

Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis y ampliación de las líneas de producción de
una planta de envasado de aceituna negra

Autor: Julio Villaciervos Moreno

Tutor: Jose Manuel Framiñán Torres

Dpto. Organización Industrial y Gestión de
Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Grado
Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Análisis y ampliación de las líneas de producción de una planta de envasado de aceituna negra

Autor:

Julio Villaciervos Moreno

Tutor:

Jose Manuel Framiñán Torres

Catedrático de Universidad

Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Proyecto Fin de Carrera: Análisis y ampliación de las líneas de producción de una planta de envasado de aceituna negra

Autor: Julio Villaciervos Moreno

Tutor: Jose Manuel Framiñán Torres

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

Una empresa líder del sector agroalimentario en España se encontraba en una fase de ampliación de sus instalaciones. Dentro de este proyecto de ampliación solicitó un estudio de su sistema de producción para conocer las necesidades de ampliación del mismo con el objetivo de cubrir una demanda futura previamente estimada. Además la empresa solicitó una revisión del estudio a otra empresa y es éste último el objeto de este documento.

El documento ha sido realizado como trabajo de fin grado y forma parte de la titulación “Grado en ingeniería de organización industrial”. Esta basado en un proyecto profesional realizado por el alumno autor del mismo durante su estancia en una multinacional española especializada en ingeniería, tecnología y consultoría.

El proyecto, inicialmente, tenía como objetivo la revisión de un análisis del sistema productivo actual de la empresa cliente realizado por otra compañía. Tras la revisión se detectaron fallos que invalidaban los resultados que dicho análisis arrojaba. La empresa-cliente solicitó la elaboración de un nuevo estudio del sistema productivo.

Este documento trata del estudio realizado para conocer las capacidades de producción de aceituna negra del sistema actual, las necesidades de ampliación del sistema de producción para cubrir la demanda futura estimada en un periodo de cinco años y la capacidad de alimentación externa que el sistema puede absorber gracias a la holgura de las etapas de envasado y encajado del sistema a día de hoy.

En el documento se expone en detalle en que consistió dicho proyecto y cómo fue realizado, así como los resultados del mismo.

Resumen	vii
Índice	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xv
1 Introducción	1
1.1 Objeto	1
1.2 Justificación	1
1.3 Sumario	2
2 Descripción de la problemática	5
2.1 Descripción del sistema productivo a analizar	5
2.1.1 Planos de la planta de producción antes de la ampliación	14
2.2 El problema a resolver	15
3 Hipótesis y datos	17
3.1 Capacidad productiva: definición y otras consideraciones iniciales	17
3.2 Variables y parámetros de entrada del modelo matemático	19
3.3 Tratamiento de los datos de entrada	22
3.3.1 Cálculo de los pesos netos escurridos (PNE)	22
3.3.2 Alimentación externa 2014	23
3.4 Estudio datos de ventas 2014	25
3.4.1 Peso líneas por número de envases	28
3.4.2 Peso líneas por kilogramos envasados	28
3.4.3 Peso línea por kilogramos transformados envasados (excluyendo “lisas”)	28
3.5 Cálculo de la demanda 2018	29
4 Modelo de simulación	33
4.1 Ecuaciones para la estimación de las capacidades productivas	33
4.1.1 Etapa de oxidación	34
4.1.2 Etapa de deshuesado	35
4.1.3 Alimentación interna	35
4.1.4 Etapa de envasado	35
4.1.5 Etapa de esterilización	36
4.1.6 Etapa de encajado	37
4.1.7 Capacidad productiva global del sistema	38
4.2 Estudio de alimentación de las etapas de envasado y encajado	38
4.2.1 Transformación tipo “Rodajas”	39
4.2.2 Transformación tipo “Deshuesadas”	40
4.2.3 Transformación tipo “Lisas”	42
4.3 Estudio equilibrado de etapas oxidación y deshuesado	43
4.3.1 Situación actual	44
4.3.2 Propuesta inicial cliente	49
4.3.3 Propuesta realizada al cliente	53
4.3.4 Comparativa entre propuestas	57

4.4	<i>Modelo de simulación para un producto</i>	61
4.4.1	Línea 1: A-10 Rodajas	61
4.5	<i>Modelo de simulación multiproducto</i>	82
4.5.1	Plan de producción 1	82
4.5.2	Plan de producción 2	86
4.5.3	Plan de producción 3	90
4.5.4	Plan de producción 4	93
4.5.5	Plan de producción 5	96
4.5.6	Plan de producción 6	100
4.5.7	Plan de producción 7	104
5	Resultados	109
5.1	<i>Necesidades de oxidación y transformación</i>	109
5.2	<i>Estudio de capacidad de atender las demandas individuales en 2018</i>	110
5.3	<i>Capacidad alimentación externa</i>	115
5.4	<i>Análisis esterilización</i>	116
5.5	<i>Aportaciones adicionales del modelo de simulación</i>	119
5.5.1	Planificación del almacén: análisis de flujos de inventario	119
5.5.2	Planificación de la producción: capacidad productiva de combinaciones del sistema	120
6	Conclusiones	125
6.1	<i>Conclusiones</i>	125
7	Anexo	127
7.1	<i>Experimento “pérdida de masa debido al proceso de deshuesado”</i>	127
7.2	<i>Análisis de la etapa de oxidación</i>	130
7.2.1	Oxidación con un lavado (oxidación con lavado simple)	131
7.2.2	Oxidación con doble lavado	153
7.2.3	Oxidación compuesta (70% 1 lavado, 30% 2 lavados)	168
7.3	<i>Estudio disponibilidad etapa de envasado</i>	175
7.3.1	Disponibilidad línea 1	179
7.3.2	Disponibilidad línea 2	180
7.3.3	Disponibilidad línea 3 Pouches	182
7.4	<i>Estudio disponibilidad etapa de encajado</i>	183
7.4.1	Disponibilidad línea 1 (encajado)	187
7.4.2	Disponibilidad línea 2 (encajado)	188
7.4.3	Disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)	190
7.5	<i>Estudio disponibilidad etapa de deshuesado (deshuesado y corte)</i>	191
7.6	<i>Experimentación para la estimación de la duración del proceso de vaciar un pilón</i>	194
7.7	<i>Estimación de duración del setup “completo” en la etapa de encajado</i>	197
	Bibliografía	203

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Variables y parámetros de entrada del modelo	19
Tabla 3-2 Pesos Netos escurridos según formato y tipo de transformación	22
Tabla 3-3 Alimentación externa	24
Tabla 3-4 Alimentación externa total	25
Tabla 3-5 Datos de ventas 2014. Número de envases	25
Tabla 3-6 Datos ventas 2014. Kilogramos envasados	26
Tabla 3-7 Previsión de demanda	29
Tabla 3-8 Previsión de demanda expresada en número de envases	29
Tabla 3-9 Previsión demanda en kilos de aceituna envasada	30
Tabla 3-10 Previsión demanda en kilos de aceituna transformada envasada	30
Tabla 3-11 Tasas medias de producción 2014	31
Tabla 3-12 Tasas medias de producción previstas 2018	31
Tabla 4-1 Transformación rodajas (36 desh. 24 pilones)	44
Tabla 4-2 Transformación deshuesadas (36 desh. 24 pilones)	47
Tabla 4-3 Transformación rodajas (64 desh. 30 pilones)	49
Tabla 4-4 Transformación deshuesadas (64 desh. 30 pilones)	51
Tabla 4-5 Transformación rodajas (64 desh. 40 pilones)	53
Tabla 4-6 Transformación deshuesadas (64 desh. 40 pilones)	55
Tabla 4-7 Incrementos de producción transformación rodajas	59
Tabla 4-8 Incrementos de producción transformación deshuesadas	60
Tabla 4-9 Datos entrada producción A-10 rodajas	61
Tabla 4-10 Datos entrada escenario A-10 “Rodajas” etapa deshuesado	62
Tabla 4-11 Datos entrada etapa esterilizado	63
Tabla 4-12 Tasa de calidad etapa esterilización	64
Tabla 4-13 Datos entrada etapa oxidación	64
Tabla 4-14 Datos entrada etapa envasado línea 1	65
Tabla 4-15 Disponibilidad envasado línea 1 basado en datos históricos	66
Tabla 4-16 Datos entrada etapa encajado línea 1	66
Tabla 4-17 Disponibilidad encajado línea 1 basado en datos históricos	67
Tabla 4-18 Velocidades máquinas etapas envasado y encajado	67
Tabla 4-19 Datos análisis estadístico cap. productiva escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	71
Tabla 4-20 Datos análisis estad. cap. product. escenario monoproducto A-10 “Rodajas” en env/min	76
Tabla 4-21 Pilones disponibles plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas	82
Tabla 4-22 Pilones disponibles plan producción LT 2750 G Rodajas	83

Tabla 4-23 Pilonos disponibles plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas	84
Tabla 4-24 Simulación plan producción 1	86
Tabla 4-25 Comparación plan producción 1	86
Tabla 4-26 Pilonos disponibles plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas	86
Tabla 4-27 Pilonos disponibles plan producción 2 LT 2750 G Deshuesadas	87
Tabla 4-28 Pilonos disponibles plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas	88
Tabla 4-29 Simulación plan producción 2	90
Tabla 4-30 Comparación plan producción 2	90
Tabla 4-31 Pilonos disponibles plan de producción 3 LT A-10 Rodajas	90
Tabla 4-32 Pilonos disponibles plan producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas	91
Tabla 4-33 Simulación plan producción 3	93
Tabla 4-34 Comparación plan producción 3	93
Tabla 4-35 Pilonos disponibles plan de producción 4 LT A-10 Rodajas	93
Tabla 4-36 Pilonos disponibles plan producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas	94
Tabla 4-37 Simulación plan producción 4	96
Tabla 4-38 Comparación plan producción 4	96
Tabla 4-39 Pilonos disponibles plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas	96
Tabla 4-40 Pilonos disponibles plan producción 5 LT 350 G Deshuesadas	97
Tabla 4-41 Pilonos disponibles plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas	98
Tabla 4-42 Simulación plan producción 5	100
Tabla 4-43 Comparación plan producción 5	100
Tabla 4-44 Pilonos disponibles plan de producción 6 LT 5 KG Lisas	100
Tabla 4-45 Pilonos disponibles plan producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas	101
Tabla 4-46 Pilonos disponibles plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas	102
Tabla 4-47 Simulación plan producción 6	104
Tabla 4-48 Comparación plan producción 6	104
Tabla 4-49 Pilonos disponibles plan de producción 7 LT 2750 G Lisas	104
Tabla 4-50 Pilonos disponibles plan producción 7 LT ½ KG Deshuesadas	105
Tabla 4-51 Pilonos disponibles plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas	106
Tabla 4-52 Simulación plan producción 7	108
Tabla 4-53 Comparación plan producción 7	108
Tabla 5-1 Capacidad actual y necesaria futura etapas oxidación y deshuesado	109
Tabla 5-2 Demandas y tasas medias actuales y futuras	110
Tabla 5-3 Tasas medias actuales y necesarias a futuro	112
Tabla 5-4 Holguras medias actuales y futura	113
Tabla 5-5 Holgura mínima del sistema	116
Tabla 5-6 Autoclaves necesarias por producto dedicación completa capac. productiva	117
Tabla 5-7 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (1)	120
Tabla 5-8 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (2)	121

Tabla 5-9 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (3)	122
Tabla 5-10 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (4)	122
Tabla 5-11 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (5)	123
Tabla 5-12 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (6)	124
Tabla 7-1 Masa aceitunas antes y después del deshuesado en gramos	127
Tabla 7-2 Masa medias deshuesadas y sin deshuesar	128
Tabla 7-3 Valor máximo, medio y esperado según calibre	128
Tabla 7-4 Otros valores estadísticos	128
Tabla 7-5 Datos entrada análisis etapa oxidación	130
Tabla 7-6 Sub-etapas de la etapa de oxidación y duración (oxidación con lavado simple)	131
Tabla 7-7 Análisis determinista (oxidación con lavado simple)	132
Tabla 7-8 Resultados análisis etapa oxidación (lavado simple)	133
Tabla 7-9 Datos entrada etapa oxidación simple 24 pilones	141
Tabla 7-10 Datos entrada etapa oxidación simple 32 pilones	147
Tabla 7-11 Duración sub-etapas oxidación con doble lavado	153
Tabla 7-12 Análisis determinista oxidación con doble lavado	154
Tabla 7-13 Resultados análisis etapa oxidación (doble lavado)	155
Tabla 7-14 Datos entrada etapa oxidación simple 24 pilones	164
Tabla 7-15 Datos entrada etapa oxidación compuesta 24 pilones	171
Tabla 7-16 Datos de producción real línea 1	175
Tabla 7-17 Datos incidencias línea 1	176
Tabla 7-18 Obtención parámetros cálculo disponibilidad etapa envasado	177
Tabla 7-19 Datos disponibilidad línea 1	179
Tabla 7-20 Datos disponibilidad línea 2	181
Tabla 7-21 Datos disponibilidad línea 3 Pouches	182
Tabla 7-22 Datos producción real línea 1 (cajas)	183
Tabla 7-23 Datos incidencias línea 1 etapa ancajado	184
Tabla 7-24 Obtención parámetros cálculo disponibilidad etapa encajado	186
Tabla 7-25 Datos disponibilidad línea 1 (encajado)	187
Tabla 7-26 Datos disponibilidad línea 2	189
Tabla 7-27 Datos disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)	190
Tabla 7-28 Realación cambios de transformación	192
Tabla 7-29 Datos líneas de deshuesado	192
Tabla 7-30 Datos línea de deshuesado	192
Tabla 7-31 N° cambios día desfavorable	192
Tabla 7-32 N° cambios día habitual	192
Tabla 7-33 N° cambios día favorable	193
Tabla 7-34 Datos disponibilidad etapa deshuesado	193
Tabla 7-35 Datos experimento vaciado de pilón	194

Tabla 7-36 Suposiciones experimento vaciado pilón	195
Tabla 7-37 Datos pilón vaciado	195
Tabla 7-38 Relación altura del pilón con porcentaje de llenado	195
Tabla 7-39 Tiempos vaciado del pilón	196
Tabla 7-40 Factor cercanía del pilón	196
Tabla 7-41 Duración tareas setup etapa de encajado	197
Tabla 7-42 Análisis determinista setup encajado	197

Índice de Figuras

Figura 2-1 Esquema de las etapas del sistema de producción.	6
Figura 2-2 Plano general de la planta	14
Figura 2-3 Área de oxidación	14
Figura 2-4 Área de deshuesado	15
Figura 3-1 Peso líneas por número de envases	28
Figura 3-2 Peso líneas por kilogramos envasados	28
Figura 3-3 Peso líneas por kilogramos transformados	29
Figura 4-1 Tasa de oxidación “Rodajas”	39
Figura 4-2 Tasa de deshuesado “Rodajas”	39
Figura 4-3 Tasa de alimentación interna “Rodajas”	40
Figura 4-4 Tasa etapa oxidación “Deshuesadas”	40
Figura 4-5 Tasa etapa deshuesado “Deshuesadas”	41
Figura 4-6 Tasa alimentación interna “Deshuesadas”	41
Figura 4-7 Tasa etapa oxidación “Lisas”	42
Figura 4-8 Tasa alimentación interna “Lisas”	42
Figura 4-9 Transformación rodajas (36 desh. 24 pilones)	46
Figura 4-10 Transformación deshuesadas (36 desh. 24 pilones)	48
Figura 4-11 Transformación rodajas (64 desh. 30 pilones)	50
Figura 4-12 Transformación deshuesadas (64 desh. 30 pilones)	52
Figura 4-13 Transformación rodajas (64 desh. 40 pilones)	54
Figura 4-14 Transformación deshuesadas (64 desh. 40 pilones)	56
Figura 4-15 Comparativa propuestas rodajas	57
Figura 4-16 Comparativa propuestas deshuesadas	58
Figura 4-17 Distribución calibre medio	62
Figura 4-18 Disponibilidad introducida etapa de deshuesado	62
Figura 4-19 Disponibilidad etapa deshuesado	63
Figura 4-20 Distribución tiempo de carga y descarga	63
Figura 4-21 Distribución del número de pilones por turno de 8 horas	64
Figura 4-23 Histograma disponibilidad etapa envasado línea 1	65
Figura 4-22 Distribución disponibilidad envasado línea 1	65
Figura 4-24 Distribución disponibilidad encajado línea 1	66
Figura 4-25 Histograma disponibilidad etapa encajado línea 1	66
Figura 4-26 Tasa etapa oxidación	68
Figura 4-27 Tasa etapa deshuesado	68

