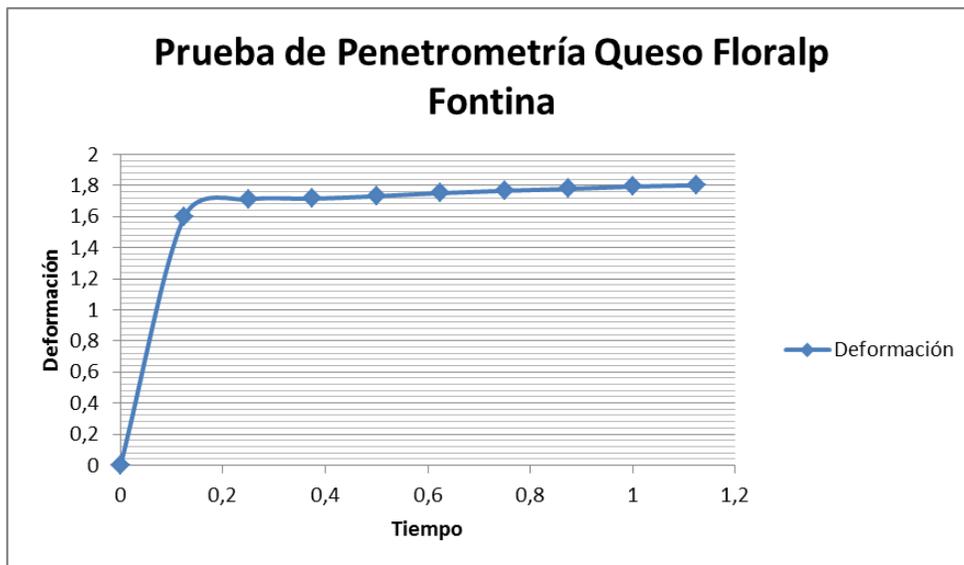


Figura 4.140: Curva de deformación para el queso Floralp Fontina, obtenida de la prueba de Penetración.

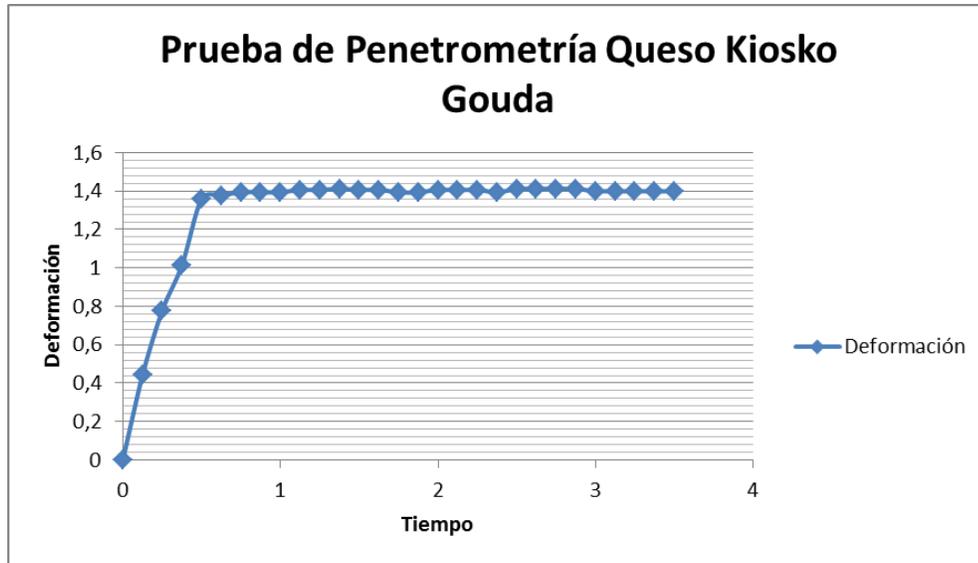


Figura 4.141: Curva de deformación para el queso Kiosko Gouda, obtenida de la prueba de Penetración.

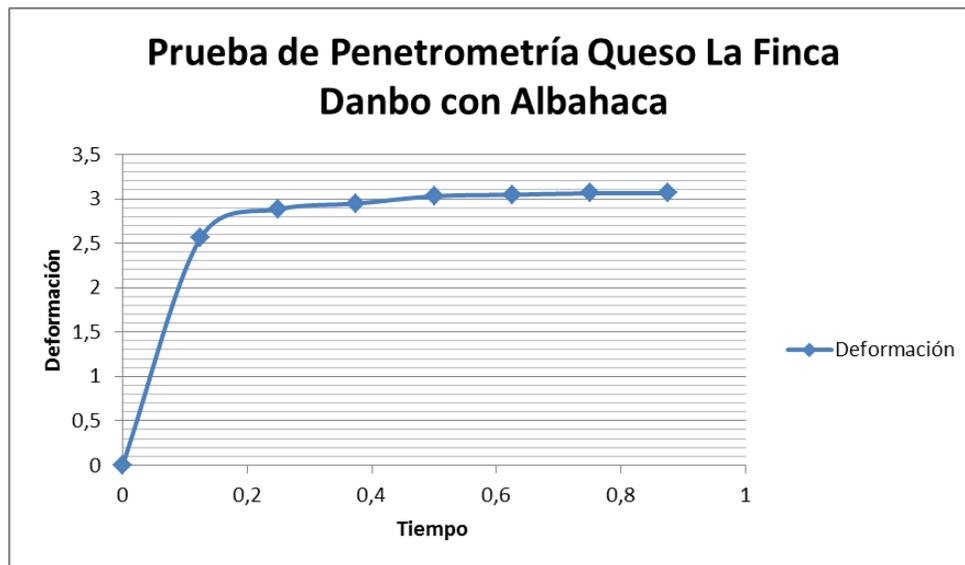


Figura 4.142: Curva de deformación para el queso La Finca Danbo con Albaca, obtenida de la prueba de Penetración.

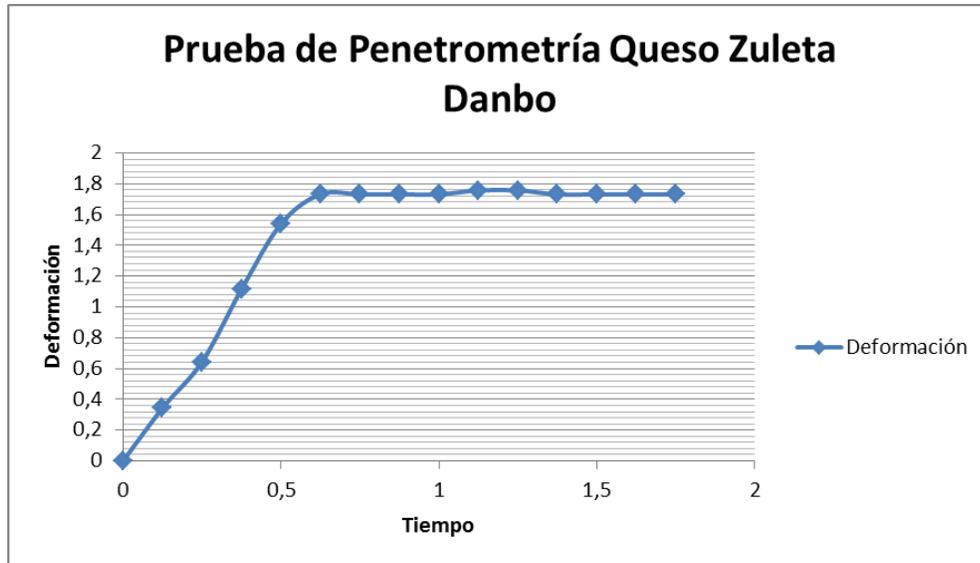


Figura 4.143: Curva de deformación para el queso Zuleta Danbo obtenida de la prueba de Penetración.

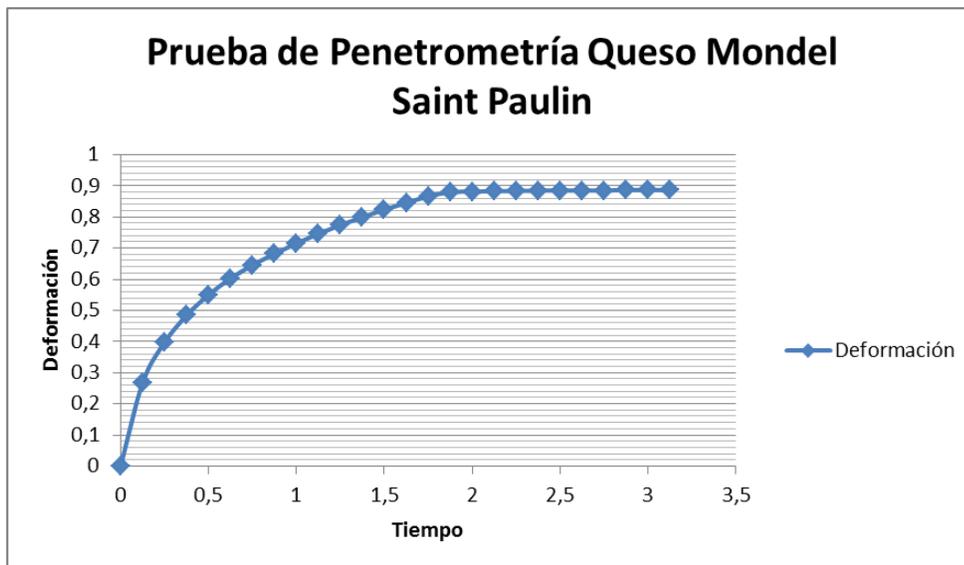


Figura 4.144: Curva de deformación para el queso Mondel Saint Paulin, obtenida de la prueba de Penetración.