Figura 4-28 Tasa alimentación interna	69
Figura 4-29 Tasa etapa esterilización	69
Figura 4-30 Tasa etapa envasado	70
Figura 4-31 Tasa etapa encajado	70
Figura 4-32 Tasa de producción monoproducto A-10 “Rodajas”	71
Figura 4-33 Tasa de producción “global” monoproducto A-10 “Rodajas”	72
Figura 4-34 Tasa etapa oxidación en envases por minuto	72
Figura 4-35 Tasa etapa deshuesado en envases por minuto	73
Figura 4-36 Tasa alimentación interna en envases por minuto	73
Figura 4-37 Tasa etapa esterilización en envases por minuto	74
Figura 4-38 Tasa etapa envasado en envases por minuto	74
Figura 4-39 Tasa etapa encajado en envases por minuto	75
Figura 4-40 Tasa de producción monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto	75
Figura 4-41 Tasa de producción “global” monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto	76
Figura 4-42 Tasa de producción desacoplada monoproducto A-10 “Rodajas”	77
Figura 4-43 Tasa de producción desacoplada monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto	77
Figura 4-44 Probabilidad etapa oxidación cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	78
Figura 4-45 Probabilidad etapa deshuesado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	78
Figura 4-46 Probabilidad etapa esterilización cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	79
Figura 4-47 Probabilidad etapa envasado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	79
Figura 4-48 Probabilidad etapa encajado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	80
Figura 4-49 Holgura línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	80
Figura 4-50 Holgura línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto	81
Figura 4-51 Grado de ocupación de línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	81
Figura 4-52 Grado de ocupación al 100% línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”	82
Figura 4-53 Pilonos disponibles plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas	83
Figura 4-54 Tasa producción plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas	83
Figura 4-55 Pilonos disponibles plan de producción 1 LT 2750 G Rodajas	84
Figura 4-56 Tasa de producción plan de producción 1 LT 2750 G Rodajas	84
Figura 4-57 Pilonos disponibles plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas	85
Figura 4-58 Tasa producción plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas	85
Figura 4-59 Pilonos disponibles plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas	87
Figura 4-60 Tasa producción plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas	87
Figura 4-61 Pilonos disponibles plan de producción 2 LT 2750 G Deshuesadas	88
Figura 4-62 Tasa de producción plan de producción 2 LT 2750 G Deshuesadas	88
Figura 4-63 Pilonos disponibles plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas	89
Figura 4-64 Tasa producción plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas	89
Figura 4-65 Pilonos disponibles plan de producción 3 LT A-10 Rodajas	91
Figura 4-66 Tasa producción plan de producción 3 LT A-10 Rodajas	91

Figura 4-67 Pilonos disponibles plan de producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas	92
Figura 4-68 Tasa de producción plan de producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas	92
Figura 4-69 Pilonos disponibles plan de producción 4 LT A-10 Rodajas	94
Figura 4-70 Tasa producción plan de producción 4 LT A-10 Rodajas	94
Figura 4-71 Pilonos disponibles plan de producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas	95
Figura 4-72 Tasa de producción plan de producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas	95
Figura 4-73 Pilonos disponibles plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas	97
Figura 4-74 Tasa producción plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas	97
Figura 4-75 Pilonos disponibles plan de producción 5 LT 350 G Deshuesadas	98
Figura 4-76 Tasa de producción plan de producción 5 LT 350 G Deshuesadas	98
Figura 4-77 Pilonos disponibles plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas	99
Figura 4-78 Tasa producción plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas	99
Figura 4-79 Pilonos disponibles plan de producción 6 LT 5 KG Lisas	101
Figura 4-80 Tasa producción plan de producción 6 LT 5 KG Lisas	101
Figura 4-81 Pilonos disponibles plan de producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas	102
Figura 4-82 Tasa de producción plan de producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas	102
Figura 4-83 Pilonos disponibles plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas	103
Figura 4-84 Tasa producción plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas	103
Figura 4-85 Pilonos disponibles plan de producción 7 LT 2750 G Lisas	105
Figura 4-86 Tasa producción plan de producción 7 LT 2750 G Lisas	105
Figura 4-87 Pilonos disponibles plan de producción 7 LT ½ KG Deshuesadas	106
Figura 4-88 Tasa de producción plan de producción 7 LT ½ KG Deshuesadas	106
Figura 4-89 Pilonos disponibles plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas	107
Figura 4-90 Tasa producción plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas	107
Figura 5-1 Probabilidad etapa envasado cuello de botella (sist. desacoplado)	113
Figura 5-2 Probabilidad etapa encajado cuello de botella (sist. desacoplado)	114
Figura 5-3 Holgura entre las etapas envasado y encajado	114
Figura 5-4 Tasa producción desacoplada A-9 Deshuesadas	115
Figura 5-5 Tasa producción desacoplada FR 5 CYL Deshuesadas	115
Figura 5-6 Tasa producción desacoplada Poch 33 OZ Deshuesadas	116
Figura 5-7 Flujos de inventario	120
Figura 7-1 Gráfico de dispersion masa aceitunas sin deshuesar o lisas	129
Figura 7-2 Gráfico de dispersion masa aceitunas deshuesadas	129
Figura 7-3 Variabilidad de la aceituna	130
Figura 7-4 Resultados duración etapa de oxidación lavado simple	138
Figura 7-5 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple	139
Figura 7-6 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple	139
Figura 7-7 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple	140
Figura 7-8 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple	140

Figura 7-9 N° pilones por turno oxidación simple	141
Figura 7-10 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple	142
Figura 7-11 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple	142
Figura 7-12 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple	143
Figura 7-13 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple	143
Figura 7-14 Probabilidad n° pilones por turno superior a 3,5	144
Figura 7-15 Probabilidad n° pilones por turno superior a 4	144
Figura 7-16 Probabilidad n° pilones por turno superior a 4,5	145
Figura 7-17 Probabilidad n° pilones por turno superior a 5	145
Figura 7-18 Probabilidad n° pilones por turno superior a 5,5	146
Figura 7-19 N° pilones por turno oxidación simple 32 pilones	147
Figura 7-20 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple 32 pilones	148
Figura 7-21 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple 32 pilones	148
Figura 7-22 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple 32 pilones	149
Figura 7-23 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple 32 pilones	149
Figura 7-24 Probabilidad n° pilones por turno superior a 5 con 32 pilones	150
Figura 7-25 Probabilidad n° pilones por turno superior a 5,5 con 32 pilones	150
Figura 7-26 Probabilidad n° pilones por turno superior a 6 con 32 pilones	151
Figura 7-27 Probabilidad n° pilones por turno superior a 6,5 con 32 pilones	151
Figura 7-28 Probabilidad n° pilones por turno superior a 7 con 32 pilones	152
Figura 7-29 Probabilidad n° pilones por turno superior a 7,5 con 32 pilones	152
Figura 7-30 Resultados duración etapa de oxidación doble lavado	162
Figura 7-31 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación doble lavado	162
Figura 7-32 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación doble lavado	163
Figura 7-33 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación doble lavado	163
Figura 7-34 N° pilones por turno oxidación doble lavado 24 pilones	164
Figura 7-35 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones	165
Figura 7-36 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones	165
Figura 7-37 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones	166
Figura 7-38 Probabilidad n° pilones por turno superior a 2 (doble lavado 24 pilones)	166
Figura 7-39 Probabilidad n° pilones por turno superior a 3 (doble lavado 24 pilones)	167
Figura 7-40 Probabilidad n° pilones por turno superior a 3,5 (doble lavado 24 pilones)	167
Figura 7-41 Probabilidad n° pilones por turno superior a 4 (doble lavado 24 pilones)	168
Figura 7-42 Resultados duración etapa de oxidación compuesta	169
Figura 7-43 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación compuesta	169
Figura 7-44 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación compuesta	170
Figura 7-45 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación compuesta	170
Figura 7-46 N° pilones por turno oxidación compuesta 24 pilones	171
Figura 7-47 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones	172

Figura 7-48 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones	172
Figura 7-49 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones	173
Figura 7-50 Probabilidad nº pilones por turno superior a 3,5 (compuesta 24 pilones)	173
Figura 7-51 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4 (compuesta 24 pilones)	174
Figura 7-52 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4,5 (compuesta 24 pilones)	174
Figura 7-53 Histograma disponibilidad línea 1	179
Figura 7-54 Función distribución disponibilidad línea 1	180
Figura 7-55 Histograma disponibilidad línea 2	180
Figura 7-56 Función distribución disponibilidad línea 2	181
Figura 7-57 Histograma disponibilidad línea 3 Pouches	182
Figura 7-58 Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches	183
Figura 7-59 Histograma disponibilidad línea 1 (encajado)	187
Figura 7-60 Función distribución disponibilidad línea 1 (encajado)	188
Figura 7-61 Histograma disponibilidad línea 2 (encajado)	188
Figura 7-62 Función distribución disponibilidad línea 2 (encajado)	189
Figura 7-63 Histograma disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)	190
Figura 7-64 Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)	191
Figura 7-65 Distribución de probabilidad disponibilidad etapa de deshuesado	193
Figura 7-66 Posición pilón experimento	194
Figura 7-67 Distribución duración setup etapa encajado	199
Figura 7-68 Intervalo de confianza del 67% de la duración setup encajado	200
Figura 7-69 Intervalo de confianza del 75% de la duración setup encajado	200
Figura 7-70 Intervalo de confianza del 90% de la duración setup encajado	201
Figura 7-71 Intervalo de confianza del 95% de la duración setup encajado	201

1 INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se expondrán el objeto, justificación y sumario del trabajo. Este capítulo servirá como introducción y ayudará a entender en detalle la naturaleza del trabajo realizado.

1.1 Objeto

El objeto de este trabajo fin de grado consiste en el análisis de un sistema productivo concreto, la planta de procesado de aceitunas negras de una empresa líder del sector agroalimentario español (en adelante, empresa-cliente) y cuya planta de producción se encuentra en la región de Sevilla. Para la realización del mismo se ha creado un conjunto de ecuaciones para el cálculo las capacidades productivas de cada una de las etapas que componen el sistema de producción y la capacidad productiva del sistema en su conjunto. Posteriormente fue necesaria la estimación tanto de las variables de entrada como de los parámetros incluidos en dicho conjunto de ecuaciones. Debido a la variabilidad y naturaleza estocástica de alguna de las variables, para el cálculo de las diferentes variables de salida se empleó una herramienta de simulación continua, **Oracle Crystalball**, y se utilizó una herramienta de análisis estadístico, **Statgraphics**, para la parametrización del modelo planteado.

Posteriormente, este análisis ha sido utilizado para valorar la capacidad productiva actual y la capacidad productiva futura para distintos escenarios (distintas posibles ampliaciones). Esto permite valorar y conocer las mejoras que se obtendrán tras las posibles ampliaciones a realizar en la planta y justificar la implantación de las mismas.

El análisis permite conocer el funcionamiento de la planta de producción y las capacidades individuales de cada una de las etapas que componen el sistema bajo determinados escenarios de producción. Este análisis obtiene una parte de los datos de entrada de un informe realizado por otra empresa de consultoría, proveniente de un estudio realizado previamente que resultó insatisfactorio y cuyos resultados no se correspondían con la realidad, quedando invalidados. En concreto, este estudio/análisis tiene como objetivo calcular la ampliación necesaria de las etapas de oxidación y deshuesado del sistema de producción de la empresa-cliente, la necesidad de ampliación de las etapas de envasado y encajado, y la alimentación externa que el sistema es capaz de admitir, especificándose la holgura de las etapas no limitantes. Como resultado del estudio, también se obtiene información que permite conocer las necesidades de las máquinas futuras que permitirá un diseño más eficiente de las nuevas líneas de envasado y encajado a implementar en un futuro. Finalmente, y como parte de los frutos de este estudio, esta información permitirá producir herramientas que faciliten la programación de la producción con el objetivo de optimizarla.

1.2 Justificación

Este trabajo fin de grado se basa en un proyecto realizado a petición de una empresa del sector agroalimentario y fue realizado por el autor del trabajo fin de grado como trabajador de una empresa de ingeniería, formando parte del departamento de industria (año 2015). El estudio recoge el resultado de dos informes presentados a la empresa-cliente. En el primer informe, el objetivo era comprobar los resultados alcanzados tras el estudio realizado por una tercera empresa sobre el sistema de producción que es objeto del análisis. El estudio realizado por esta empresa contenía errores tanto en el planteamiento del análisis como en el tratamiento de las variables del sistema ya que obviaba la alta variabilidad que presentaban y lo simplificaba trabajando

únicamente con valores medios. La estimación de muchas de las variables y la metodología aplicada presentaban errores tanto en la consistencia de los criterios como en la captura de datos. Esta situación supuso la invalidez del anterior estudio quedando claro que el estudio anterior era incorrecto y sus resultados no válidos. A partir de ese momento, la responsabilidad del autor del trabajo fin de grado dentro del proyecto de ampliación de la planta aumentó, siendo responsable del cálculo del número de máquinas necesarias en las ampliaciones del sistema productivo, una inmediata (inclusión de 38 nuevas máquinas deshuesadoras) y otra futura (ampliación necesaria para cubrir la demanda esperada en 2018).

En fecha 8-5-2015 se presenta un primer estudio de producción del cual se extraen una serie de conclusiones. En concreto, en estas conclusiones y recomendaciones destacan la identificación de etapas limitantes de la producción, las propuestas de equilibrado de las etapas productivas, las recomendaciones de disminuir la variabilidad y mejorar la disponibilidad del sistema, y la recomendación de ahondar en el conocimiento del mismo para conseguir los objetivos de optimización de la producción deseados.

Posteriormente, a raíz de este estudio se solicita por parte de la empresa-cliente ampliar el alcance del mismo incluyendo por un lado el estudio de la demanda determinando la capacidad de oxidación/transformación necesaria, y el estudio de la alimentación externa y las holguras disponibles en las etapas de envasado/encajado.

1.3 Sumario

Este estudio consiste en el análisis de una planta que procesa y envasa, en diferentes formatos, aceituna negra. El objetivo del mismo es explicar cómo se llevo a cabo, la metodología y herramientas seleccionadas, la información y tratamiento de la misma necesaria para su realización y los resultados/conclusiones obtenidos.

El **capítulo 1** contiene el objeto de este trabajo fin de grado, la justificación del mismo y un sumario del contenido del documento.

En el **capítulo 2** se ahondará en la descripción del problema y se definirá el sistema productivo que será objeto de análisis a lo largo de este informe. Se trata de una planta donde se oxida (la oxidación es un proceso de elaboración por el cual las aceitunas, tras ser sometidas a salmuera o fermentación, son tratadas con un medio alcalino y bien oxigenado), se deshuesa la aceituna, en ocasiones se corta en rodajas, y posteriormente la aceituna es envasada en diversos formatos, se realiza la esterilización del producto (ya dentro del envase) y finalmente pasa a la etapa de encajado (serie de procesos que terminan con un conjunto de envases agrupados en un envase de mayor tamaño o caja y que a su vez son agrupadas en un palé) donde se forman los palés que serán finalmente almacenados.

En el **capítulo 3** se exponen los distintos parámetros y variables de entrada del conjunto de ecuaciones para el cálculo de las capacidades, y se explica, a grandes rasgos, cómo se obtuvo la información necesaria para la posterior validación de los resultados y el objetivo a alcanzar. Es decir, la actual capacidad productiva real del sistema, que se obtuvo gracias al análisis de los datos de venta del último año, y las necesidades productivas futuras, que se obtuvieron extrapolando las estimaciones de crecimiento del cliente para cada referencia que se fabrica en la planta.

En el **capítulo 4** se muestran el conjunto de ecuaciones construidas y la aplicación de las mismas en el análisis del sistema productivo.

Se exponen los resultados del modelo (capacidades productivas) de las dos primeras etapas que conforman lo que se denominó “alimentación interna”. Estas dos primeras etapas en serie alimentan las tres líneas de envasado-encajado y su estudio nos permite determinar las necesidades de ampliación de las mismas. Es decir, el número de pilones de oxidación y el número de máquinas deshuesadoras necesarias a futuro.

Y para facilitar la comprensión del análisis, se muestran los resultados de los datos de salida, obtenidos mediante un conjunto de simulaciones, aplicados a un escenario de producción monoproducción y varios escenarios de producción multiproducción. En realidad, los planes de producción monoproducción, salvo algunas excepciones, no utilizan toda la capacidad productiva de la planta por lo que no se deberían llevar a cabo pero su inclusión en este estudio ayuda a entender la simulación, ya que supone una simplificación, y son la base de

la construcción de los planes de producción multiproducto que se construyen repartiendo la alimentación del sistema (número de pilones y número de líneas de deshuesado) en cada uno de los modelos de envasado-encajado construidos para cada referencia.

Los resultados son recogidos en el **capítulo 5**. Estos resultados son por un lado las necesidades de oxidación y transformación futuras, la capacidad actual del sistema productivo y las necesidades de producción futuras para cada una de las referencias que son fabricadas en esta planta, la capacidad del sistema en la actualidad para absorber alimentación externa (aceituna oxidada y transformada en otras plantas propiedad de la empresa o por terceros), es decir, las holguras del sistema, capacidad de la etapa de esterilización actual y tras la ampliación planificada de la misma. También se incluyen otras aportaciones adicionales que el estudio permitiría explorar.

En el **capítulo 6** se explican las conclusiones del estudio de optimización de las líneas de producción analizadas que se incluyeron en el informe final entregado al cliente.

2 DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En el anterior capítulo se realizó una introducción para explicar el objeto del trabajo así como una explicación del mismo. También se definió en un sumario una breve descripción de cada uno de los capítulos. En este segundo capítulo se ahondará en la descripción del problema y se definirá en detalle el sistema productivo que será objeto de análisis a lo largo de este trabajo.

2.1. Descripción del sistema productivo a analizar

El sistema productivo a analizar es una planta de transformación de aceitunas negras. Dentro de este sistema, se analizará la parte del mismo que comprende desde la llegada de las aceitunas ya clasificadas a la etapa de oxidación (llegada de las aceitunas a los pilones) hasta el final de la etapa de encajado que finaliza con el producto ya envasado y paletizado.

En la planta se procesan aceitunas negras en tres formas diferentes, enteras (lisas), deshuesadas y en rodajas, y para ello cuenta con tres líneas de envasado:

- Línea 1: envase formato gran tamaño (línea “food service”), en concreto latas circulares y rectangulares. Los formatos más representativos son A-10 y A-9 (latas circulares) y 2750g (lata rectangular).
- Línea 2: envase formato pequeño tamaño (línea “retail”), en concreto latas circulares y vidrio (frascos), ambas de tamaños variados.
- Línea de pouches: formato de bolsa de diferentes tamaños.

El sistema está compuesto por varias etapas:

- Etapa de oxidación
- Etapa de deshuesado
- Etapa de separación
- Etapa de envasado
- Etapa de esterilización
- Etapa de encajado

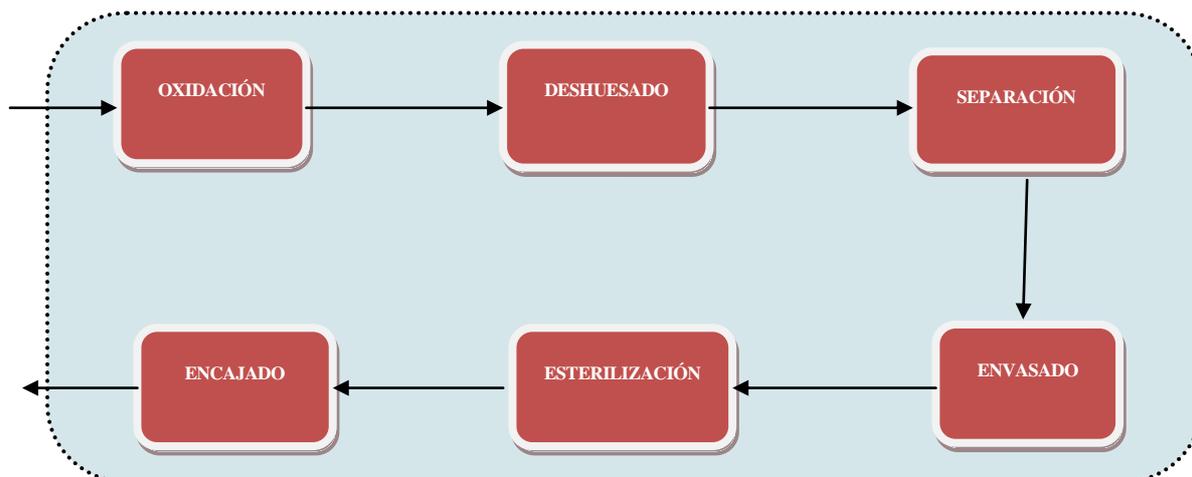


Figura 2-1 Esquema de las etapas del sistema de producción.

ETAPA DE OXIDACIÓN:

Se realiza en 24 tanques circulares de fibra de vidrio (pilones), dispuestos en una matriz de 4 hileras con 6 tanques cada una, de manera que se tienen dos pasillos de mantenimiento intermedios. Consiste en el cocido de las aceitunas con sosa cáustica (3-4 horas), lavado con agua de red (24 horas), dosificación de glucomato ferroso (24 horas).

Durante el cocido se dosifica antiespumante. Para la corrección del pH se dosifica ácido acético. Por la parte superior, cada pilón dispone de entrada de: acético automática, producto y salmuera, sosa (2-3 % en masa), agua, acético manual, y agua con dosificación de gluconato ferroso (en torno a 8 kg por 12000 kg de aceituna).

Por la parte inferior se inyecta aire procedente de soplante, y se tienen las salidas de sosa, agua y producto. En la zona de pilones también se encuentran 4 tanques de salmuera, en los cuales se preparan distintas soluciones para el envasado.

ETAPA DE DESHUESADO:

Desde los pilones, por gravedad y mediante la ayuda de un circuito de retorno de salmuera, se vuelca la aceituna negra en las tolvas de deshuesado. Existen 5 tolvas de deshuesado y 6 líneas de deshuesado. Estas tolvas tienen una capacidad aproximada de 1.000 kg de aceitunas.

La primera tolva es compartida por las líneas de deshuesado 1 y 2. En estas tolvas hay un control de nivel de producto y de nivel de líquido. Cuando se detecta alto nivel de producto se cierra la válvula de descarga de los pilones. Cuando se detecta alto nivel de líquido se activa el bombeo del circuito de retorno de salmuera a pilones.

Posteriormente se eleva el producto hacia la línea de deshuesado, la cual consta de cinta para el transporte de producto a deshuesar, circuito de producto deshuesado, y circuito de huesos. El circuito de huesos se acumula en un pozo ubicado al comienzo de la línea de deshuesado, desde el cual se bombea hacia el exterior donde se separa hueso de líquido. El hueso se envía a molino para aprovecharlo como biomasa, mientras que el líquido es retornado a la línea de deshuesado. Este líquido retornado se hace fluir por el circuito de huesos, ayudando a la circulación de los huesos hacia el pozo de recogida. Asimismo, el líquido acumulado en las tolvas previas a densímetros se bombea hacia el inicio del circuito de producto para ayudar al arrastre del mismo una vez es deshuesado/laminado. Los equipos de esta sección funcionan con aire comprimido a 1 kg/cm² (además de la alimentación eléctrica).

ETAPA DE SEPARACIÓN:

El producto procedente de deshuesado se vuelca en las tolvas de densímetros. El líquido de las tolvas de densímetros cae por desborde en unos cajones desengrasantes. Existen actualmente tres cajones desengrasantes, uno para las líneas 1, 2 y lisas, otro para las líneas 3 y 4, y el tercero para las líneas 5 y 6.

Desde estos cajones desengrasantes se bombea de vuelta hasta el comienzo de la línea de producto deshuesado de la etapa anterior. Desde las tolvas de densímetros el producto se eleva hacia los densímetros, donde además se aporta agua y salmuera de equilibrado (procedente de línea exterior a la nave).

En los densímetros, los restos pesados son decantados y desechados, pasando el producto flotante a las cintas filtrantes y de ahí a los vibradores (líneas 1, 2 y 3) o perdigoneras (líneas 4, 5, y 6). En ambos equipos, cinta filtrante y vibrador, continúa la separación de trozos de huesos y otros restos (piedras, ramas, etc). El líquido que se va recogiendo se bombea de nuevo a densímetros.

Los huesos y demás restos se bombean al circuito de huesos. Existe una tolva de lisas, que recoge las aceitunas que no requieren deshuesado. Estas aceitunas son bombeadas desde la zona de pilones, concretamente desde dos bombas que hay a pie de cada pasillo de mantenimiento de pilones. De esta tolva parte una elevadora que descarga en un vibrador, que vuelca sobre un densímetro, y que posteriormente descarga en una cinta hacia el tamiz distribuidor.

Finalmente el producto llega a un tamiz distribuidor desde el que es dirigido a la etapa de envasado. Este tamiz distribuidor consiste en un conjunto de cintas transportadoras con compuertas desviadoras. Este conjunto se encarga de distribuir el producto ya filtrado, y según el caso también deshuesado y laminado, hacia alguna de las tres líneas de envasado.

El tramo de cinta entre densímetros 1 y 3 es unidireccional, mientras que el tramo entre densímetros 4 y 6 es bidireccional, además con posibilidad de cambio de dirección independiente por cada salida de densímetro, de manera que cada uno de estos densímetros (4, 5 y 6) tiene la posibilidad de volcar el producto transformado hacia cualquiera de las tres líneas de envasado (pouches, línea 1 o línea 2). Para discriminar entre tolva de envasado de línea 1 y tolva de envasado de línea 2, también para ordenar el flujo de producto incluso cuando todo va a tolva de línea 1, el tamiz incluye una chapa separadora que divide el tamiz en dos mitades desde la zona de densímetro 4 hasta el extremo de la cinta en tolva de envasado de línea 1.

Por otro lado, algunas salidas de densímetro incluyen una pieza pantalón para poder elegir si se vuelca en producto en una mitad u otra del tamiz. Concretamente los densímetros 3 y 4 más el densímetro de lisas. En definitiva, bien mediante compuertas desviadoras en el tamiz o bien mediante estas piezas pantalón, se puede elegir donde volcar el producto. Los densímetros 1 y de lisas sólo vuelcan sobre la tolva de envasado de línea 1 (mediante un aplique, la línea de separación de lisas también puede volcar en la línea 2). Los densímetros 2 y 3 pueden volcar sobre tolva de línea 1 o tolva de línea 2. Los densímetros 4, 5 y 6 pueden volcar sobre cualquiera de las tres tolvas de envasado.

ETAPA DE ENVASADO:

La etapa de envasado está compuesta, de forma general, de las siguientes sub-etapas:

- Desengrasado (escaldadores)
- Detección de metales
- Llenado, pesado
- Dosificación de salmuera de envasado
- Cerrado de envase
- Encestado para autoclave

A partir de aquí se distinguen las tres líneas según formato de envasado.

LINEA 1

DESENGRASADO

La línea uno, por producir envase de gran tamaño, requiere de mayor almacenamiento a pie de línea, por lo que consta de dos tolvas concatenadas de envasado, con un elevador intermedio. En ambas tolvas se administra además agua y, sólo en el caso de lisas, salmuera de equilibrado (procedente del pilón).

Tras la segunda tolva se dispone un elevador y una cinta de paso que lleva el producto hasta la escaldadora. La escaldadora elimina la grasa mediante la pulverización de agua caliente. El agua caliente se acumula en un tanque ubicado en la zona inferior de la escaldadora, existiendo dos circuitos: uno de recirculación hacia los pulverizadores y otro de calentamiento hacia un intercambiador de calor situado en la parte lateral superior. El intercambiador es de carcasa y tubo, utilizando vapor saturado a 7,5 bar como fuente de calor. El condensado se conduce hasta nivel de suelo donde es descargado. La actuación sobre la válvula de admisión de vapor se realiza mediante aire comprimido. La escaldadora requiere también de aporte de agua de red.

DETECTOR DE METALES

Tras la escaldadora se encuentra una elevadora que transporta el producto hasta la cinta del detector de metales. En este punto, en caso de detectarse nivel de alarma se invierte el sentido de circulación de las cintas.

LLENADO

A continuación de la cinta que atraviesa el detector de metales el producto cae en otra cinta y a continuación en la llenadora. A este equipo llegan también los envases desde la zona de despaletizado de envases, ubicada en área de almacenamiento anexa a área de envasado. La cinta transportadora de envases atraviesa transversalmente la nave desde el área de almacenamiento y despaletizado hasta llegar a la llenadora. Antes de fijarse a la cinta transportadora de envases se realiza un volteo de los envases y el soplado para limpieza de los mismos.

La llenadora consta de tres partes: llenado de envase con producto, vibración para asentamiento y eliminación de sobrante de producto, y dosificación de salmuera de envasado (descrita en sección siguiente). En la parte de llenado de envase con producto se sopla con aire comprimido el exterior del envase para arrastrar los restos de productos que puedan estar adheridos al exterior, siendo estos retornados a la cabecera de la llenadora. Entre vibración y dosificación de salmuera se hace una inspección visual compensando manualmente el producto y pesando en caso necesario, también manualmente.

DOSIFICACIÓN DE SALMUERA

La dosificación de salmuera procede de uno de los 4 tanques de la zona de pilones, cada uno de ellos con su red independiente, circulando el fluido por gravedad. La salmuera, antes de ser vertida en los envases con producto, es calentada en un intercambiador de placas, que del lado caliente tiene vapor saturado. El condensado se conduce hasta nivel de suelo donde es descargado. La actuación sobre la válvula de admisión de vapor se realiza mediante aire comprimido. La dosificación de salmuera tiene la siguiente composición estándar:

Circuito de salmuera para aceitunas negras para congelación: salmuera 7 ° sal y 50g/1000 l gluconato.

Circuito de salmuera para aceitunas negras en rodajas: salmuera 3,5 ° sal y 50 g/1000 l gluconato.

Circuito de salmuera para aceitunas negras deshuesadas: salmuera 3,5 ° sal y 300 g/1000 l gluconato.

CERRADO

Previo paso por el espaciador de cabeza, que mediante la presión de un émbolo deja la cámara libre necesaria en el envase, se conduce el producto a las cerradoras. Hay tres cerradoras, la primera para circulares A9 y A15, la segunda para rectangulares y la tercera para circulares tamaño A10.

A diferencia de los envases que llegan a la llenadora, las tapas se reponen manualmente, disponiéndose de un pequeño almacenamiento en las proximidades de cada cerradora. Los equipos requieren aire comprimido para movimiento de mecanismos.

ENCESTADO PARA AUTOCLAVE

Una vez tapados los envases se acumulan en cestas para ser introducidos en la autoclave correspondiente. La encestadora requiere de aire comprimido.

LÍNEA 2

DESENGRASADO

A diferencia de la línea 1, solo es necesaria una tolva desde la cual se eleva directamente hasta la escaldadora. Por otro lado, la escaldadora dispone de un único circuito de agua caliente, recirculando y calentando al mismo tiempo, de manera que el agua pulverizada procede directamente del intercambiador de calor, de similares características al intercambiador de la escaldadora de línea 1. En la tolva de envasado de línea 2 también se administra agua y, sólo en el caso de lisas, salmuera de equilibrado.

DETECTOR DE METALES

Análogo a línea 1.