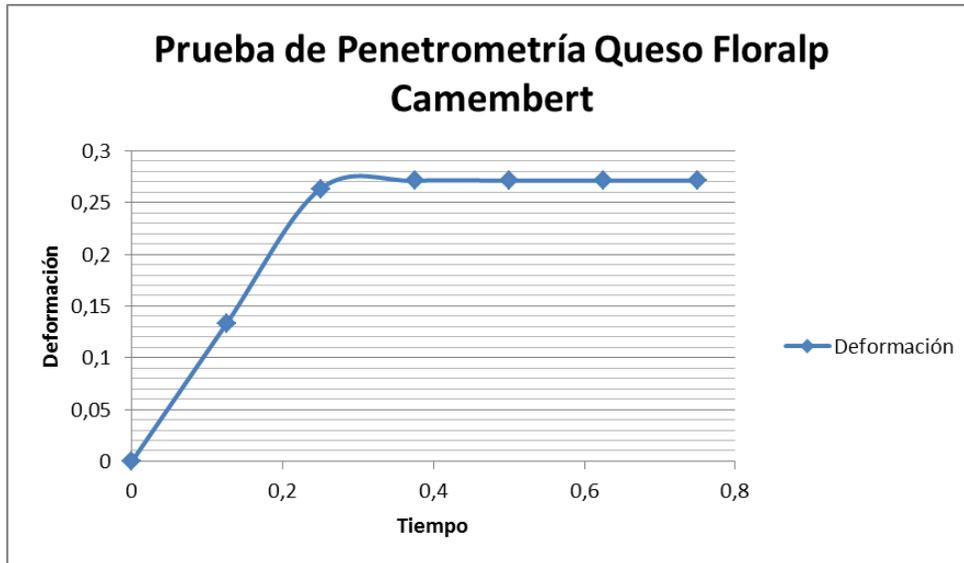


Figura 4.145: Curva de deformación para el queso Floralp Camembert, obtenida de la prueba de Penetración.

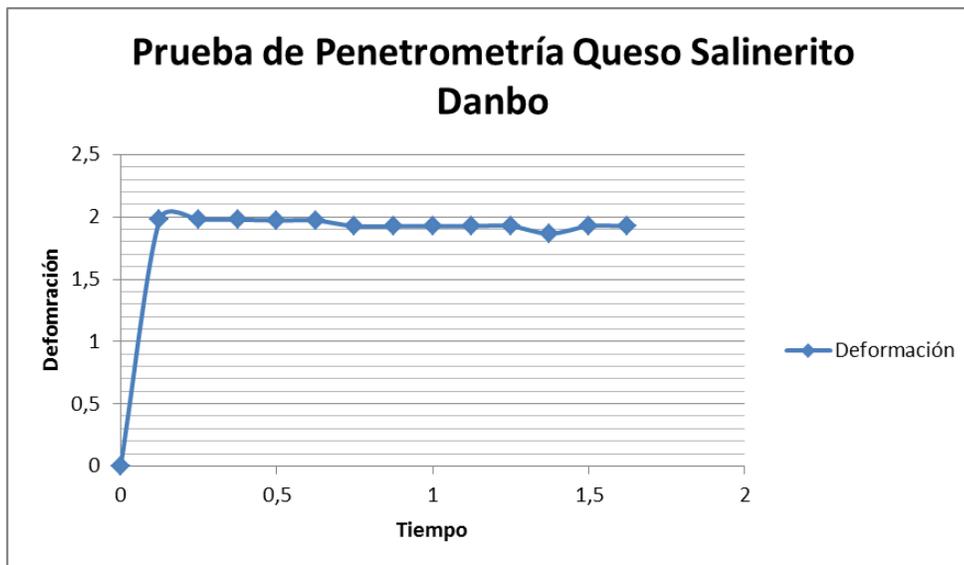


Figura 4.146: Curva de deformación para el queso Salinerito Danbo, obtenida de la prueba de Penetración.

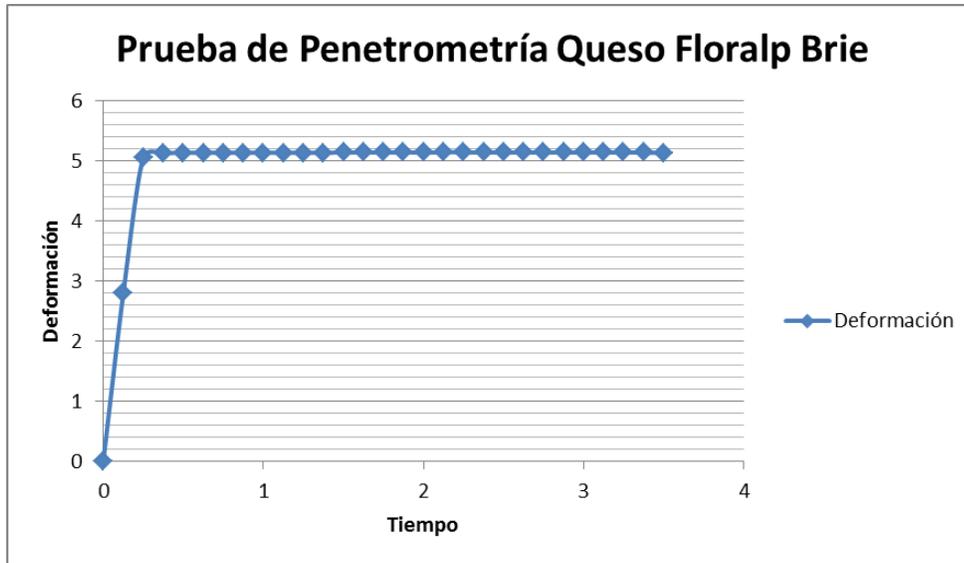


Figura 4.147: Curva de deformación para el queso Floralp Brie, obtenida de la prueba de Penetración.

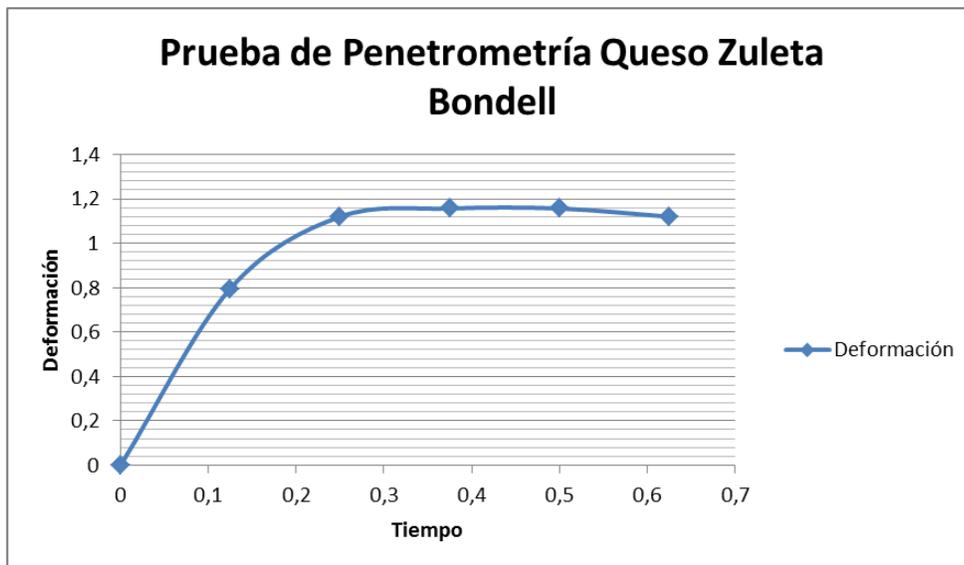


Figura 4.148: Curva de deformación para el queso Zuleta Bondell, obtenida de la prueba de Penetración.