LLENADO

El proceso es análogo al de la línea 1, la única particularidad es que los envases vacíos, se soplan en la propia llenadora y no tras el despaletizado como en línea 1. Los envases se despatelizan y se trasladan de forma análoga a la línea 1.

DOSIFICACIÓN DE SALMUERA

En la parte de dosificación de salmuera, se realiza un espaciado de cabeza para las latas mediante soplado de aire comprimido. El motivo es que el espaciador existente sólo tiene capacidad para realizar el espaciado del formato de vidrio. En este sentido, sería más favorable ubicar este espaciador más próximo a la cerradora de vidrio, ya que en las cerradoras de latas no interviene y cuanto más lejano esté el espaciador de cabeza del cerrado, más líquido se pierde accidentalmente.

CERRADO

También en el caso de la línea 2 hay 3 cerradoras, una para formato de 0,5 kg, otro para formato lata pequeña, y otra para vidrio. Como se comentó en el punto anterior, previo a las cerradoras hay un equipo espaciador de cabeza que solo actúa en envases de vidrio. Por otro lado, y también en el caso de la cerradora de vidrio, se inyecta vapor para preparación de sello de tapa y para la generación de vacío en el envase por condensación. La cerradora de vidrio de línea 2 incluye dos equipos adicionales: el detector de vacío y la carga automática de tapas, que se almacenan a unos metros de la cerradora y son transportados hasta la cerradora automáticamente.

Además, todos los envases de la línea 2 atraviesan una ducha de latas antes de pasar a encestado.

ENCESTADO PARA AUTOCLAVE

Análogo a línea 1.

LÍNEA POUCHES

DETECTOR DE METALES

A diferencia de las líneas 1 y 2, en la línea de pouches el detector de metales está antes de la tolva de envasado previa a la escaldadora. Por lo demás, su comportamiento es el mismo, en caso de detectarse nivel de alarma se invierte el sentido de circulación de las cintas.

DESENGRASADO

A continuación de la cinta de detector de metales está la tolva de envasado, desde la cual se eleva a la escaldadora, que es de similares características a la de la línea 2. A esta tolva se suministra agua.

PESADO

En el caso de la línea de pouches, tras pasar por escaldadora el producto se eleva hasta dos pesadoras, ubicadas sobre cada una de las dos llenadoras. Desde cada pesadora se descarga el producto a la llenadora correspondiente. En la plataforma de la pesadora se sitúa un punto de baldeo, requiriendo por tanto suministro de agua. A la pesadora también se suministra agua, pero sólo puntos de baldeo para limpieza.

LLENADO Y DOSIFICACIÓN DE SALMUERA

La llenadora de pouches tiene un diseño específico para este tipo de envases, situándose bajo la pesadora desde la cual se descarga el producto. Hay dos llenadoras de pouches, requiriendo cada una de ellas de aire comprimido y acometidas de salmuera de envasado. Tras este equipo el producto sale ya en bolsas selladas.

ESPACIADO/ACOMODADO/PESADO

Desde cada llenadora parte una cinta de distribución que se unen para continuar en una cinta única hasta llegar a encestadora para autoclave. En esta cinta se hace pasar cada pouche por un espaciador que da separación entre bolsa y bolsa, un acomodador que alinea y asienta la bolsa en la línea, y una pesadora con posibilidad de rechazo automático. La pesadora requiere de aire comprimido.

ENCESTADO PARA AUTOCLAVE

Análogo a línea 1.

ETAPA DE ESTERILIZACIÓN:

Tras envasar el producto y acumularlo automáticamente en cestas metálicas, dos operarios trasladan estas cestas hasta alguno de las 8 autoclaves (dos de ellos se estaban instalando en el momento de la visita, no estando todavía disponibles). Las autoclaves son unas cámaras cilíndricas dispuestas horizontalmente y con capacidad para 6 cestas. Estas cámaras se llenan con agua de torre, posteriormente se introduce vapor para calentar la masa de agua hasta 132 °C.

Tras el tiempo estipulado, se descarga el agua y se envía a torre, y se recircula de nuevo a la autoclave para su enfriamiento. A cada autoclave hay que llevar vapor, agua de torre y aire comprimido.

ETAPA DE ENCAJADO:

De nuevo en esta fase se distinguen las tres líneas según formato de envasado.

LÍNEA 1

DESENCESTADOR

Una vez finalizado el proceso en las autoclaves, dos operarios trasladan las cestas hasta la zona de desencestado, donde los envases son extraídos de las cestas de forma robotizada colocándolos sobre la cinta de transporte de la cual parte la etapa de etiquetado y paletizado. Al igual que la encestadora, este equipo requiere de aire comprimido.

SECADOR

El primer elemento que atraviesa cada envase tras el desencestado es el secador, donde se retiran los restos de agua que en el proceso de autoclave quedan sobre la superficie de los envases. El secador consiste en un soplante ubicado en la misma línea y que toma el aire de la propia nave.

ETIQUETADO

Una vez está el envase seco se procede al etiquetado. Existen dos tipos de etiquetados, cada uno con el equipo correspondiente. El primer equipo que aparece en la línea es la etiquetadora de adhesivo, que fija de etiquetas con el adhesivo incorporado. Las etiquetas se recargan manualmente. A continuación se pasa por la etiquetadora de envoltente. En este caso en la máquina hay que incorporar la etiqueta por un lado y el adhesivo por otro, ambos recargados manualmente por operarios. El adhesivo se almacena a pie de línea en sacos.

ENCAJADORA

El envase ya etiquetado se hace pasar por la encajadora, la cual se alimenta de cartón que pliega automáticamente en el formato requerido e introduce los envases en la caja. Las cajas son abiertas de perfil bajo. Sobre esta base de cartón se sitúan los envases, y posteriormente el encajado se completa con un film de plástico que rodea a la caja con los envases. El equipo por tanto requiere de cartón, que es repuesto por operarios y almacenado junto a la encajadora, film de plástico, también repuesto por los operarios, y aire comprimido.

HORNO RETRÁCTIL (sólo en formato bandejas)

Tras la encajadora, en el caso de las bandejas, el film de plástico queda suelto, y para fijarlo adaptarlo a la forma del envase se requiere de calor. Este calor se aporta en el horno retráctil, de manera que el plástico se deforma contrayéndose y adaptándose al conjunto. También en este equipo se requiere de aire comprimido.

CODIFICADOR Y APLICADOR DE STICKER

Al envase ya empaquetado se aplica un código y/o un adhesivo. El codificador inyecta tinta directamente sobre el paquete, y el aplicador de stickers fija etiquetas previamente impresas en el equipo según las necesidades del producto. En estos equipos se requiere de tinta, aire comprimido y etiquetas.

PALETIZADOR

Tras el codificador, se acumulan los paquetes y se hacen atravesar por un acomodador que va lanzando los paquetes al paletizador. El paletizador ordena los paquetes y los coloca sobre los palés, que son repuestos manualmente por operarios. El equipo también requiere de aire comprimido.

LÍNEA 2

DESENCESTADOR

Análogo a línea 1.

SECADOR

Análogo a línea 1.

RAYOS X

En la línea 2, previo al etiquetado, se incorpora una comprobación por rayos X. En caso de detectarse algún defecto un pistón impulsado por aire comprimido empuja el envase a la zona de rechazo.

MESA DE ACUMULACIÓN Y ALINEADOR

Tras el análisis de rayos X la línea gira 180° y desemboca en una mesa de acumulación donde se va alineando el producto hacia la fase de codificación y etiquetado. En el alineador se realiza un soplado con aire comprimido para secar y así preparar la superficie de cara al codificado.

CODIFICADOR

Existen dos codificadores, uno de tinta y otro láser. En estos equipos se imprime un código directamente sobre el envase. Se recargan manualmente.

ETIQUETADO

Análogo a línea 1.

VOLTEADOR-MESA DE ACUMULACIÓN-ALINEADOR

Tras el etiquetado el equipo se voltea y se sopla con aire comprimido, pasando de nuevo a una mesa de acumulación, previo giro de 180 ° en la línea. Tras la mesa de acumulación cada envase pasa por un alineador camino de la encajadora.

ENCAJADORA

Análogo a línea 1.

HORNO RETRÁCTIL

Análogo a línea 1.

APLICADOR DE STICKER

Tras el encajado y plastificado, se hace pasar el paquete por un secador para preparar la superficie de cara al aplicador de sticker. Al igual que en línea 1, el aplicador de stickers requiere de tinta, aire comprimido y etiquetas.

PALETIZADOR

Tras una cinta en forma de “S” que sitúa la línea en el alineamiento inicial, se hace pasar cada paquete por un alineador que desemboca en el paletizador, similar al de línea 1.

LÍNEA POUCHES**DESENCESTADOR**

Análogo a línea 1.

ACOMODADOR

Este equipo sitúa adecuadamente cada bolsa y la hace pasar por un soplado de aire comprimido.

PESADORA Y RAYOS X

Dado que este tipo de envase es más susceptible de sufrir daños, además del análisis por rayos X se hace pasar previamente por una pesadora que rechaza el envase que no dé el peso requerido. A continuación se realiza también análisis rayos x, con el correspondiente rechazo. Los pistones de ambos equipos que empujan los envases dañados a zona de rechazo se impulsan con aire comprimido.

APLICADOR DE ETIQUETA, ENCAJADORA Y APLICADOR DE STICKER

El siguiente módulo consiste en un recinto cerrado que contiene el aplicador de etiquetas (que se fijan a envase), la encajadora y el aplicador de sticker (que se fijan a caja). En el interior se encuentran las zonas de reposición de etiquetas, adhesivo y cartón. El conjunto requiere de aire comprimido. En esta línea las cajas son enteras por lo que no se requiere de plastificado ni horno retráctil. Estas cajas se montan en la formadora de cajas.

PALETIZADOR

Análogo a líneas anteriores.

2.1.1 Planos de la planta de producción antes de la ampliación

Plano general de la planta:

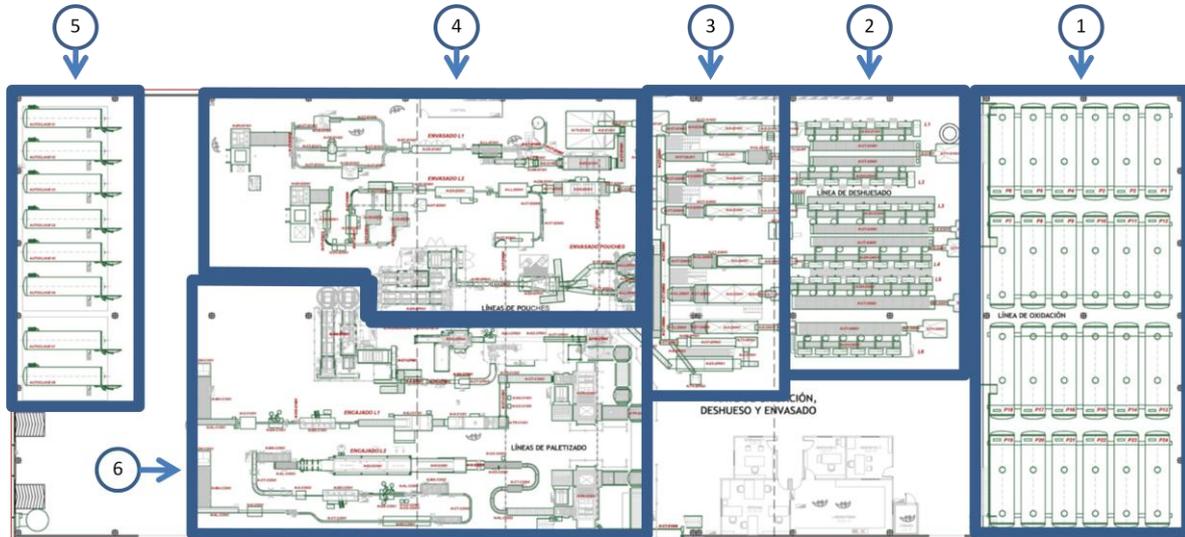


Figura 2-2 Plano general de la planta

1 Área de oxidación; 2 Área de deshuesado; 3 Área de separación; 4 Área de envasado; 5 Área de esterilizado 6 Área de encajado

Planos de las áreas de oxidación y deshuesado:

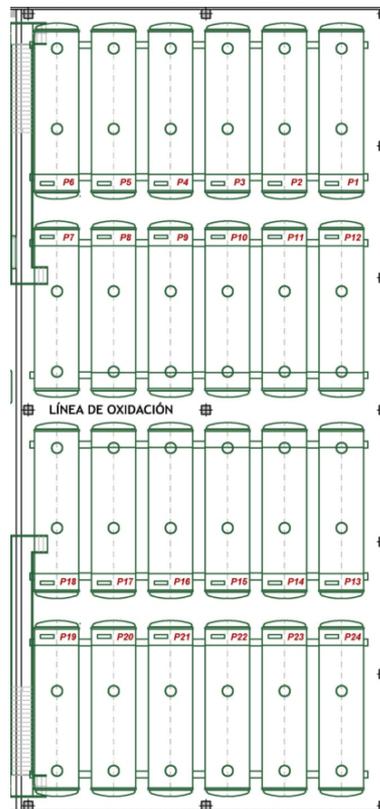


Figura 2-3 Área de oxidación

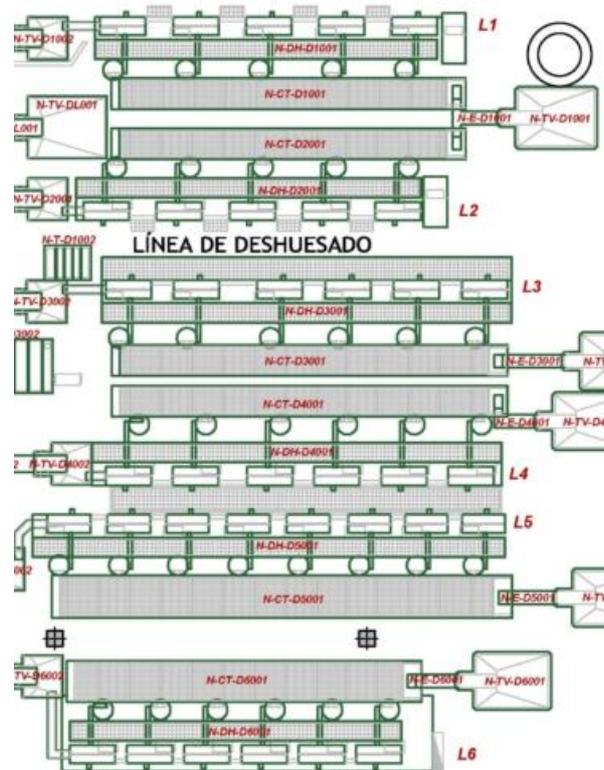


Figura 2-4 Área de deshuesado

2.2. El problema a resolver

Este estudio tiene como objetivo la construcción y resolución de un conjunto de ecuaciones para el cálculo de las capacidades productivas que nos permiten analizar la planta de producción de aceitunas negras de una importante empresa española del sector agroalimentario para, posteriormente, responder a una serie de preguntas que los responsables de esta planta necesitaban conocer para afrontar una importante ampliación de la misma.

En una primera fase se analizó el estudio de una tercera empresa que resultó ser erróneo por lo que hubo que hacer un análisis independiente tomando algunos de los datos de este anterior informe.

La empresa-cliente necesitaba conocer las necesidades de ampliación de cada una de las etapas del sistema productivo para poder cubrir la demanda futura esperada. También querían conocer las holguras del sistema en la actualidad para de esta manera poder saber el volumen de aceituna ya procesada que el sistema de envasado-encajado era capaz de absorber.

Durante la realización de este estudio se aportó al cliente otras posibilidades que la realización del estudio ofrecía como el uso de la herramienta para mejorar la gestión del inventario actual así como el desarrollo de un conjunto de tablas para optimizar la elaboración de los planes de producción diarios.

Para la alimentación del modelo fue necesario tratar una gran cantidad de datos, así como distintas entrevistas con los operarios para obtener nueva información y la realización de algunos experimentos para definir los valores de todas aquellas variables del conjunto de ecuaciones planteadas.