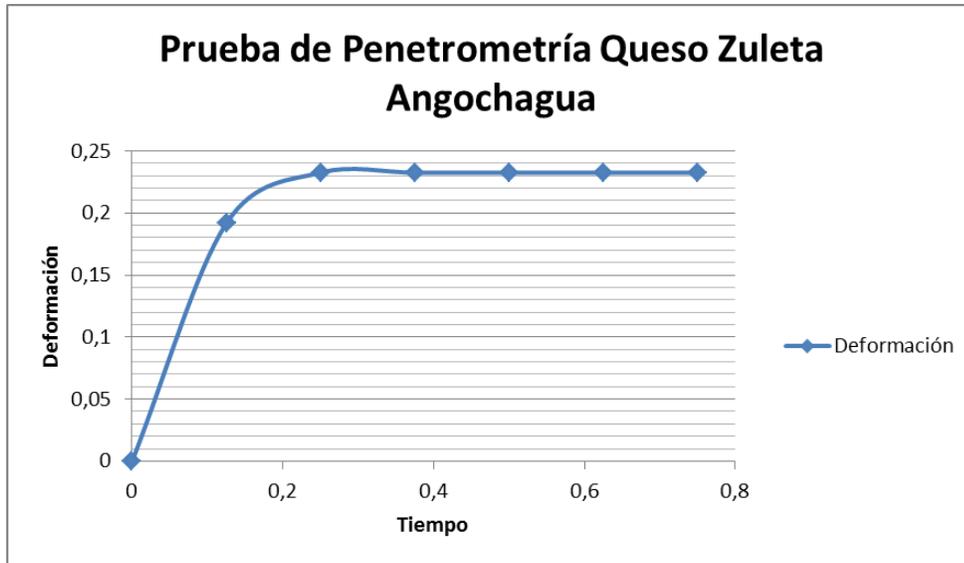


Figura 4.149: Curva de deformación para el queso Zuleta Angochagua, obtenida de la prueba de Penetración.

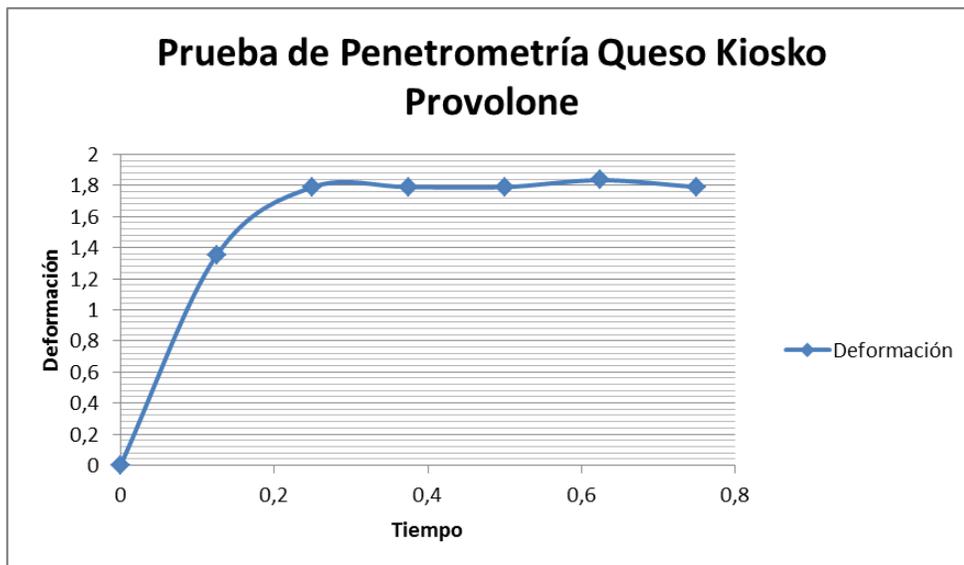


Figura 4.150: Curva de deformación para el queso Kiosko Provolone, obtenida de la prueba de Penetración.

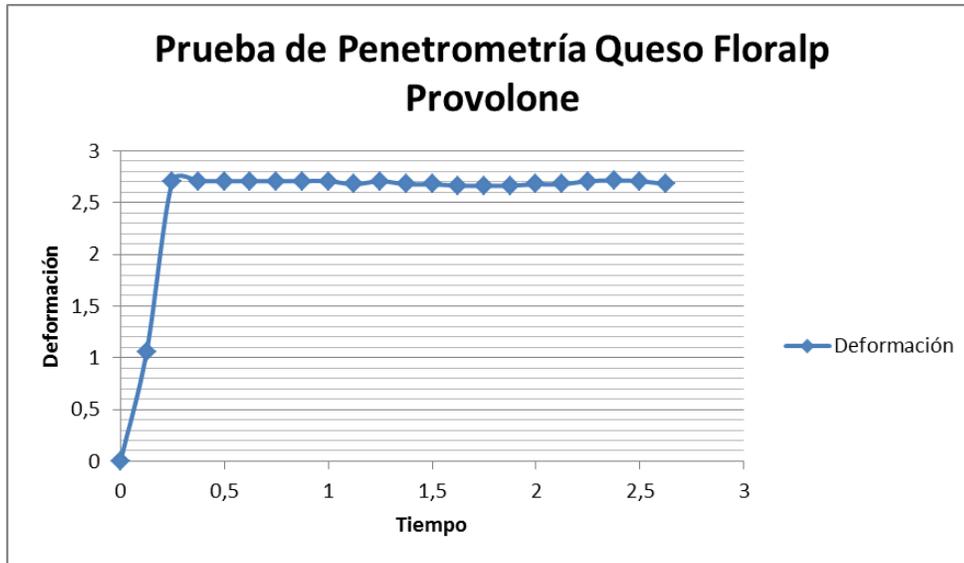


Figura 4.151: Curva de deformación para el queso Floralp Provolone, obtenida de la prueba de Penetración.

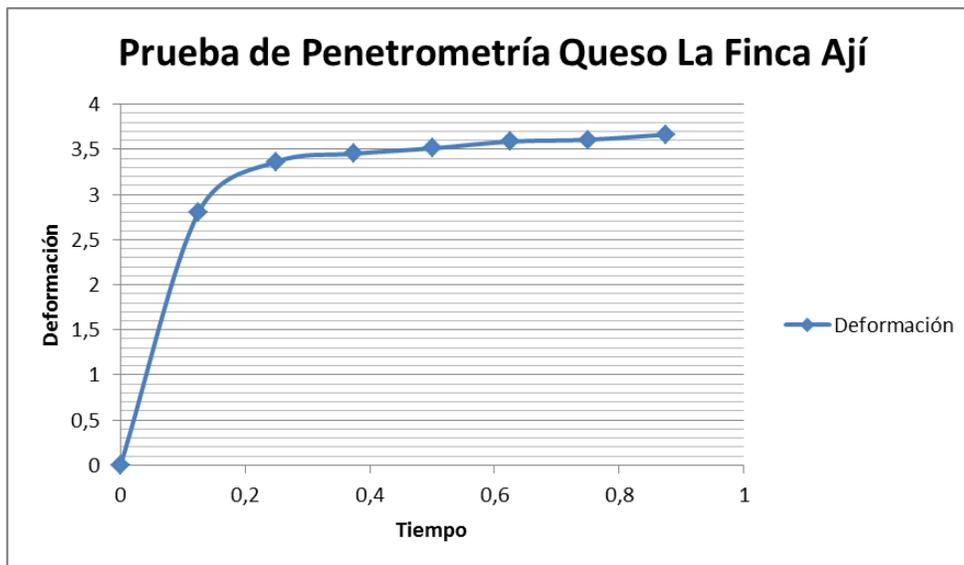


Figura 4.152: Curva de deformación para el queso La Finca Ají, obtenida de la prueba de Penetración.

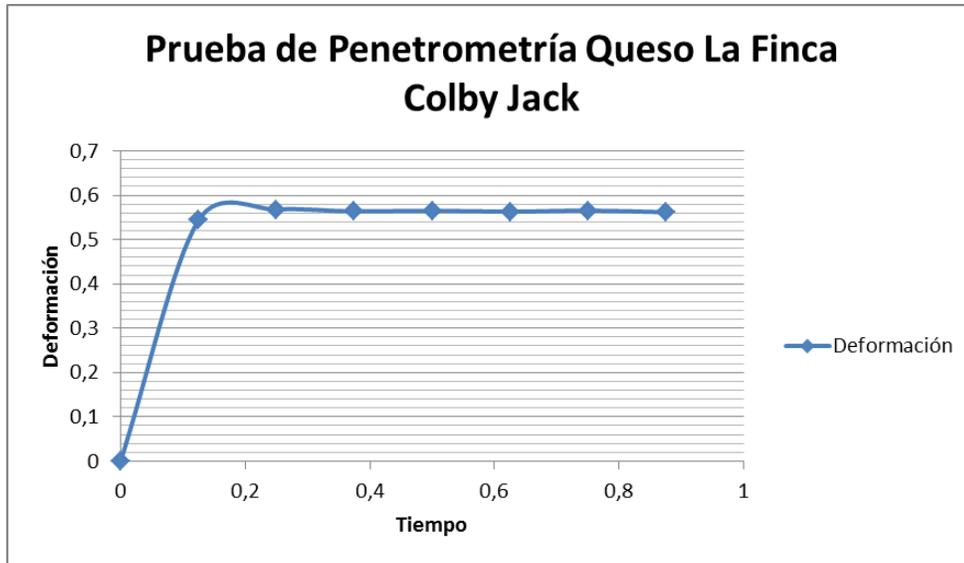


Figura 4.153: Curva de deformación para el queso La Finca Colby Jack, obtenida de la prueba de Penetración.

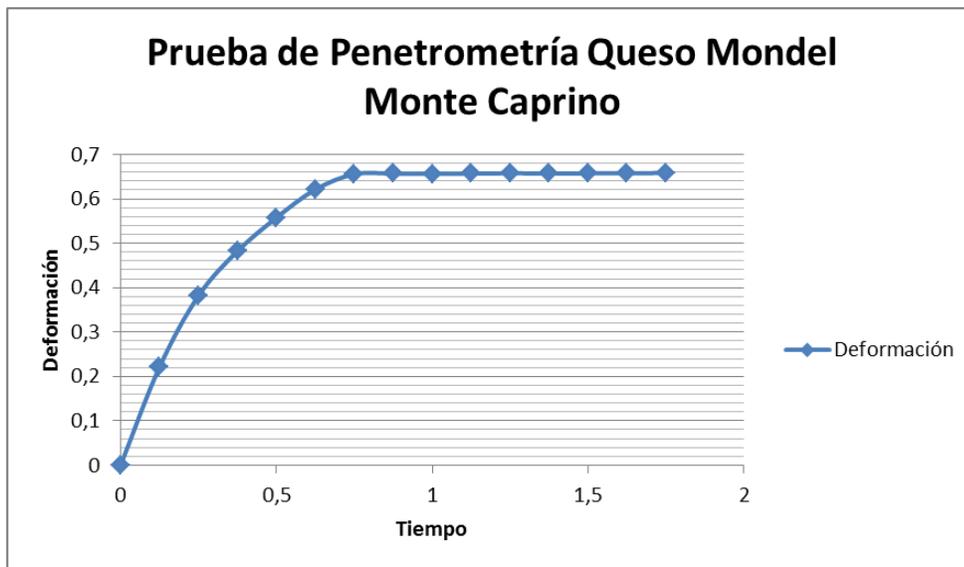


Figura 4.154: Curva de deformación para el queso Mondel Monte Caprino, obtenida de la prueba de Penetración.

### 4.2.3 Resultados prueba de Penetración: Grupo 3

La tabla 4.9 muestra los resultados consolidados de los cálculos realizados en la prueba de penetración para el grupo 3. Donde:

Velocidad inicial: Es la velocidad con la que la muestra se deforma en la prueba de penetración.

Velocidad final: Es la velocidad de la muestra deformada, en la prueba de penetración.

En el grupo 3, los valores altos en la velocidad inicial, como en el queso Mondel Andean Blue, demuestran que tiene una alta penetración, y los que tienen valores bajos en la velocidad inicial, tienen una baja penetración, como es el queso Salinerito Tilsit, con respecto a la velocidad final, el queso Zuleta Don Galo, es la muestra que tiene un valor alto, en relación a las otras muestras de este grupo.

**Tabla 4.9:** Resultados de la Prueba de Penetración: Grupo 3

<b>MUESTRA</b>	<b>Velocidad inicial</b>	<b>Velocidad final</b>
Mondel Andean Blue	32,297	0,013
Zuleta Blue	2,756	0,000
Floralp Raclette	10,392	0,014
Floralp Parmesano	7,089	0,000
Floralp Gruyere	21,252	0,016
Salinerito Gruyere	11,656	0,075
Zuleta Don Galo	16,829	1,000
Salinerito Andino	0,973	0,001
Salinerito Tilsit	0,525	0,088

Los datos obtenidos en el grupo 3 se muestran gráficamente por medio de curvas, en donde se encuentra graficado la deformación de la muestra, en relación al tiempo. (Gráficas 4.155 a 4.163).

4.2.3.1 Gráficas de las curvas de la Prueba de Penetración. Grupo 3

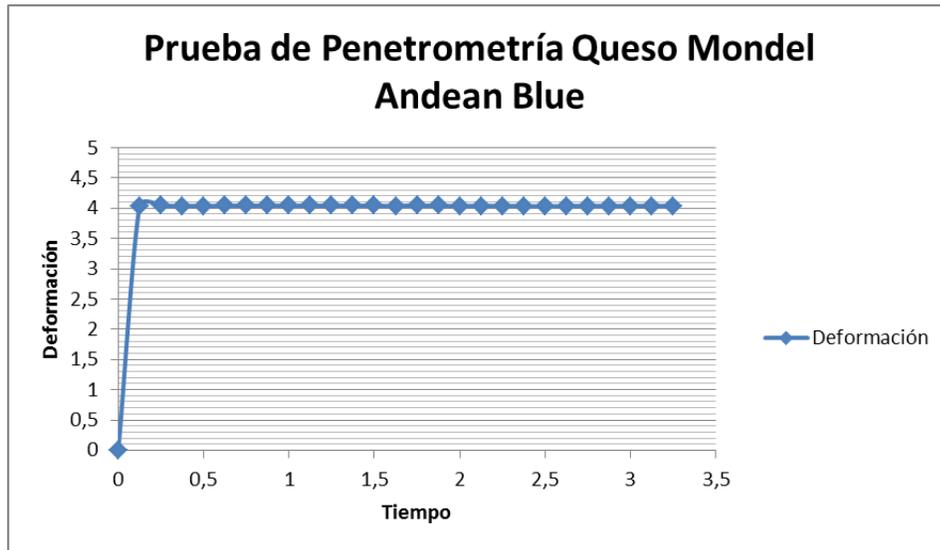


Figura 4.155: Curva de deformación para el queso Mondel Andean Blue, obtenida de la prueba de Penetración.

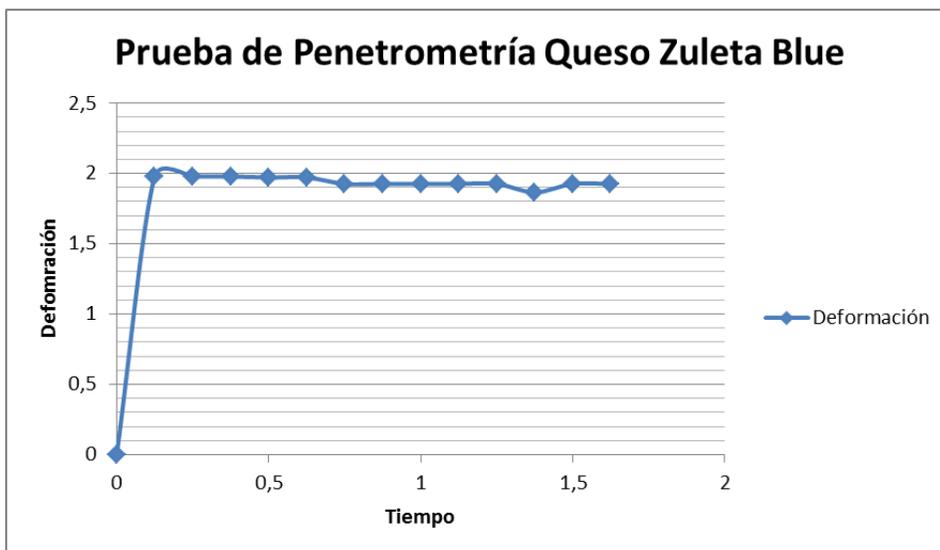


Figura 4.156: Curva de deformación para el queso Zuleta Blue, obtenida de la prueba de Penetración.

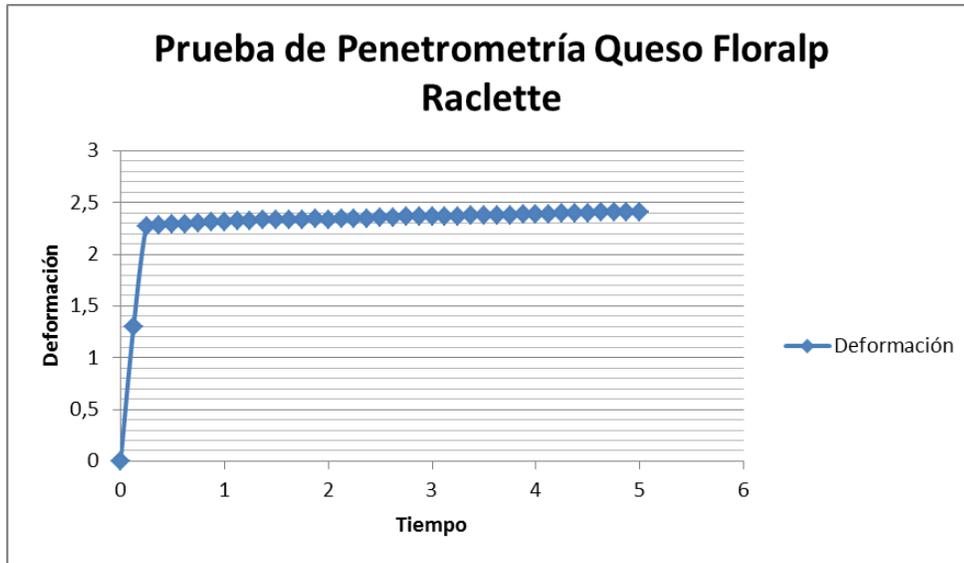


Figura 4.157: Curva de deformación para el queso Floralp Raclette, obtenida de la prueba de Penetración.