A la hora de validar los resultados de dicho conjunto de ecuaciones fue necesario conocer las capacidades productivas actuales para cada una de las referencias que se producen en la planta para lo que se analizó los datos de ventas de 2014. Y para conocer las necesidades futuras se extrapolaron los mismos en base a las previsiones de la empresa-cliente.

3 HIPÓTESIS Y DATOS

En el capítulo anterior se realiza una descripción detallada de la planta de producción que es objeto de estudio en este proyecto y expusimos el problema a resolver. En este capítulo tercero se expondrán las distintas variables de entrada del modelo y se explicará, a grandes rasgos, cómo se obtuvo la información necesaria para la posterior validación del modelo y el objetivo a alcanzar. Es decir, la actual capacidad productiva real del sistema, que se obtuvo gracias al análisis de los datos de venta del último año, y las necesidades productivas futuras, que se obtuvieron extrapolando las estimaciones de crecimiento del cliente para cada referencia que se fabrica en la planta.

En este capítulo se pueden consultar las variables de entrada del modelo y como se alcanzaron los valores de la capacidad productiva del sistema en la actualidad y su previsión a futuro.

La planta de producción trabaja a tres turnos de forma continuada y como principal hipótesis simplificadora se asumió que los buffers son inexistentes. Esto practicamente no altera los resultados del análisis ya que las colas son muy pequeñas con respecto a las cantidades que son procesadas en el sistema. Para entenderlo, sólo hay que comparar la capacidad de la etapa de oxidación, 24 pilones de 13.200 kilogramos de capacidad cada uno, con la capacidad del buffer que es de 6 tolvas de una capacidad de 1.000 kilogramos cada una. La presencia de los buffers implicaría un aumento de la capacidad productiva real del sistema que en este caso supondría un aumento muy pequeño, que despreciarlo no supone un gran problema.

3.1 Capacidad productiva: definición y otras consideraciones iniciales

Se entiende por capacidad productiva el número de elementos (envases, kilogramos,...) por unidad de tiempo (horas, minutos, segundos,...) que se tiene capacidad de procesar. Como las distintas etapas están dispuestas en serie, la capacidad productiva del sistema global será el mínimo de las capacidades productivas de cada una de las mismas.

Pero la capacidad productiva o tasa de producción no es constante y depende del tipo de producto que se esté fabricando (tipo de aceituna, calibre y envase) y bajo que plan de producción se realiza. Por lo tanto, su comportamiento en el tiempo depende directamente del plan de producción.

El objetivo del análisis es conocer el comportamiento del sistema de producción y para ello es necesario conocer la capacidad de cada una de las etapas que lo componen. Debido a la enorme variabilidad del sistema es necesario plantear distintos escenarios para poder extraer conclusiones. Estos escenarios son la consecuencia de un determinado plan de producción. Esta variabilidad es la que hace necesario un análisis de tipo estocástico. Conocer las capacidades medias es insuficiente cuando dichas capacidades presentan una fuerte variabilidad.

El análisis estará centrado en la tasa de producción como principal valor de salida (output) del sistema. Existirán distintas tasas de producción, una por cada proceso, por cada etapa y una tasa global. Esta tasa de producción o fabricación puede definirse de distintas maneras:

- Unidad de masa/unidad de tiempo [Ej: kg/min]
- Envases (tipo ---) / unidad de tiempo [Ej: A-10/min]
- Aceitunas (calibre ---) /unidad de tiempo [Ej: aceitunas (380/400)/min]
- ...

Y esta tasa se comporta de manera distinta según como sea definida por lo que es importante definir muy claramente la tasa a analizar en cada momento y la forma de expresarla.

Por ejemplo, la tasa de fabricación expresada como (kg/min) o (envases/min) de la etapa de deshuesado presenta una fuerte dependencia del calibre de la aceituna que se deshuesa. Y esta tasa será mínima cuando se trabaja con los calibres de mayor valor (aceitunas más pequeñas). Si se expresa la tasa como (aceitunas/min) no dependería del calibre quedando su variabilidad a expensas de la disponibilidad de las máquinas deshuesadoras que depende a su vez del número de cambios (setups) que sean necesarios según el plan de producción.

La dependencia según el estado de la aceituna no será considerada en este análisis. Su impacto es claramente menor que el calibre pero al no considerarlo se está simplificando el análisis y añadiendo cierto error a los resultados.

En el caso de la etapa de esterilización, ofrecerá su menor tasa productiva (expresada como envases/min) en los escenarios basados en la línea de envasado 1 (Food service) porque el número de envases que son procesados simultáneamente es menor cuanto mayor sea el volumen del envase a procesar. Y como los envases de mayor volumen son los procesados en la línea 1, la tasa de producción expresada de esta forma se hace mínima en los escenarios de envasado exclusivo bajo esta línea. Si se expresa la tasa como (aceitunas/min), ésta dependerá del calibre de las aceitunas y en menor medida del envase (dependería de la forma del envase y no de su volumen, realmente dependería del % de volumen ocupado en la autoclave). Y si se expresa la tasa de fabricación como (kg/min), se elimina la dependencia de la tasa respecto al volumen del envase y respecto al calibre de la aceituna.

También se puede observar, que en el caso de la etapa de esterilización, la disponibilidad de las autoclaves no depende (de una forma directa) del plan de producción porque no requiere un tiempo de setup al cambiar de formato o calibre de aceituna.

En cuanto a la etapa de oxidación, se observa que su tasa de producción depende del calibre si se expresa como (aceitunas/min) o (envases/min) pero no depende del calibre si se hace como (kg/min). Siendo estrictos, si existe una dependencia con respecto al calibre de la tasa de producción expresada como (kg/min) pero de menor grado por lo que en el presente análisis se desprecia. El motivo de esta dependencia es que el % hueso no es totalmente fijo con respecto al calibre y el tiempo de oxidación depende del calibre de la aceituna. Si bien se ha analizado la variabilidad de los tiempos de oxidación con respecto al calibre en el estudio de la oxidación, en el análisis por escenarios no se consideran por no aumentar la complejidad del análisis. Por otro lado, la etapa de oxidación no se ve afectada por los cambios provocados por el tipo de envase, por cliente, por tipo de procesado (rodajas, deshuesadas) como si ocurre en otras etapas.

En definitiva, cada etapa requiere de un estudio particularizado para conocer su variabilidad y la dependencia de la misma según como se defina la tasa de producción.

De modo general, la metodología de trabajo ha consistido en una toma de datos de planta, el tratamiento de esta información de partida, la generación del modelo de simulación, establecer estrategias de simulación para hacer análisis de sensibilidad, y finalmente la extracción de conclusiones y recomendaciones.

La toma de datos incluye registros del sistema ERP de la empresa-cliente (denominado "CAPTOR"), estudios de producciones disponibles anteriormente, o directamente de forma verbal por parte del personal. En la fase de tratamiento de la información de partida, se extrae lo necesario para alimentar el modelo de simulación y se generan distribuciones estadísticas. El modelo de simulación generado por los datos tratados, tiene por objetivo imitar el comportamiento de la planta. Por ello, se ha procedido en la fase de generación del modelo a la validación del mismo, comprobando que las salidas coinciden dentro de un margen razonable con los datos históricos registrados, teniendo en consideración las hipótesis asumidas.

Una vez se dispone del modelo, se pueden realizar múltiples análisis. En concreto, la metodología para aplicar el modelo en la previsión de capacidad necesaria ante un crecimiento previsto de la demanda, consistiría en lo siguiente. En primer lugar, hacer una primera aproximación escalando la capacidad productiva de todas las etapas al nivel de crecimiento esperado. A continuación se simula el modelo y se observa cual es la etapa limitante y su capacidad. Posteriormente se lleva la capacidad de cada etapa al mismo nivel que el de la etapa limitante, quedando el sistema equilibrado. De esta forma se optimiza la manera de hacer crecer la capacidad de cada etapa para atender una determinada demanda.

Para la realización del estudio se han utilizado una serie de herramientas informáticas que permiten el tratamiento adecuado de la información y, por lo tanto, la obtención de los resultados buscados. Por otro lado, el estudio se apoya en un conjunto de simulaciones (estocásticas, continuas y dinámicas) que permite analizar la capacidad productiva del sistema para cada tipo de formato y transformación (“rodajas”, “deshuesadas” y “lisas”).

El tratamiento de los datos de tipo estadístico se realiza mediante el uso de un programa informático específico para abordar este tipo de análisis que permite conocer los parámetros estadísticos necesarios para simular el comportamiento de determinadas variables del sistema.

Para poder resolver el modelo matemático donde varias variables de dicho modelo no son deterministas resulta necesario el uso de una herramienta de simulación. Debido a la fuerte variabilidad de muchos de estos datos de entrada del modelo y su impacto en la capacidad productiva de la planta es necesario tratarlos como valores de tipo estocástico y eso hace inviable la resolución del modelo mediante un método exacto. El software utilizado es **Oracle Crystallball**. La elección de este software en particular viene motivada por el conocimiento y experiencia previos a la realización de este estudio.

De la misma manera, para poder estudiar y conocer el comportamiento de muchas de las variables del modelo planteado es necesario el uso de una herramienta de análisis estadístico de datos. La herramienta elegida ha sido **Statgraphics**. Ya tenía experiencia en el uso de esta herramienta de análisis estadístico y, además, es muy reconocida, de ahí su elección.

3.2 Variables y parámetros de entrada del modelo matemático

A continuación se presenta un listado con el conjunto de variables de entrada necesarias para alimentar el modelo matemático utilizado. Dicho modelo matemático tiene como objetivo asemejarse al sistema real que se pretende analizar y estudiar.

La obtención de varias de estas variables no ha sido directa, sino que ha sido necesario un estudio y análisis independientes. La siguiente tabla muestra los ítems de entrada, el tipo de dato desde el punto de vista de la simulación, una breve descripción y por último el origen del dato, distinguiendo si ha sido facilitado por la empresa-cliente o si fue necesario un estudio posterior por parte del autor de este trabajo fin de grado.

Tabla 3-1 Variables y parámetros de entrada del modelo

Nombre de la variable / parámetro	Tipo	Descripción	Origen
Calibre medio	Estocástico	Nº de aceitunas en un kilo	Empresa-cliente
PNE	Determinista	El peso neto escurrido del producto (formato-tipo de transformación) por formato	Estudio propio
Envases/ autoclave	Determinista	Nº de envases que caben en cada autoclave por tipo de formato	Empresa-cliente
Envases/carro	Determinista	Nº de envases que caben en cada carro por tipo de formato	Empresa-cliente
Carros/ autoclave	Determinista	Nº de carros que caben en cada autoclave	Empresa-cliente
Tiempo turno	Determinista	Nº de horas por turno que realizan los	Empresa-cliente

operarios		operarios	
Tiempo turno máquinas	Determinista	Nº de horas por turno que realizan las máquinas	Empresa-cliente
Merma deshuesado	Determinista	% de pérdida de masa debido a la transformación	Estudio propio
Envases/caja	Determinista	Nº de envases que caben en una caja por tipo de formato	Estudio propio
Merma total ponderada	Determinista	% pérdida de masa en el sistema sin incluir etapa de deshuesado	Empresa-cliente
Ritmo máquina	Determinista	Nº de golpes por minuto de las máquinas deshuesadoras según tipo transformación	Empresa-cliente
Rendimiento etapa oxidación	Determinista	Medida de la eficacia de la etapa de oxidación	Empresa-cliente
Rendimiento etapa deshuesado	Determinista	Medida de la eficacia de la etapa de deshuesado	Empresa-cliente
Rendimiento etapa esterilizado	Determinista	Medida de la eficacia de la etapa de envasado	Empresa-cliente
Rendimiento etapa envasado	Determinista	Medida de la eficacia de la etapa de esterilizado	Empresa-cliente
Rendimiento etapa encajado	Determinista	Medida de la eficacia de la etapa de encajado	Empresa-cliente
Tasa de calidad etapa oxidación	Determinista	% de los resultados por encima de un umbral de calidad mínimo	Empresa-cliente
Tasa de calidad etapa deshuesado	Determinista	% de los resultados por encima de un umbral de calidad mínimo	Empresa-cliente
Tasa de calidad etapa envasado	Determinista	% de los resultados por encima de un umbral de calidad mínimo	Empresa-cliente
Tasa de calidad etapa esterilizado	Determinista	% de los resultados por encima de un umbral de calidad mínimo	Estudio propio
Tasa de calidad etapa encajado	Determinista	% de los resultados por encima de un umbral de calidad mínimo	Empresa-cliente
Disponibilidad etapa oxidación	Determinista	% del tiempo que la etapa se encuentra en disposición de producir	Empresa-cliente
Disponibilidad etapa deshuesado	Estocástico	% del tiempo que la etapa se encuentra en disposición de producir	Estudio propio
Disponibilidad etapa envasado	Estocástico	% del tiempo que la etapa se encuentra en disposición de producir	Estudio propio

Disponibilidad etapa esterilizado	Determinista	% del tiempo que la etapa se encuentra en disposición de producir	Empresa-cliente
Disponibilidad etapa encajado	Estocástico	% del tiempo que la etapa se encuentra en disposición de producir	Estudio propio
Tiempo de esterilizado	Determinista	Tiempo del programa de esterilizado para cada tipo de formato	Empresa-cliente
Tiempo carga y descarga	Estocástico	Tiempo necesario para realizar la actividad de carga y descarga de la autoclave	Estudio propio
Nº máquinas deshuesadoras	Determinista	Número de máquinas deshuesadoras en la etapa de deshuesado	Empresa-cliente
Nº de pilones	Determinista	Número de pilones con los que cuenta la etapa de oxidación	Empresa-cliente
Nº de autoclaves	Determinista	Número de maquinas en la etapa de esterilizado	Empresa-cliente
Pilones por turno	Estocástico	Nº de pilones disponibles cada 8 horas	Estudio propio
Capacidad pilón	Determinista	Cantidad de kilos de aceitunas que caben en un pilón	Empresa-cliente
Tablas de velocidades de envasado	Determinista/ estocástico	Nº de envases por minuto producidos en cada proceso de la etapa de envasado	Estudio propio
Tablas de velocidades de encajado	Determinista/ estocástico	Nº de envases por minuto producidos en cada proceso de la etapa de encajado	Estudio propio
Demanda [kg] por formato y tipo de transformación	Determinista	Cantidad de kilos demandados de un determinado producto	Estudio propio
Demanda [envases] por formato y tipo de transformación	Determinista	Cantidad de envases demandados de un determinado producto	Estudio propio
% en peso (envases)	Determinista	Mide la relevancia de cada producto sobre el total de productos fabricados según el nº de envases	Estudio propio
% en peso (kilogramos)	Determinista	Mide la relevancia de cada producto sobre el total de productos fabricados según el nº de kilogramos	Estudio propio
Envases anuales por línea	Determinista	Nº envases producidos en un determinado año en cada línea de envasado/encajado	Estudio propio
Kilogramos anuales por línea	Determinista	Nº kilogramos producidos en un determinado año en cada línea de envasado/encajado	Estudio propio

% peso líneas (envases)	Determinista	Mide la relevancia de cada línea sobre el total de productos fabricados según el n° de envases	Estudio propio
% peso líneas (envases)	Determinista	Mide la relevancia de cada línea sobre el total de productos fabricados según el n° de kilogramos	Estudio propio

3.3 Tratamiento de los datos de entrada

En primer lugar se muestran lo que resulta de tratar algunos de los datos de entrada aportados por la empresa-cliente. Estos datos, en la manera en que han sido tratados y ordenados, además de para alimentar al modelo, pueden ser de utilidad para otros fines por parte de la empresa-cliente. El conocimiento del peso que tiene sobre la producción global cada uno de los productos que conforman el portfolio de la compañía resulta extremadamente útil a la hora de implementar en un futuro un sistema de gestión de costes o analizar la conveniencia de reducir el portfolio actual.

3.3.1 Cálculo de los pesos netos escurridos (PNE)

A partir del registro de ventas desglosado, se han calculado los pesos netos escurridos medios para cada producto, expresados en gramos:

Tabla 3-2 Pesos Netos escurridos según formato y tipo de transformación

		PNE		
		Deshuesadas	Lisas	Rodajas
línea 1	A-10	1.449,52	1.808,02	1.559,10
	A-9	1.200,00		1.200,00
	LT 2750 G	2.000,00	2.545,58	2.071,22
	LT 5 KG	3.750,00	5.000,00	3.984,85
línea 2	LT 1/2 KG	170,18	223,90	197,45
	LT 1 KG			381,74
	LT 350 G	150,00	200,00	162,61
	LT 300 G	120,00	130,00	
	LT 230 G BUFFET	92,00		108,00
	LT 300 G BAJO	89,57	110,00	
	LT 200 G	80,00	100,00	85,00

	LT 5 OZ			64,00
	FR S370	160,00	200,00	170,00
	FR QUART 995 ML	449,76	555,48	511,05
	FR QUART 948 ML		563,21	
	FR POT 850	380,00		
	FR BUCKET			
	FR B-375	160,52	200,00	186,13
	FR 8 PAR (ø58)			120,00
	FR 8 PAR (ø53)	106,41	141,49	120,00
	FR 5 CYL	67,36	85,00	
	FR 370 ML			
	FR 20 PAR			
	FR 16 PAR	227,00	283,00	230,11
	FR 12 PAR	157,32	192,17	170,68
línea POUCHES	DOY PACK 33 OZ			935,00
	POUCH 33 OZ	850,00		935,10
	POUCH 50 OZ			

3.3.2 Alimentación externa 2014

A partir de la alimentación externa total registrada en 2014, se estima el siguiente reparto por producto, extrapolando el reparto observado en las ventas 2014 y aplicando la ponderación correspondiente para cada producto:

Tabla 3-3 Alimentación externa

		Ventas Rodajas (kg)	% Rodajas	Reparto Alimentación Externa (kg)	Tasa Rodajas Alimentación Externa (kg/min)
línea 1	A-10	9.078.407,40	68,04%	228.833,40	0,7063
	A-9	47.937,60	0,36%	1.208,33	0,0037
	LT 2750 G	137.800,07	1,03%	3.473,43	0,0107
	LT 5 KG	6.296,06	0,05%	158,70	0,0005
línea 2	LT 1/2 KG	169.785,35	1,27%	4.279,67	0,0132
	LT 1 KG	37.723,17	0,28%	950,86	0,0029
	LT 350 G	38.671,09	0,29%	974,76	0,0030
	LT 300 G		0,00%		
	LT 230 G BUFFET	102.477,31	0,77%	2.583,08	0,0080
	LT 300 G BAJO		0,00%		
	LT 200 G	10.771,20	0,08%	271,50	0,0008
	LT 5 OZ	212.556,29	1,59%	5.357,77	0,0165
	FR S370	39.867,04	0,30%	1.004,90	0,0031
	FR QUART 995 ML	33.827,10	0,25%	852,66	0,0026
	FR QUART 948 ML		0,00%		
	FR POT 850		0,00%		
	FR BUCKET				
	FR B-375	19.099,14	0,14%	481,42	0,0015
	FR 8 PAR (ø58)	19.893,60	0,15%	501,44	0,0015
	FR 8 PAR (ø53)	38.998,08	0,29%	983,00	0,0030
	FR 5 CYL		0,00%		
FR 370 ML					
FR 20 PAR					

	FR 16 PAR	178.244,58	1,34%	4.492,89	0,0139
	FR 12 PAR	59.868,07	0,45%	1.509,05	0,0047
línea POUCHE S	DOY PACK 33 OZ	3.450,15	0,03%	86,97	0,0003
	POUCH 33 OZ	3.106.130,35	23,28%	78.294,17	0,2416
	POUCH 50 OZ				

Tabla 3-4 Alimentación externa total

Total alimentación externa 2014	336.298,00	kg/año	1,04	kg/min
--	------------	--------	------	--------

3.4 Estudio datos de ventas 2014

A partir de las facturas diarias de cada referencia de producto, se han agrupado los envases vendidos, distinguiendo entre los distintos formatos de envase:

Tabla 3-5 Datos de ventas 2014. Número de envases

		Demanda (envases)		
		Envases deshuesadas	Envases lisas	Envases rodajas
línea 1	A-10	1.003.308,00	123.984,00	5.822.835,00
	A-9	12.000,00		39.948,00
	LT 2750 G	536.489,00	260.830,00	66.531,00
	LT 5 KG	17.428,00	88.422,00	1.580,00
línea 2	LT 1/2 KG	4.658.980,00	274.032,00	859.884,00
	LT 1 KG			98.820,00
	LT 350 G	3.468.276,00	979.860,00	237.816,00
	LT 300 G	341.712,00	43.584,00	
	LT 230 G BUFFET	14.040,00		948.864,00

	LT 300 G BAJO	1.159.068,00	36.072,00	
	LT 200 G	2.119.840,00	16.680,00	126.720,00
	LT 5 OZ			3.321.192,00
	FR S370	503.248,00	47.520,00	234.512,00
	FR QUART 995 ML	854.532,00	31.944,00	66.192,00
	FR QUART 948 ML		2.712,00	
	FR POT 850	92.394,00		
	FR BUCKET			
	FR B-375	66.588,00	102.384,00	102.612,00
	FR 8 PAR (ø58)			165.780,00
	FR 8 PAR (ø53)	1.747.052,00	41.148,00	324.984,00
	FR 5 CYL	493.716,00	336.768,00	
	FR 370 ML			
	FR 20 PAR			
	FR 16 PAR	324.252,00	27.660,00	774.612,00
	FR 12 PAR	4.337.792,00	318.944,00	350.760,00
línea POUCHES	DOY PACK 33OZ	-	-	3.690,00
	POUCH 33 OZ	507.040,00	-	3.321.696,00
	POUCH 50 OZ			

Multiplicando por los pesos netos escurridos medios por productos se obtienen las ventas en kg de aceituna envasada:

Tabla 3-6 Datos ventas 2014. Kilogramos envasados

		Demanda (kg)		
		Deshuesadas	Lisas	Rodajas
línea 1	A-10	1.454.317,28	224.165,88	9.078.407,40
	A-9	14.400,00		47.937,60

	LT 2750 G	1.072.978,00	663.964,91	137.800,07
	LT 5 KG	65.355,00	442.110,00	6.296,06
línea 2	LT 1/2 KG	792.864,00	61.356,29	169.785,35
	LT 1 KG			37.723,17
	LT 350 G	520.241,40	195.972,00	38.671,09
	LT 300 G	41.005,44	5.665,92	
	LT 230 G BUFFET	1.291,68		102.477,31
	LT 300 G BAJO	103.819,94	3.967,92	
	LT 200 G	169.587,20	1.668,00	10.771,20
	LT 5 OZ			212.556,29
	FR S370	80.519,68	9.504,00	39.867,04
	FR QUART 995 ML	384.333,85	17.744,30	33.827,10
	FR QUART 948 ML		1.527,42	
	FR POT 850	35.109,72		
	FR BUCKET			
	FR B-375	10.688,64	20.476,80	19.099,14
	FR 8 PAR (ø58)			19.893,60
	FR 8 PAR (ø53)	185.910,27	5.822,00	38.998,08
	FR 5 CYL	33.258,42	28.625,28	
	FR 370 ML			
	FR 20 PAR			
	FR 16 PAR	73.605,20	7.827,78	178.244,58
FR 12 PAR	682.417,57	61.292,28	59.868,07	
línea POUCHES	DOY PACK 33 OZ			3.450,15
	POUCH 33 OZ	430.984,00		3.106.130,35
	POUCH 50 OZ			

3.4.1 Peso líneas por número de envases

Una vez se dispone del total de envases producidos por cada línea se puede calcular el peso que tiene cada línea, dando una idea de la representatividad de las mismas en cuanto a número de envases

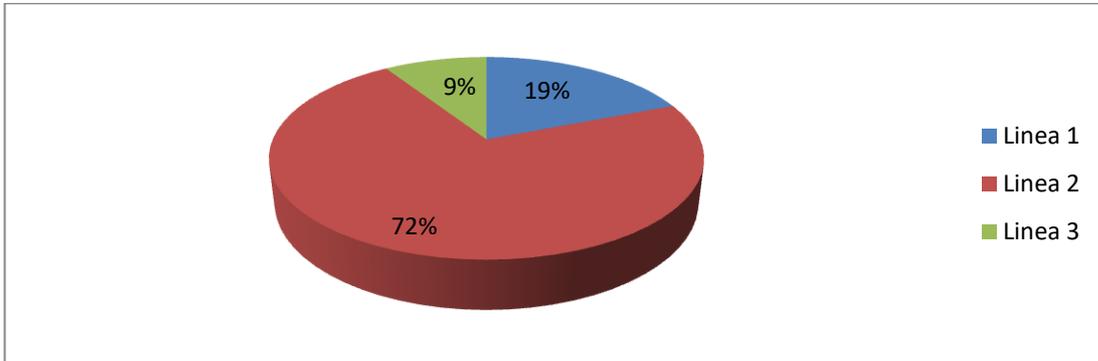


Figura 3-1 Peso líneas por número de envases

3.4.2 Peso líneas por kilogramos envasados

Análogamente al apartado anterior, pero referido a kilogramos de aceituna:

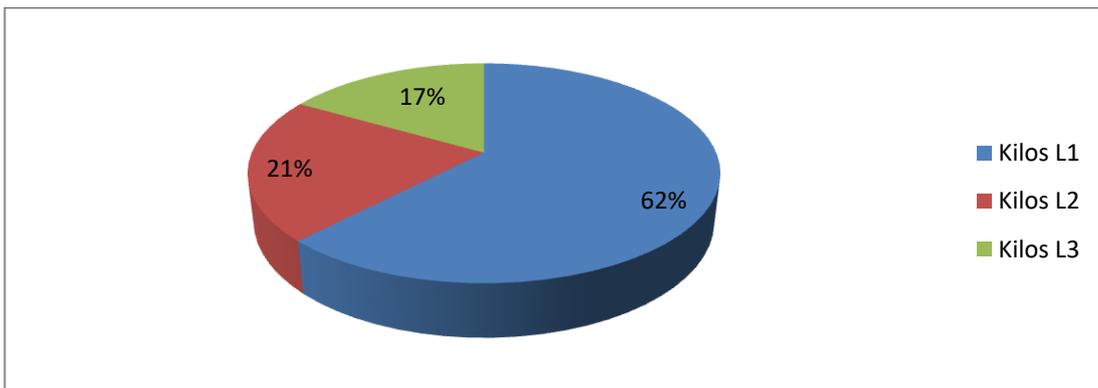


Figura 3-2 Peso líneas por kilogramos envasados

3.4.3 Peso línea por kilogramos transformados envasados (excluyendo "lisas")

Por último, si se excluyen las aceitunas lisas se obtienen los pesos relativos centrando el foco sobre la etapa de transformación:

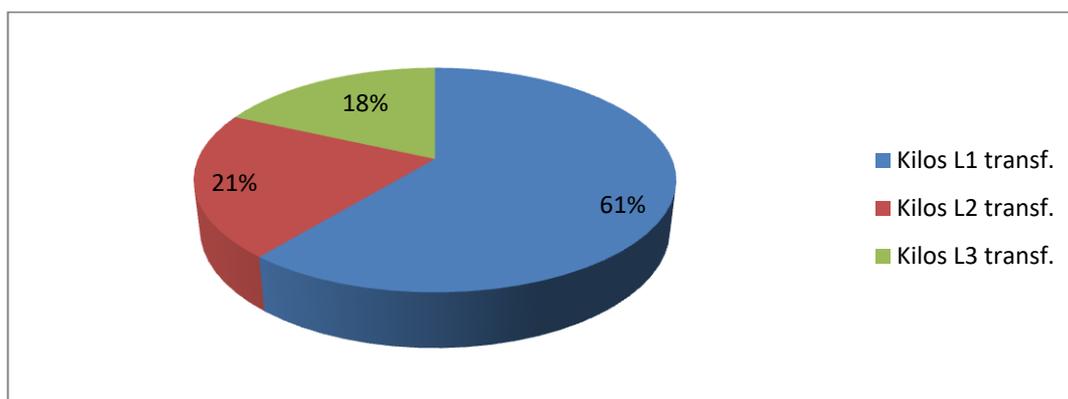


Figura 3-3 Peso líneas por kilogramos transformados

3.5 Cálculo de la demanda 2018

Finalmente, una vez se dispone de la información necesaria adecuadamente tratada, se puede proceder al cálculo de la previsión de la demanda, partiendo de las expectativas porcentuales aportadas por parte del cliente para línea food service (L1), línea retail (L2) y línea pouches (LP):

Tabla 3-7 Previsión de demanda

	2015	2016	2017	2018
L1	5%	5%	5%	5%
L2	10%	10%	10%	10%
	15% de 22 M cajas/año			
LP	Duplicar volumen			

Esta previsión, traducida a envases y partiendo de las ventas 2014 (de enero a diciembre, ambos inclusive), queda como sigue:

Tabla 3-8 Previsión de demanda expresada en número de envases

	Ventas 2014	Ventas 2015	Ventas 2016	Ventas 2017	Ventas 2018

L 1	7.973.355,00	8.372.022,7 5	8.790.623,89	9.230.155,08	9.691.662,84	
L 2	30.053.546,0	33.058.900, 6	36.364.790,66	40.001.269,7 3	44.001.396,7 0	90.201.396,7
	46.200.000,00					
L P	3.832.426,00	-	-	-	7.664.852,00	

Tomando de forma ponderada por cada producto el peso neto escurrido se obtiene la equivalencia en kilos de aceituna ya envasada:

Tabla 3-9 Previsión demanda en kilos de aceituna envasada

	2014	2018	Crecimiento
kilos L1	13.207.732,20	16.054.081,04	21,55%
kilos L2	4.497.885,03	13.499.755,15	200,14%
kilos LP	3.540.564,50	7.081.129,01	100,00%
Total	21.246.181,74	36.634.965,19	

Eliminando la producción de aceituna lisa (no transformada) se obtienen los kilos envasados que han pasado por la etapa de transformación:

Tabla 3-10 Previsión demanda en kilos de aceituna transformada envasada

	2014	2018
Kilos L1 transf.	11.877.491,41	14.437.165,04
Kilos L2 transf.	4.076.435,04	12.234.833,59
Kilos LP transf.	3.540.564,50	7.081.129,01
Total	19.494.490,95	33.753.127,64

Por último, se muestra las tasas medias de producción de 2014 y las que se prevén necesarias para 2018. Es decir, supuesta la etapa de transformación como limitante, y la de oxidación para el caso de las lisas, y aplicando la jornada de producción correspondiente (230 días de 24 horas), se obtendrían los valores medios de producción/minuto que se muestran a continuación:

Tabla 3-11 Tasas medias de producción 2014

Tasa total 2014	64,15	Kg/min
Tasa aceituna transformada 2014	58,86	Kg/min

Tabla 3-12 Tasas medias de producción previstas 2018

Tasa total 2018	110,62	Kg/min
Tasa aceituna transformada 2018	101,92	Kg/min

4 MODELO DE SIMULACIÓN

En el capítulo anterior se mostraron los datos de entrada necesarios para la realización de este trabajo fin de grado. En este capítulo, el cuarto de este trabajo, se mostrarán el conjunto de ecuaciones y la herramienta de simulación empleados para la obtención del comportamiento de las distintas variables de salida que permitió dar las respuestas que el cliente demandaba.

Para el estudio del sistema productivo se generan unos escenarios “base” con cada una de las 54 referencias, productos distintos que se producen en la planta. Para reproducir los distintos escenarios posibles (planes de producción), se combinan diferentes escenarios “base” con la parametrización adecuada. Esto permite conocer la capacidad productiva y el comportamiento del sistema para todas las situaciones posibles que el sistema puede presentar. En los apartados 4.4 y 4.5 se pueden consultar algunos detalles del comportamiento de la planta bajo diferentes planes de producción (produciendo un único producto o varios a la vez).