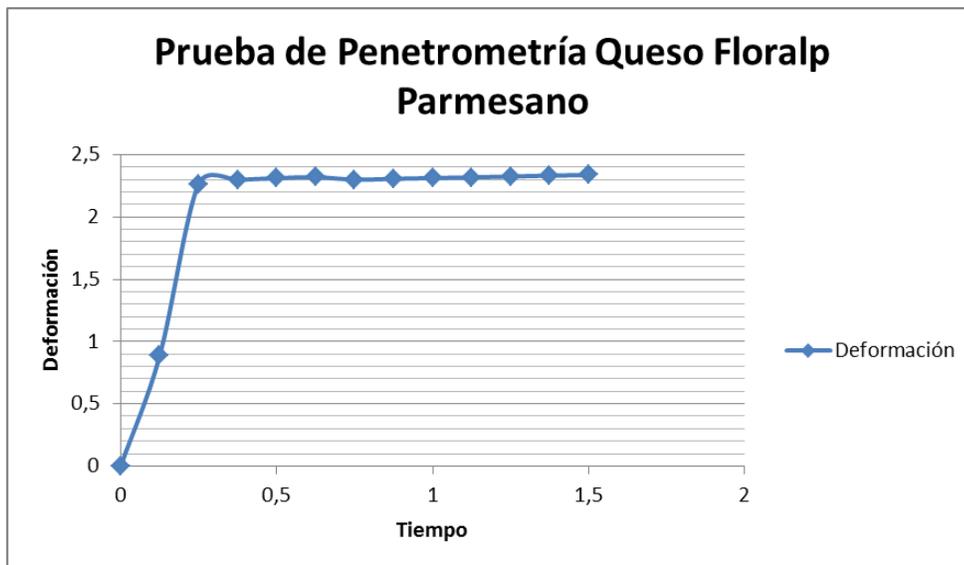


Figura 4.158: Curva de deformación para el queso Floralp Parmesano, obtenida de la prueba de Penetración.

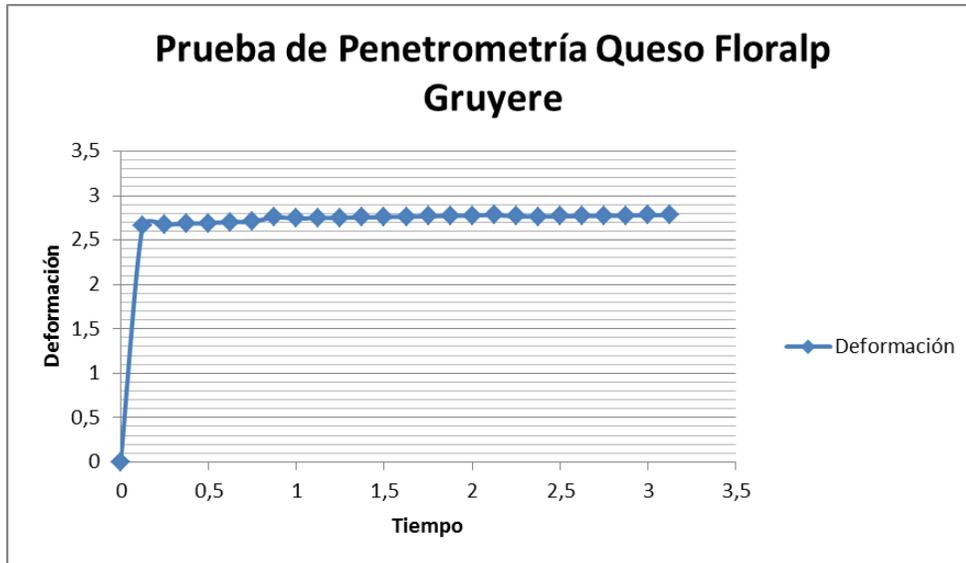


Figura 4.159: Curva de deformación para el queso Floralp Gruyere, obtenida de la prueba de Penetración.

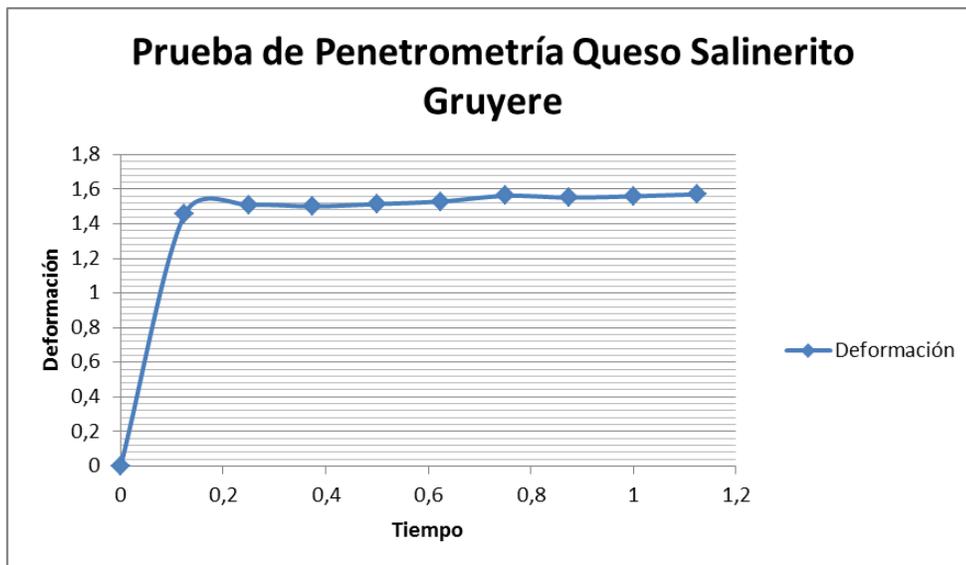


Figura 4.160: Curva de deformación para el queso Salinerito Gruyere, obtenida de la prueba de Penetración.

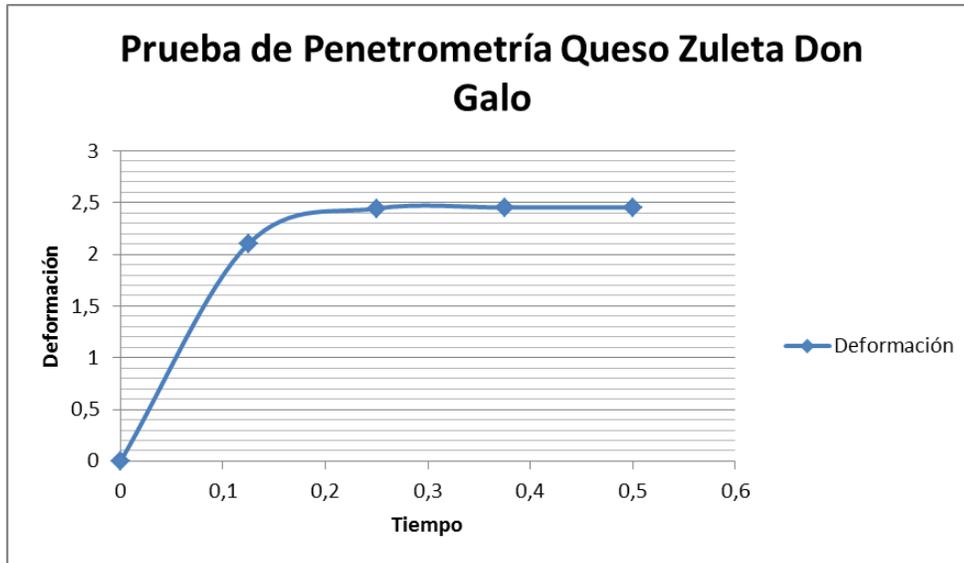


Figura 4.161: Curva de deformación para el queso Zuleta Don Galo, obtenida de la prueba de Penetración.

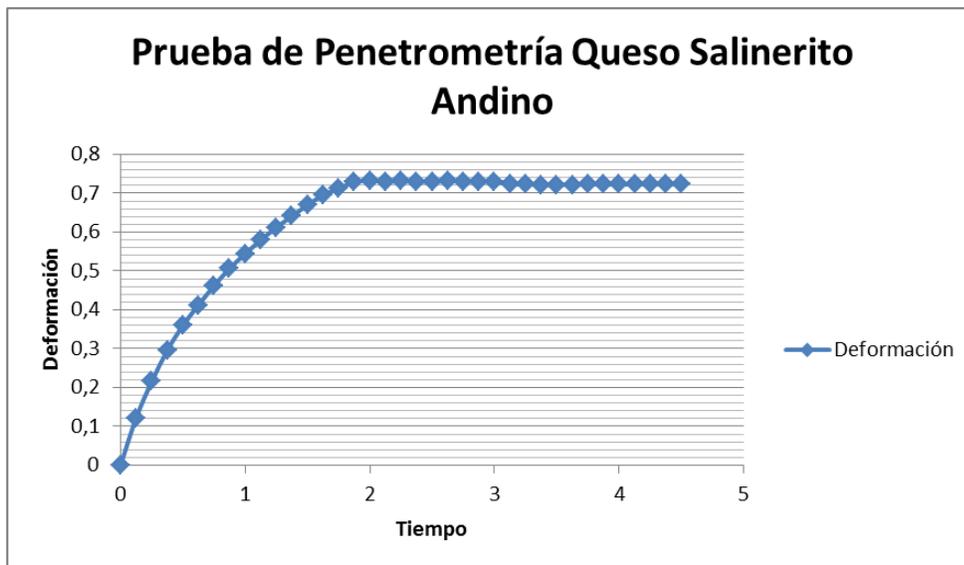


Figura 4.162: Curva de deformación para el queso Salinerito Andino, obtenida de la prueba de Penetración.