En el **apartado 3.2** se pueden consultar las variables de entrada del modelo. El modelo matemático para cada una de las referencias es el mismo, lo que varía es la parametrización del mismo así como los valores de las distintas variables de entrada. Para la construcción de los planes de producción multi-producto se reparte la alimentación del sistema (la salida de las etapas de oxidación y transformación) en las distintas líneas de envasado-encajado a emplear y se simulan cada uno de los modelos matemáticos correspondientes a las referencias seleccionadas en dicho plan de producción.

En el **apartado 4.4** se exponen todos los valores de las variables de entrada y salida de uno de estos modelos matemáticos asumiendo que toda la alimentación del sistema está disponible para la producción de la referencia expuesta. Esto ayuda a entender el modelo matemático empleado y su comportamiento.

En el **apartado 4.5** se pueden ver los resultados para un conjunto de planes de producción multi-producto (los más representativos) y como los resultados arrojados son los esperados y se corresponden con el comportamiento del sistema en la actualidad.

4.1 Ecuaciones para la estimación de las capacidades productivas

Para poder estimar la capacidad productiva del sistema se van estimando las capacidades productivas de cada una de las etapas del mismo. Al ser un sistema de producción en serie, la capacidad productiva global la marca la estación de menor capacidad productiva en cada instante. Cada uno de las simulaciones que se realizan equivalen a un turno de trabajo de 8 horas (la planta opera 24 horas al día en tres turnos de 8 horas). Siendo la capacidad productiva del sistema el mínimo de las capacidades productivas de cada una de las estaciones para cada turno de trabajo de 8 horas.

Para estimar la capacidad productiva global del sistema y de cada una de las etapas se realizan 100.000 simulaciones mediante el software *Oracle Crystalball* que equivale a simular 100.000 turnos de trabajo, 800.000 horas de producción. De esta manera se obtiene la función de distribución de las capacidades productivas o tasas de producción. También se obtiene el comportamiento del cuello de botella del sistema, pudiendo observar el índice de criticidad de cada una de las etapas para cada uno de los productos. Recordar que se considera un producto a un tipo de envase y un tipo de transformación. Este trabajo se realiza para cada producto, en total se montan 54 escenarios y en cada uno de ellos se realizan las 100.000 simulaciones.

Es importante resaltar que los *buffers* entre estaciones son relativamente muy pequeños respecto a las cantidades que se procesan en la planta por lo que su incidencia es despreciada en este análisis. Posteriormente al validar el sistema se observa que, efectivamente, su incidencia es testimonial.

Para la estimación de la capacidad productiva de cada estación se construye una ecuación que posteriormente hay que parametrizar. Debido a la variabilidad de muchos de estos parámetros se hace necesario emplear un software de simulación que permite conocer la función de distribución de la capacidad productiva de la etapa (se pueden consultar los parámetros y variables del modelo en el **apartado 3.2** de este documento).

A continuación se mostrarán las ecuaciones utilizadas para la estimación de la capacidad de producción de cada una de las etapas, alimentación interna y global expresadas en unidades de producto por minuto (un producto es un tipo de formato, envase, y un tipo de transformación (deshuesadas, rodajas o lisas)).

4.1.1 Etapa de oxidación

$$\text{Capacidad productiva} = \frac{\text{Aceitunas lisas por minuto} \times (100\% - \text{merma deshuesado} - \text{merma total ponderada})}{\text{Calibre} * \text{Peso Neto Escurreido}}$$

Siendo:

$$\text{Aceitunas lisas por minuto} = \frac{\text{Pilonos oxidacion por turno} \times \text{Capacidad pilon} \times \text{Calibre}}{\text{tiempo turno maquinas} \times 60}$$

El número de pilones por turno medio depende a su vez del tiempo de oxidación necesario que varía según sea una oxidación simple o doble. Y cada uno de estos tipos de oxidación dependen a su vez de los tiempos necesarios para la realización de las sucesivas tareas que los conforman y que también presentan una importante variabilidad especialmente debido a la temperatura ambiente que afecta a los procesos químicos involucrados en la oxidación de la aceituna. El cálculo del número de pilones de oxidación por turno se puede consultar dentro del **anexo**, en el **capítulo 7.2**.

El calibre de las aceitunas procesadas depende a su vez del tipo de transformación y es variable. Cuando se envasan las aceitunas deshuesadas sin rodajar se seleccionan calibres más pequeños (aceitunas más grandes) por motivos estéticos que resultan obvios. Se puede observar la distribución del calibre para el envasado de aceitunas en rodajas en la **Figura 4-17** del presente documento.

En la **Figura 4-26** se puede ver un ejemplo de distribución de la capacidad productiva de la etapa de oxidación para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

4.1.2 Etapa de deshuesado

$$\text{Capacidad productiva} = \frac{\text{Aceitunas lisas por minuto}}{\text{Peso Neto Escurrido} \times \text{Calibre}} \times (100\% - \text{merma deshuesado} - \text{merma total ponderada})$$

Siendo:

$$\text{Aceitunas lisas por minuto} = \text{Ritmo maquina} \times \text{OEE deshuesado} \times \text{N}^\circ \text{ de máquinas deshuesadoras}$$

$$\text{OEE deshuesado} = \text{Rendimiento deshuesado} \times \text{Tasa de calidad deshuesado} \times \text{Disponibilidad deshuesado}$$

El OEE (Overall Equipment Efficiency) es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial

El estudio de disponibilidad de la etapa de deshuesado se puede consultar dentro del anexo en el **apartado 7.5**.

El ritmo de las máquinas deshuesadoras (golpes por minuto) varía según el tipo de transformación. Los cortes y la acción de deshuesar se realizan de manera sucesiva y estos cortes en el caso de aceitunas en rodajas facilitan la labor de deshuese por lo que se puede elevar el ritmo de la máquina. El ritmo de la máquina también depende del estado de la aceituna y ese ajuste en la velocidad es realizado por los operarios de la estación mediante una comprobación visual del resultado de la transformación.

En la **Figura 4-27** se puede ver un ejemplo de distribución de la capacidad productiva de la etapa de deshuesado para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

4.1.3 Alimentación interna

La tasa de alimentación interna del sistema es la capacidad productiva resultante de las etapas de oxidación y deshuesado. En nuestro modelo cada simulación equivale a un turno de trabajo de 8 horas por lo que la tasa de alimentación viene definida en cada turno por la etapa de menor capacidad productiva en dicho turno. Esta alimentación interna junto a una pequeñísima aportación externa (alimentación externa proveniente de otras plantas) es la que abastece a las tres líneas de envasado y encajado de la planta.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad productiva alimentación interna (turno)} \\ = \text{Min}(\text{Capacidad productiva oxidacion (turno)}, \text{Capacidad productiva deshuesado (turno)}) \end{aligned}$$

En la **Figura 4-28** se puede ver un ejemplo de distribución de la tasa de alimentación interna para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

4.1.4 Etapa de envasado

La etapa de envasado consta de un conjunto de procesos (para mayor información consultar el **apartado 2.1**):

- Llenadora
- Llenadora de salmuera
- Cerradora
- Encesatado

La capacidad productiva de cada uno de estos procesos es:

$$\begin{aligned} \text{Cap. productiva llenadora} &= \text{Tasa llenadora} \times \text{OEE envasado} \\ \text{Cap. productiva llenadora de salmuera} &= \text{Tasa llenadora de salmuera} \times \text{OEE envasado} \\ \text{Cap. productiva cerradora} &= \text{Tasa cerradora} \times \text{OEE envasado} \\ \text{Cap. productiva encestado} &= \text{Tasa encestado} \times \text{OEE envasado} \end{aligned}$$

Las tasas de los procesos fueron facilitadas por el cliente, expresadas en unidades por minuto.

Siendo:

$$\text{OEE envasado} = \text{Rendimiento envasado} \times \text{Tasa de calidad envasado} \times \text{Disponibilidad envasado}$$

El estudio de disponibilidad de la etapa de envasado se puede consultar dentro del anexo en el **apartado 7.3**. La disponibilidad de la etapa de envasado es distinta para cada una de las tres líneas de envasado.

La capacidad productiva de la etapa de envasado en una de las líneas de envasado vendrá marcada por la menor tasa productiva en cada turno de trabajo de cada uno de los procesos que la conforman.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad productiva envasado (turno)} \\ = \text{Min} (\text{Cap. productiva llenadora (turno)}, \text{Cap. productiva llenadora de salmuera (turno)}, \\ \text{Cap. productiva cerradora (turno)}, \text{Cap. productiva encestado (turno)}) \end{aligned}$$

En la **Figura 4-30** se puede ver un ejemplo de distribución de la tasa de producción de la etapa de envasado para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto. En este ejemplo coincide con la tasa de la encestadora porque es siempre el proceso limitante de la etapa.

4.1.5 Etapa de esterilización

Esta etapa es alimentada por las tres líneas de envasado y alimenta a su vez a las tres líneas de encajado del sistema. Esta formada por un conjunto de autoclaves dentro de las cuales se realiza la esterilización de los envases. La esterilización no es un proceso continuo, se inicia una vez es llenada la autoclave con un conjunto de envases.

$$\text{Capacidad productiva esterilizacion} = \frac{\text{N}^\circ \text{ envases por autoclave} \times \text{N}^\circ \text{ de autoclaves} \times \text{OEE esterilizacion}}{\text{Tiempo carga y descarga} + \text{Tiempo de esterilizacion}}$$

Siendo:

$$\text{OEE esterilizacion} = \text{Rendimiento esterilizacion} \times \text{Tasa de calidad esterilizacion} \times \text{Disponibilidad esterilizacion}$$

El número de envases por autoclave depende del formato que esté siendo procesado en las líneas de envasado en ese momento.

El tiempo de esterilización depende del tipo de envase y el tiempo de carga y descarga es variable y se muestra condicionado por el número de operarios que estén trabajando en esa labor (1 o 2 operarios).

En la **Figura 4-29** se puede ver un ejemplo de distribución de la tasa de esterilización para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

4.1.6 Etapa de encajado

La etapa de encajado consta de un conjunto de procesos (para mayor información consultar el **apartado 2.1**):

- Desenceestado
- Codificador
- Etiquetadora
- Encajadora
- Horno retráctil
- Etiquetadora de bandejas
- Paletizador

La capacidad productiva de cada uno de estos procesos es:

$$Cap. productiva desenceestado = Tasa desenceestado \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva codificador = Tasa codificador \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva etiquetadora = Tasa etiquetadora \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva encajadora = Tasa encajadora \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva horno retractil = Tasa horno retractil \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva etiquetadora de bandejas = Tasa etiquetadora de bandejas \times OEE encajado$$

$$Cap. productiva paletizador = Tasa paletizador \times OEE encajado$$

Las tasas de los procesos fueron facilitadas por el cliente, expresadas en unidades por minuto.

Siendo:

$$OEE encajado = Rendimiento encajado \times Tasa de calidad encajado \times Disponibilidad encajado$$

El estudio de disponibilidad de la etapa de encajado se puede consultar dentro del anexo en el **apartado 7.4**. La disponibilidad de la etapa de encajado es distinta para cada una de las tres líneas de encajado.

La capacidad productiva de la etapa de encajado en cada una de las líneas vendrá marcada por la menor tasa productiva en cada turno de trabajo de cada uno de los procesos que la conforman.

$$Capacidad productiva encajado (turno) = \text{Mín} (Cap. productiva desenceestado(\text{turno}), Cap. productiva codificador(\text{turno}), Cap. productiva etiquetadora(\text{turno}), Cap. productiva encajadora(\text{turno}), Cap. productiva horno retractil(\text{turno}), Cap. productiva etiquetadora de bandejas(\text{turno}), Cap. productiva paletizador(\text{turno}))$$

En la **Figura 4-31** se puede ver un ejemplo de distribución de la tasa de producción de la etapa de encajado interna para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

4.1.7 Capacidad productiva global del sistema

La capacidad productiva global del sistema para un determinado producto es la capacidad productiva resultante de las etapas de oxidación, deshuesado, envasado, esterilizado y encajado. En nuestro modelo cada simulación equivale a un turno de trabajo de 8 horas por lo que la tasa de producción global viene definida en cada turno por la etapa de menor capacidad productiva en dicho turno.

$$\begin{aligned} \text{Capacidad productiva global (turno)} \\ = \text{Mín} (\text{Capacidad productiva oxidacion (turno)}, \text{Capacidad productiva deshuesado (turno)}, \\ \text{Capacidad productiva envasado (turno)}, \text{Capacidad productiva esterilizado (turno)}, \\ \text{Capacidad productiva encajado (turno)}) \end{aligned}$$

En la **Figura 4-32** se puede ver un ejemplo de distribución de la tasa de producción global para un determinado producto expresada en kilogramos de aceituna envasados por minuto.

Es muy importante entender que para simular el comportamiento del sistema cuando en este se procesan varios productos de manera simultánea hay que parametrizar adecuadamente el modelo asignando los recursos comunes que emplearán cada una de las líneas de producción (tres líneas de producción compuestas por una línea de envasado más una línea de encajado). Los recursos que comparten las tres líneas de producción son los pilones de oxidación, las máquinas deshuesadoras y las autoclaves para la esterilización.

También existen ciertas restricciones en la asignación de dichos recursos compartidos ya que las máquinas deshuesadoras se encuentran en líneas de deshuesado y no todas pueden alimentar a las tres líneas de envasado. A su vez no todos los pilones de oxidación pueden alimentar a todas las líneas de deshuesado. Para una mejor comprensión de los escenarios de producción multiproducto, consultar el **apartado 4.5**.

Una vez asignados los recursos comunes se calcula la capacidad productiva de cada producto y la capacidad global de producción del sistema en este escenario multiproducto es la suma de las capacidades de producción de cada uno de los productos de este escenario.

4.2 Estudio de alimentación de las etapas de envasado y encajado

Las etapas de oxidación y deshuesado no dependen del producto o productos producidos bajo un plan de producción, sus parámetros no varían. Si dependen obviamente del tipo de transformación. A la combinación de estas dos etapas la denominamos alimentación interna del sistema (existe una muy pequeña aportación externa de alimentación).