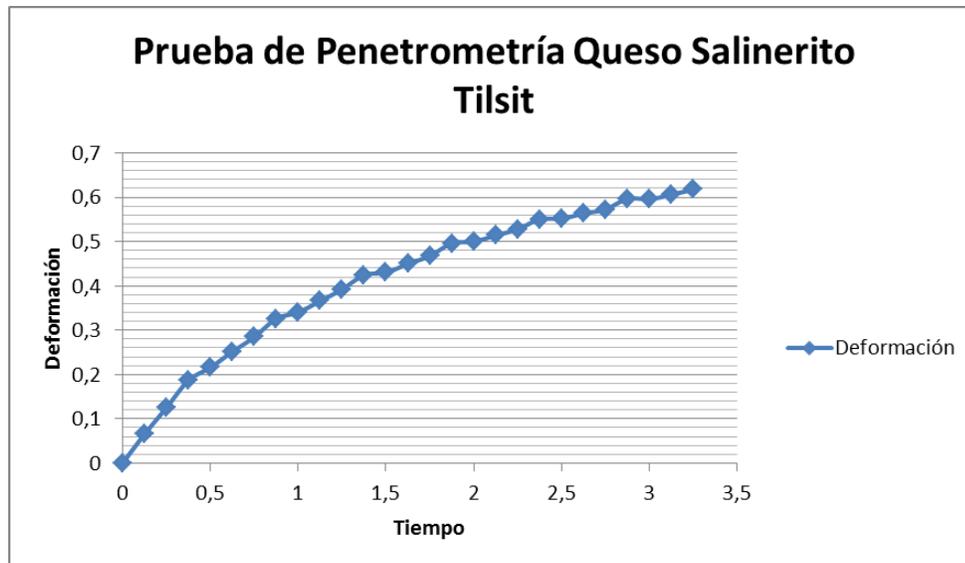


Figura 4.163: Curva de deformación para el queso Salinerito Tilsit, obtenida de la prueba de Penetración.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN

Los quesos debido a las diferentes técnicas de elaboración, a su contenido graso, su contenido de humedad y al tiempo de maduración, presentan diferentes características, es así que en los quesos frescos al tener un tiempo de maduración corto, se caracterizan por tener un contenido de humedad elevado, por lo que deben ser refrigerados, en los quesos semimaduros al tener un tiempo de maduración intermedio, el contenido de humedad se reduce en gran parte, por lo que se debe mantener las condiciones adecuadas para los mismos y en los quesos maduros al tener un tiempo de maduración largo, su contenido de humedad se reduce fuertemente, por lo que se debe de mantener las condiciones adecuadas. Estas características de los quesos influyen en el comportamiento reológico de los mismos, el cual es importante en el diseño de procesos en la industria de los alimentos. (Ramírez López & Vélez Ruiz, 2012).

En las muestras analizadas, se observa que el  $J_0$ , para las muestras a excepción de una, con una variación mínima, es igual entre sí, por lo que el cumplimiento instantáneo, es igual en quesos frescos, semimaduros y maduros.

El parámetro de  $J_1$ , cumplimiento de retardo es variable para cada uno de los tipos de quesos, que van desde valores muy bajos, a valores medios y valores muy altos de cumplimiento de retardo, no existe un comportamiento similar entre el mismo tipo de queso, en los quesos Frescos blandos como es el caso de los quesos Ricotta y Feta, al tener una textura blanda, permite que tenga una alta fluencia, en los quesos frescos comunes como el queso Nutri, al tener una textura semiblanda, la fluencia de los mismos es menor que la de quesos blandos, en los quesos de tipo mozzarella

dependiendo de la empresa que los fábrica, se tienen quesos de textura semidura y dura, por lo que la fluencia es menor que la de quesos de textura blanda y semidura.

En los quesos semimaduros la diferencia de texturas, también influye en la fluencia, como es en el queso Brie que tiene una textura blanda, se tiene una mayor fluencia, los quesos semimaduros de textura semidura como el queso Danbo, se tiene una fluencia intermedia. En los quesos maduros de texturas blandas, como los quesos Azules, los quesos maduros de textura semidura como el Don Galo, y los quesos maduros duros como los quesos Parmesanos, la textura también influyen en la fluencia de los mismos.

En la prueba de penetración, se observa la velocidad inicial de deformación, en la que a una mayor velocidad, se tiene una mayor penetración, es así que en los quesos que tienen alta penetración, son más suaves al morder, en cambio los quesos que tienen una baja penetración necesitan de un mayor esfuerzo al morder.

Los resultados obtenidos en este análisis demuestran que cada tipo de queso tiene su propio comportamiento reológico, ya que no existe una estandarización en la elaboración de cada tipo de queso, por las diferentes empresas que lo fabrican.

## CONCLUSIONES

Este estudio permite concluir que 19 quesos de tipo fresco, 21 quesos de tipo semimaduro, y 9 quesos de tipo maduro, con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca, cumplen con el modelo mecánico de Burger, con lo que se demuestra que los quesos analizados, tienen un comportamiento viscoelástico, en la que al aplicar el esfuerzo constante se produjo una deformación elástica instantánea seguida de una elástica retardada hasta que se establece un flujo newtoniano en el sistema. En 5 muestras de quesos analizadas, 4 de tipo fresco (Kiosko del Campo, Zuleta, Salinerito Mozzarella, y Dulac's Mozzarella) y 1 de tipo semimaduro (Kiosko Gouda), presentan en un inicio un comportamiento viscoelástico para finalmente tener un comportamiento viscoso.

En la Prueba de Penetración realizada en los 49 muestras de quesos frescos, semimaduros y maduros con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca, se obtuvieron, valores de penetración altos y valores de penetración bajos, los valores altos de penetración muestran la existencia de quesos que al momento de morder, no necesitan un mayor esfuerzo, en cada tipo de queso existen muestras que presentan valores altos de penetración, es así que en las muestras de quesos frescos, es el queso Zuleta, en las muestras de quesos semimaduros, es el queso Finca Holandés y en las muestras de quesos maduros es el queso Mondel Andean Blue. Los valores bajos de penetración muestran la existencia de que los quesos necesitan un esfuerzo mayor al momento de morder, en cada tipo de queso existen muestras que presentan valores bajos de penetración, es así que en las muestras de quesos frescos, es el queso Kiosko Semiduro entero, en las muestras de quesos semimaduros, es el queso Alpina Holandés y en las muestras de quesos maduros es el queso Salinerito Tilsit.

Este estudio permite decir que los quesos frescos, semimaduros, maduros con mayor presencia en autoservicios en la ciudad de Cuenca, tienen un comportamiento reológico propio, ya que en los valores obtenidos en el Creep Recovery Test y en la Prueba de Penetración no existen valores iguales entre sí, a excepción del cumplimiento instantáneo ( $J_0$ ) en el Creep Recovery Test, que para las 49 muestras analizadas es cero, esto se debe a las diferentes técnicas de elaboración, al contenido graso, al contenido de humedad y al tiempo de maduración, de cada muestra de queso analizado, por lo que modifica la reología de los mismos.

Las pruebas de Creep Recovery y la Prueba de Penetración pueden ser aplicadas para estandarizar procesos y mantener la calidad en los productos, debido que son parámetros físico-químicos, que se generan de las formulaciones y los procesos. Si se conservan las formulaciones y se controlan los procesos, cada productor tendrá la información propia de su producto, que solo es replicable para el mismo, con lo que puede asegurar siempre la misma calidad de estos, al medir sus características reológicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albán M. 2006. Elaboración de un queso fresco a partir de una mezcla de leches de oveja y leche de vaca. Tesis de Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Alpina. 2013. Nuestra Historia (en línea), <<http://www.alpina.com.co/productos/>>. Consulta: Agosto 2015.
- Alpina Ecuador. 2015. Quesos Kiosko(en línea), <[https://www.google.com.ec/search?q=productos+el+kiosko&espv=2&biw=1024&bih=455&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwui8bWppozMAhUFHD4KHcj2AJgQ\\_AUIBigB&dpr=1#imgrc=q5l4SKSeqIXeyM%3A](https://www.google.com.ec/search?q=productos+el+kiosko&espv=2&biw=1024&bih=455&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwui8bWppozMAhUFHD4KHcj2AJgQ_AUIBigB&dpr=1#imgrc=q5l4SKSeqIXeyM%3A)>. Consulta: Agosto 2015.
- Arévalo Á. 2015. Análisis adquisición y procesamiento de señales en sensores de equipos reológicos. Tesis de Ingeniero Electronico. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Castañeda R, Borbonet S, Ibarra A, Ipar J, Vásquez A, Brito C, y otros. 2010. Quesos de America del sur. Albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Castro A, Novoa C, Algecibra N, & Buitrago G. 2014. Reologia y textura de quesos bajos en grasa. Scielo, 1851-7587.
- Castro E, & De Hombre R. 2007. Parámetros Mecánicos y Textura de Los Alimentos (en línea), <<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121381/ParamMecTexAlim07.pdf?sequence=1>>. Consulta: Noviembre 2015.
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. Agosto de 2015. La leche del Ecuador - Historia de la lechería Ecuatoriana(en línea), <[http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la\\_leche\\_del\\_ecuador.pdf](http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/publicaciones/la_leche_del_ecuador.pdf)>. Consulta: mayo 2015.

- Explored. 2007. Alpina se "come" los productos El Kiosko(en línea),<  
<http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/alpina-se-come-los-productos-el-kiosko-284503.html>>.Consulta: agosto 2015.
- La Finca. 2007. Acerca de la Finca(en línea),<  
<http://www.lafinca.com.ec/acercade.htm>>.Consulta: agosto 2015.
- Floralp. 2015. Reseña Historica(en línea),< <http://www.floralp-sa.com/corporativo-ecuador/resena-historica-dp1.htm>>.Consulta: agosto 2015.
- Gahona E. 2013. Introducción a la Reologia de Alimentos(en línea),<  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211613/Reologia\\_en\\_alimentos.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211613/Reologia_en_alimentos.pdf)>.C  
 onсульта: agosto 2015.
- Gómez L. 2009. Capitulo vi quesos frescos y madurados(en línea),<  
<http://lacteos2009-leyla.blogspot.com/2009/05/capitulo-vi-quesos-frescos-y-madurados.html>>.Consulta: mayo 2015.
- Hacienda Zuleta. 2015. Quesos (en  
 línea),<<http://www.productoshaciendazuleta.com/queso/informacion>>.Consult  
 a: septiembre 2015.
- Hostelería Ecuador. 2014. Floralp. (en  
 línea),<[https://www.google.com.ec/search?q=productos+floralp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdwfLq4zMAhXDeD4KHamgD5gQ\\_AUIBygB&biw=1024&bih=455#imgrc=xbLbfprKuIU9gM%3A](https://www.google.com.ec/search?q=productos+floralp&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdwfLq4zMAhXDeD4KHamgD5gQ_AUIBygB&biw=1024&bih=455#imgrc=xbLbfprKuIU9gM%3A)>.Consulta:  
 septiembre 2015.
- Inprolac. 2015. Historia (en línea)<<http://inprolac.com.ec/empresa.html>>.Consulta:  
 noviembre 2015.
- Microsoft Office. 2010. Solver. Microsoft Excel.
- MONDEL. 2015. Quienes somos(en  
 línea),<<http://mondel.com.ec/mondel/QuienesSomos.aspx>>.Consulta: octubre  
 2015.

- NTE-1528. 2012. Norma General Para Quesos Frescos No Madurados. Requisitos. Ecuador.
- Nutri. 2015. Historia Nutri(en línea),<<http://www.nutri.ec/index.php/empresa/historia>>.Consulta: octubre 2015.
- Orozco, M. 2015. Un tercio de la producción láctea se dedica al queso(en línea),<<http://www.revistalideres.ec/lideres/ecuador-produccion-lactea-queso.html>>.Consulta:noviembre 2015.
- Osorio J, Ciro H, & Guillermo L. 2005. Caracterización Reologica y Textural del Queso Edam. Scielo, 0012-7353.
- Quezada A. 2009. Implementación del Sistema Buenas Prácticas de Manufactura en Productos Lácteos Nandito. Tesis de Ingeniera de Producción y Operaciones.Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Ramírez López, & Vélez Ruiz. 2012. Quesos frescos:propiedades,métodos de determinación y factores que afectan a su calidad(en línea),<[http://web.udlap.mx/tsia/2012.pdf\\_files/2013/12/TSIA-62Ramirez-Lopez-et-al-](http://web.udlap.mx/tsia/2012.pdf_files/2013/12/TSIA-62Ramirez-Lopez-et-al-)>.Consulta: mayo 2015.
- Ramírez Navas J. 2006. Introducción a la Reología de Alimentos(en línea),<[https://www.researchgate.net/publication/259620275\\_Introduccion\\_a\\_la\\_Reologia\\_de\\_Alimentos](https://www.researchgate.net/publication/259620275_Introduccion_a_la_Reologia_de_Alimentos)>.Consulta: mayo 2015.
- Ramírez J. (2006). Fundamentos de Reología de Alimentos(en línea),<<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~dsa/Fundamentos%20de%20Reologia.pdf>>.Consulta:mayo 2015.
- ReybanPac. (2015). Quienes somos(en línea),< <http://www.agr.ec/>>.Consulta:octubre 2015.
- Rojas O, Briceño M, & Avendaño J. 2012. Fundamentos de Reología(en línea),<<http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S521C.pdf>>.Consulta: mayo 2015.

Sahin S, & Gulum Sumnu S. 2006. Physical Properties of Foods.Springer. San Marcos.EE.UU.

Salinerito. 2014. Productos. (en línea)  
<<http://www.salinerito.com/productos/quesos>>.Consulta: octubre 2015.

Tenecela C. 2011. Plan de expansión de ventas de la microempresa “Lácteos Los Pinos”. Tesis de Ingeniera Comercial. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Walstra P. 2003. Physical Chemistry of Foods.Marcel Dekker. New York.EE.UU.

Zuñiga L, Ciro H, & Osorio J. 2007. Estudio de la dureza del queso Edam por medio de análisis de perfil de textura y penetrómetria por esfera. Scielo, 0304-2847.

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** Norma Técnica Ecuatoriana 1528: 2012 Norma General Para Quesos Frescos No Madurados. Requisitos



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1528:2012**  
**Primera revisión**

---

**NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO MADURADOS. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

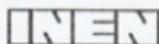
GENERAL STANDARD FOR UNRIPENED FRESH CHEESE. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso fresco no madurado, requisitos.  
AL 03.01-420  
CDU: 637.352  
CIIU: 3112  
ICS: 67.100.30

CDU: 637.352  
ICS: 67.100.30



CIIU: 3112  
AL 03.01-420

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	NORMA GENERAL PARA QUESOS FRESCOS NO MADURADOS. REQUISITOS	NTE INEN 1528:2012 Primera revisión 2012-03
---------------------------------------	--	--

## 1. OBJETO

- 1.1 La presente Norma establece los requisitos para el queso fresco no madurado, incluido el queso fresco, destinado al consumo directo o a posterior elaboración.
- 1.2 En caso que exista norma específica para una variedad de queso fresco, en particular se considerará esta.

## 2. DEFINICIONES

- 2.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:
- 2.1.1 *Queso*. Se entiende por queso el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:
- Coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche descremada, leche parcialmente descremada, crema, crema de suero o leche, de mantequilla o de cualquier combinación de estos ingredientes, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso deberá ser evidentemente más alto que el de la mezcla de los ingredientes lácteos ya mencionados en base a la cual se elaboró el queso; y/o
  - Técnicas de elaboración que comportan la coagulación de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido en el apartado a).
- 2.1.1.1 *Queso madurado*. Se entiende por queso sometido a maduración el queso que no está listo para el consumo poco después de la fabricación, sino que debe mantenerse durante cierto tiempo a una temperatura y en unas condiciones tales que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos necesarios y característicos del queso en cuestión.
- 2.1.1.2 *Queso madurado por mohos*. Se entiende por queso madurado por mohos un queso curado en el que la maduración se ha producido principalmente como consecuencia del desarrollo característico de mohos por todo el interior y/o sobre la superficie del queso.
- 2.1.1.3 *Queso no madurado*. Se entiende por queso no madurado el queso que está listo para el consumo poco después de su fabricación.
- 2.1.2 *Queso fresco*. Es el queso no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácteos. También se designa como queso blanco.
- 2.1.3 *Queso condimentado*. Es el queso al cual se han agregado condimentos y/o saborizantes naturales o artificiales autorizados.
- 2.1.4 *Queso cottage*. Es el queso no madurado, escaldado o no, de alta humedad, de textura blanda o suave, granular o cremosa, preparado con leche descremada, coagulada con enzimas y/o cultivos lácteos, cuyo contenido de grasa láctea es inferior a 2% (m/m).
- 2.1.5 *Queso cottage crema*. Es el queso cottage al que se le ha agregado crema, de manera que su contenido de grasa láctea es igual o mayor de 4% (m/m).

(Continúa)

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, queso fresco no madurado, requisitos.

**2.1.6 Queso quark (quarg).** Es el queso no madurado ni escaldado, alto en humedad, de textura blanda o suave, preparado con leche descremada y concentrada, cuajada con enzimas y/o cultivos lácticos y separados mecánicamente del suero, cuyo contenido de grasa láctea es variable, dependiendo si se agrega crema o no durante su elaboración.

**2.1.7 Queso ricotta.** Es el queso de proteínas de suero no madurado, escaldado, alto en humedad, de textura granular blanda o suave, preparado con suero de leche o suero de queso con leche, cuajada por la acción del calor y la adición de cultivos lácticos y ácidos orgánicos.

**2.1.8 Queso crema.** Es el queso no madurado ni escaldado, con un contenido relativamente alto de grasa, de textura homogénea, cremosa, no granulada, preparado solamente con crema o mezclada con leche, cuajada con cultivos lácticos y opcionales se permite el uso de enzimas adicionales en los cultivos lácticos.

**2.1.9 Queso de capas.** Es el queso moldeado de textura relativamente firme, no granular, levemente elástica preparado con leche entera, cuajada con enzimas y/o ácidos orgánicos generalmente sin cultivos lácticos.

**2.1.10 Queso duro.** Es el queso no madurado, escaldado o no, prensado, de textura dura desmenuzable, preparado con leche entera, semidescremada o descremada, cuajada con cultivos lácticos y enzimas, cuyo contenido de grasa es variable dependiendo de la leche empleada en su elaboración y tiene un contenido relativamente bajo de humedad.

**2.1.11 Queso mozzarella.** Es el queso no madurado, escaldado, moldeado, de textura suave elástica (pasta filamentososa), cuya cuajada puede o no ser blanqueada y estirada, preparado de leche entera, cuajada con cultivos lácticos, enzimas y/o ácidos orgánicos o inorgánicos.

**2.1.12 Quesillo criollo.** Es el queso no madurado, escaldado, alto en humedad con textura blanda suave y elástica fabricado con leche, acidificada con ácido láctico, cuajado generalmente con cuajo líquido.

**2.1.13 Queso criollo o queso de comida.** Es el queso no madurado, preparado con leche, adicionado de cuajo y de textura homogénea, con desuerado natural.

**2.1.14 Queso requesón.** Es el producto obtenido por la concentración de suero y el moldeo del suero concentrado, con o sin la adición de leche y grasa de leche, cuyo contenido de grasa es variable.

**2.1.15 Queso Descremado.** Es el queso no madurado, con un contenido relativamente bajo en grasa de textura homogénea preparado con leche descremada.

**2.1.16 Queso Cuartirolo.** Es un queso fresco tradicional, de corteza lisa y suave con aroma y sabor característico

**2.1.17 Queso de Hoja.** Es el queso no madurado obtenido a partir de queso criollo acidificado de forma natural en presencia de bacterias mesófilas nativas de Ecuador no patógenas; sometido a calentamiento previo al hilado, la característica es su envoltura en hoja de achira.

**2.1.18 Queso Manaba.** Es el queso no madurado obtenido a partir de leche, acidificado de forma natural en presencia de bacterias mesófilas nativas de la zona manabita, salado con sal en grano y colocado en moldes sin fondo para su prensado.

**2.1.19 Queso amasado Lojano.** Es el queso no madurado elaborado a partir de queso criollo salado y acidificado naturalmente, secado, molido y nuevamente prensado; la característica es su envoltura en hoja de achira.

**2.1.20 Queso amasado Carchense.** Es el queso no madurado obtenido de cuajada no cortada, de acidificación natural, molido, amasado, moldeado en moldes perforados y espolvoreado sal de consumo humano; desmenuzado manualmente, moldeado y prensado.

**2.1.21 Queso Andino fresco.** Es un queso no madurado, el cuerpo presenta un color que varía de blanco a crema y tiene una textura blanda (al presionarse con el dedo pulgar) que se puede cortar.

(Continua)

### 3. CLASIFICACIÓN

3.1 De acuerdo a su composición y características físicas el producto, se clasifica en:

3.1.1 *Según el contenido de humedad,*

- a) Duro
- b) Semiduro
- c) Semiblando
- d) Blando

3.1.2 *Según el contenido de grasa láctea,*

- a) Rico en grasa
- b) Entero ó Graso
- c) Semidescremado ó bajo en grasa
- d) Descremado ó Magro

### 4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 La leche utilizada para la fabricación del queso fresco, debe cumplir con los requisitos de la Norma NTE INEN 10, y su procesamiento se realizará de acuerdo a los principios del Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

4.2 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MLR 1 en su última edición.

4.3 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MLR 2 en su última edición.

### 5. REQUISITOS

#### 5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Para la elaboración de los quesos frescos no madurados, se pueden emplear las siguientes materias primas e ingredientes autorizados, los cuales deben cumplir con las demás normas relacionadas o en su ausencia, con las normas del Codex Alimentarius:

5.1.1.1 Leche y/o productos obtenidos de la leche.

5.1.1.2 Ingredientes tales como:

- a) Cultivos de fermentos de bacterias inocuas productoras de ácido láctico y/o aromas y cultivos de otros microorganismos inocuos;
- b) Cuajo u otras enzimas coagulantes inocuas e idóneas;
- c) Cloruro de sodio;
- d) Vinagre;

(Continua)

NTE INEN 1528

2012-03

5.1.2 Los quesos frescos no madurados, ensayados de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

Tipo o clase	Humedad % max NTE INEN 63	Contenido de grasa en extracto seco, % m/m Mínimo NTE INEN 64
Semiduro	55	-
Duro	40	-
Semiblando	65	-
Blando	80	-
Rico en grasa	-	60
Entero ó graso	-	45
Semidescremado o bajo en grasa	-	20
Descremado ó magro	-	0,1

5.1.3 *Requisitos microbiológicos.* Al análisis microbiológico correspondiente, los quesos frescos no madurados deben dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

5.1.3.1 Los quesos frescos no madurados, ensayados de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 2.

**TABLA 2. Requisitos microbiológicos para quesos frescos no madurados**

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Enterobacteriaceas, UFC/g	5	$2 \times 10^2$	$10^3$	1	NTE INEN 1529-13
Escherichia coli, UFC/g	5	<10	10	1	AOAC 991.14
Staphylococcus aureus UFC/g	5	10	$10^2$	1	NTE INEN 1529-14
Listeria monocytogenes /25 g	5	ausencia	-		ISO 11290-1
Salmonella en 25g	5	AUSENCIA	-	0	NTE INEN 1529-15

Donde:

- n = Número de muestras a examinar.
- m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.
- M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.
- c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

5.1.4 *Aditivos.* Se pueden utilizar los aditivos permitidos y en las cantidades especificadas en la NTE INEN 2074 y además:

- a) Gelatina y almidones modificados (estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los estabilizadores, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias)
- b) Harinas y almidones de arroz, maíz y papa (estas sustancias pueden utilizarse con los mismos fines que los antiaglutinantes para el tratamiento de la superficie de productos cortados, rebanados y desmenuzados únicamente, a condición de que se añadan únicamente en las cantidades funcionalmente necesarias)

5.1.5 *Contaminantes.* El límite máximo permitido debe ser el que establece el Codex alimentarius de contaminantes CODEX STAN 193-1995, en su última edición

(Continua)

## 5.2 Requisitos complementarios

5.2.1 Los quesos frescos no madurados deben mantenerse en cadena de frío durante el almacenamiento, distribución y comercialización a una temperatura de  $4^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$  y su transporte debe ser realizado en condiciones idóneas que garanticen el mantenimiento del producto.

5.2.2 Las unidades de comercialización de este producto debe cumplir con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

## 6. INSPECCIÓN

### 6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 04.

### 6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 Se acepta el producto si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

## 7. ENVASADO Y EMBALADO

7.1 Los quesos frescos no madurados deben expendirse en envases asépticos, y herméticamente cerrados, que aseguren la adecuada conservación y calidad del producto.

7.2 Los quesos frescos no madurados deben acondicionarse en envases cuyo material, en contacto con el producto, sea resistente a su acción y no altere las características organolépticas del mismo.

7.3 El embalaje debe hacerse en condiciones que mantenga las características del producto y aseguren su inocuidad durante el almacenamiento, transporte y expendio.

## 8. ROTULADO

8.1 El Rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en el RTE INEN 022

8.2 **Designación.** El queso se designa por su nombre, seguido de la indicación del contenido de humedad, contenido de grasa láctea en extracto seco y características del proceso. Adicionalmente puede designarse por un nombre regional reconocido o por un nombre comercial específico.

(Continua)

## APÉNDICE Z

## Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 10	<i>Leche pasteurizada. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 63	<i>Quesos. Determinación del contenido de humedad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 64	<i>Quesos. Determinación del contenido de grasas</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 65	<i>Quesos. Ensayo de la fosfatasa</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-13	<i>Control microbiológico de los alimentos. Enterobacteriaceae. Recuento en placa por siembra en profundidad</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-14	<i>Control microbiológico de los alimentos. Staphylococcus aureus. Recuento en placa de siembra por extensión en superficie</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados</i>
<i>Ley 2007-76</i>	<i>del Sistema Ecuatoriano de la Calidad Publicado en el Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 1</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas en los alimentos.</i>
<i>Codex Alimentarius CAC/MRL 2</i>	<i>Lista de límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios.</i>
<i>Codex Stan 193-1995</i>	<i>Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y pientos</i>
Decreto Ejecutivo 3253	<i>Reglamento de buenas prácticas de manufactura para alimentos procesados</i>
AOAC 991.14	<i>Coliform and Escherichia coli Counts in foods Dry Rehydratable Film Methods.</i>
ISO 11290-1	<i>Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes -- Part 2: Enumeration method</i>

## Z.2 BASES DE ESTUDIO

*Codex Stan 221-2001 Norma de grupo del Codex para el queso no madurado, incluido el queso fresco* Adoptado 2001. Enmienda 2008. Revisión 2010

*Codex Stan 283-1978 Norma general del Codex para el queso* Adoptado en 1973. Revisión 1999. Enmienda 2006, 2008. Revisión 2010

*Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Norma de quesos frescos no madurados.* NTON 03 022-99. Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. 28 abril 1999.

*Reglamento Sanitario de los Alimentos* DTO N°977/96 . República de Chile. Pags. 73. Actualizado a 2010

**Anexo 2:** Preparación de la muestra.