4.2.1 Transformación tipo “Rodajas”

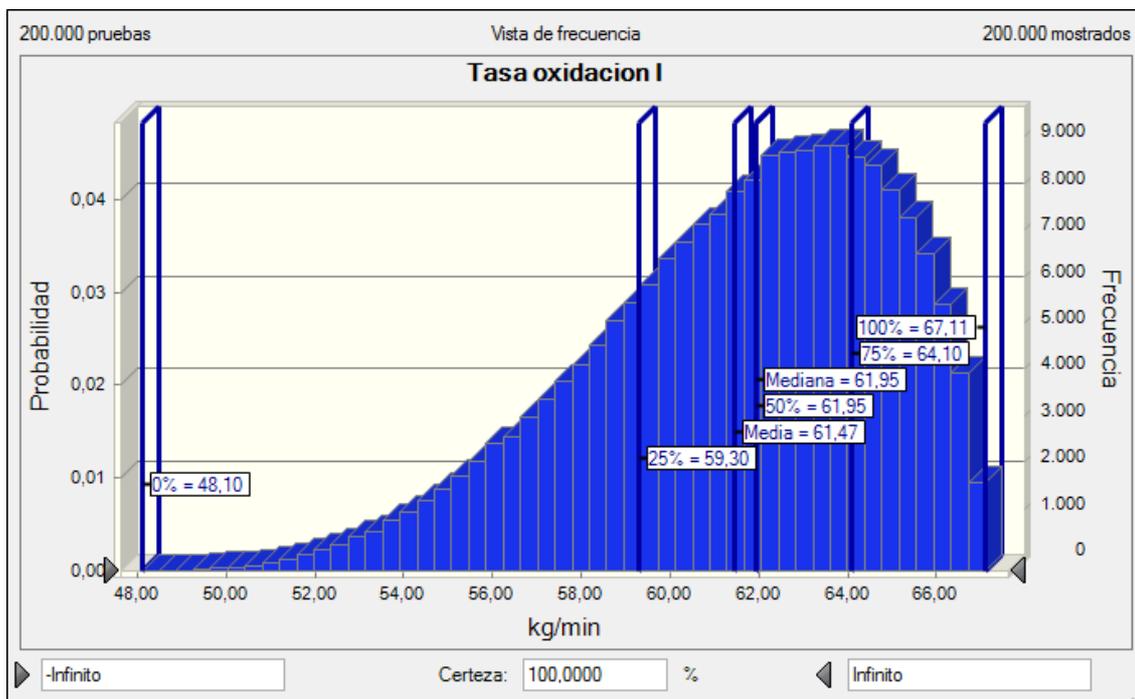


Figura 4-1 Tasa de oxidación “Rodajas”

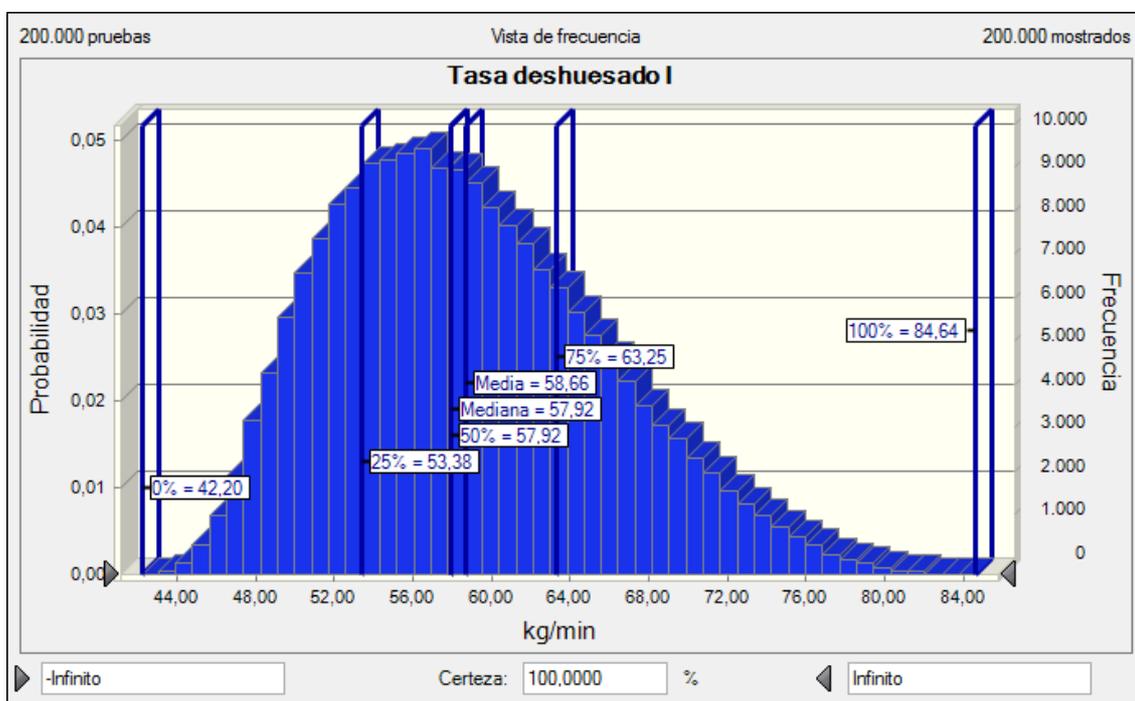


Figura 4-2 Tasa de deshuesado “Rodajas”

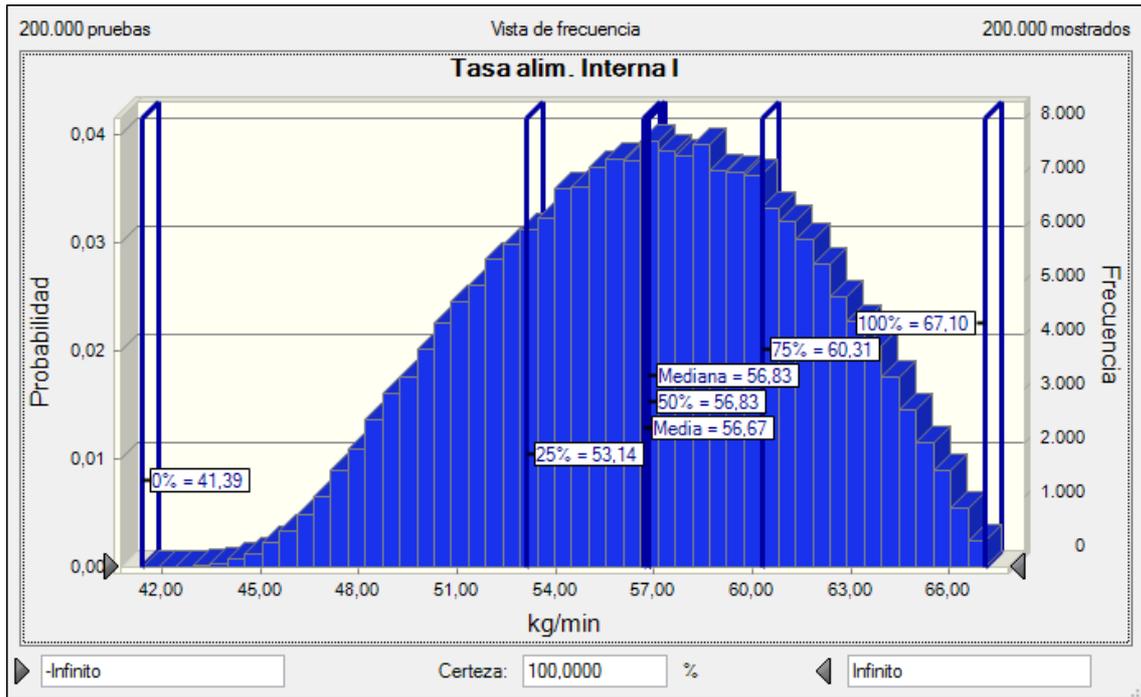


Figura 4-3 Tasa de alimentación interna “Rodajas”

4.2.2 Transformación tipo “Deshuesadas”

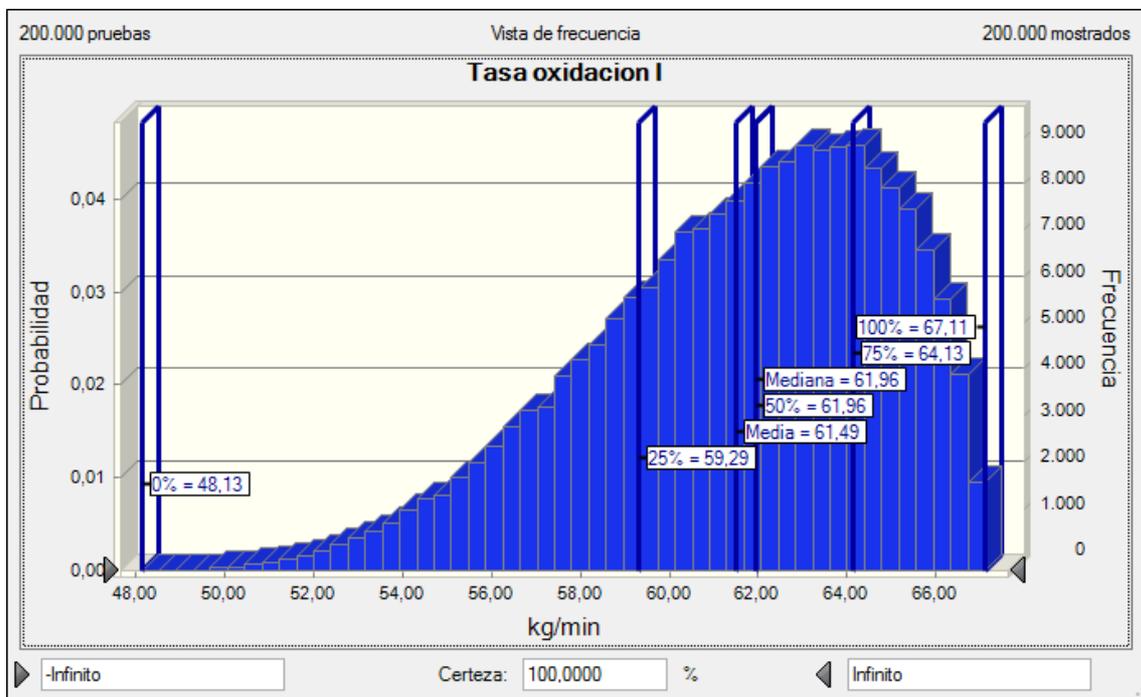


Figura 4-4 Tasa etapa oxidación “Deshuesadas”

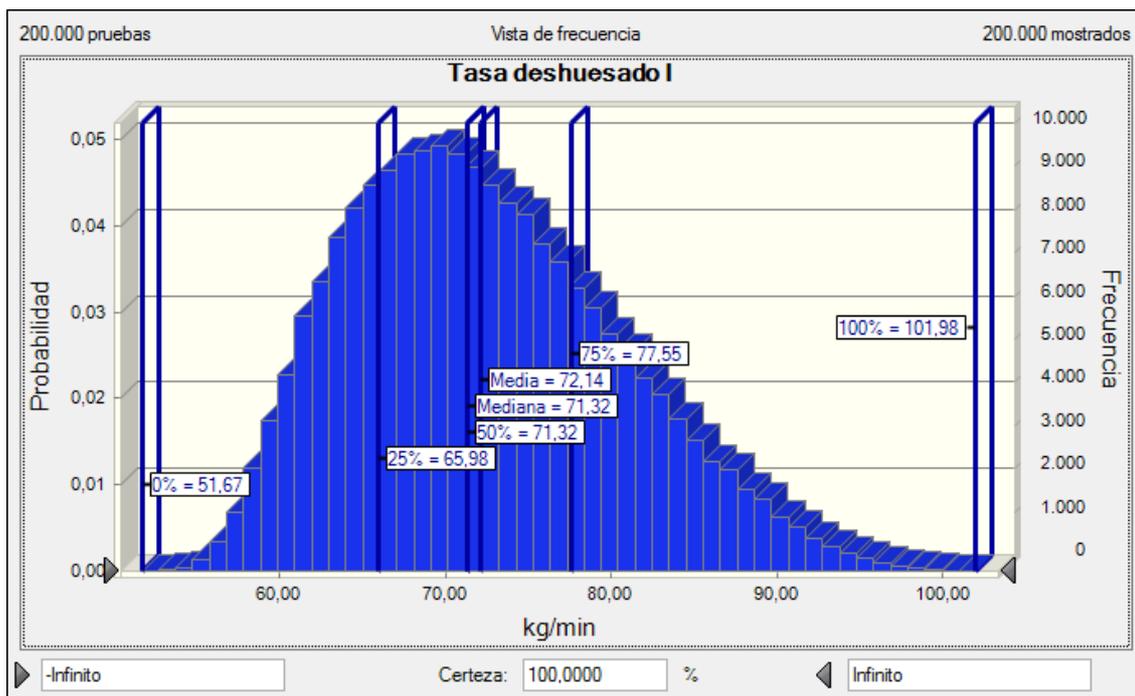


Figura 4-5 Tasa etapa deshuesado “Deshuesadas”

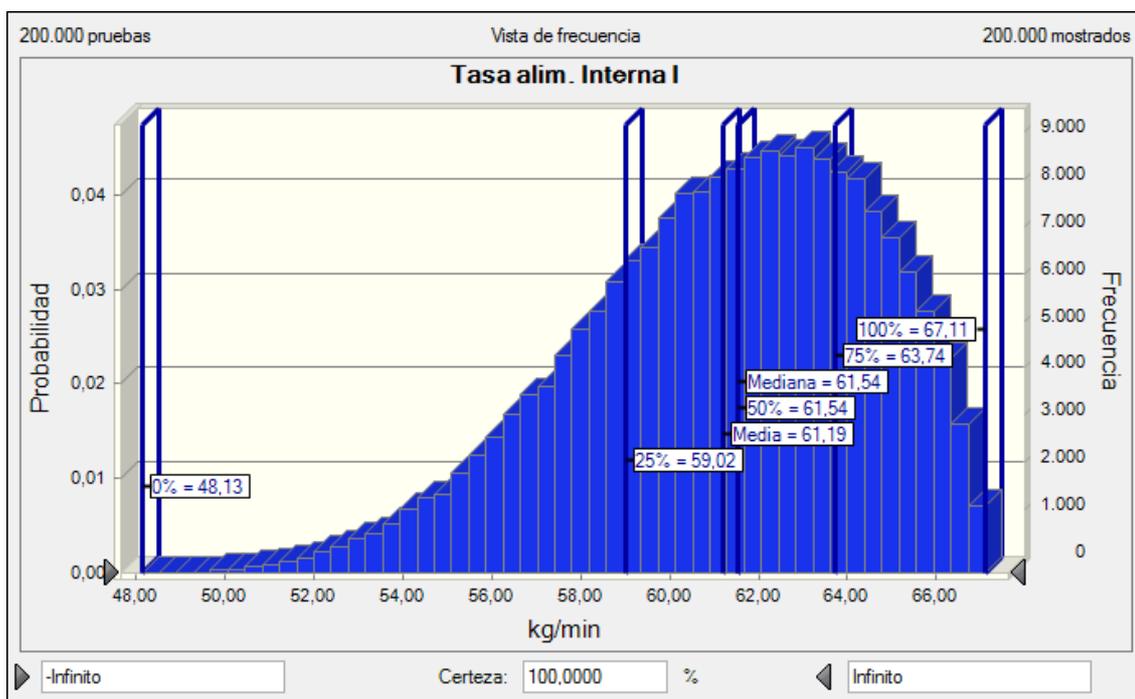


Figura 4-6 Tasa alimentación interna “Deshuesadas”

4.2.3 Transformación tipo “Lisas”

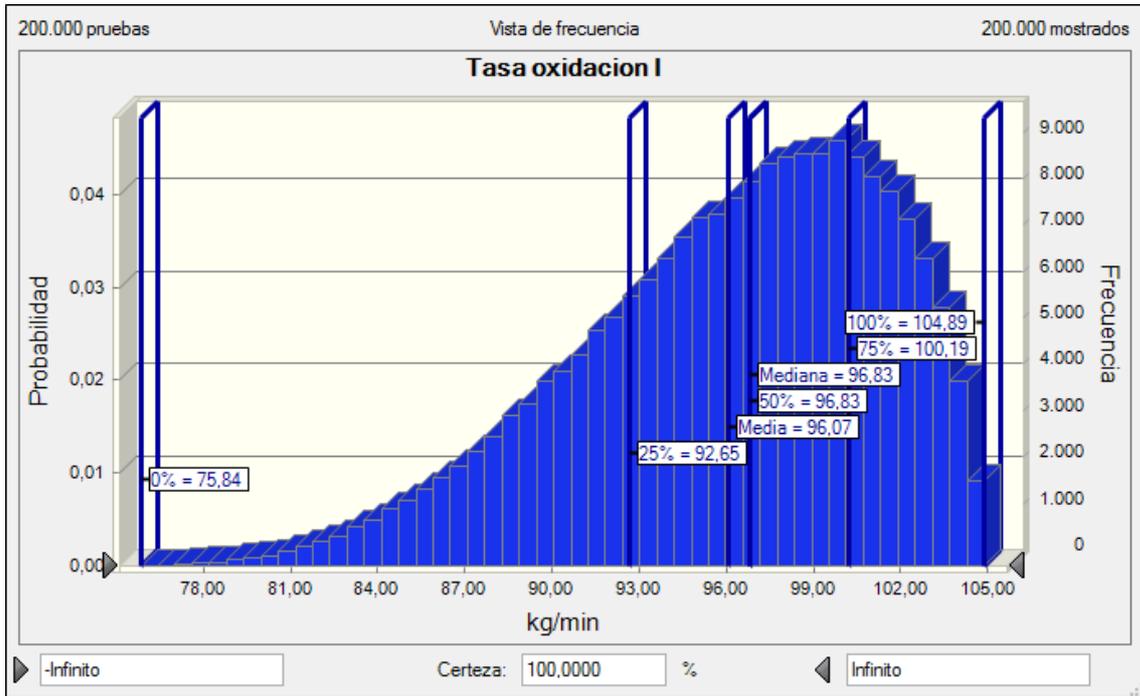


Figura 4-7 Tasa etapa oxidación “Lisas”

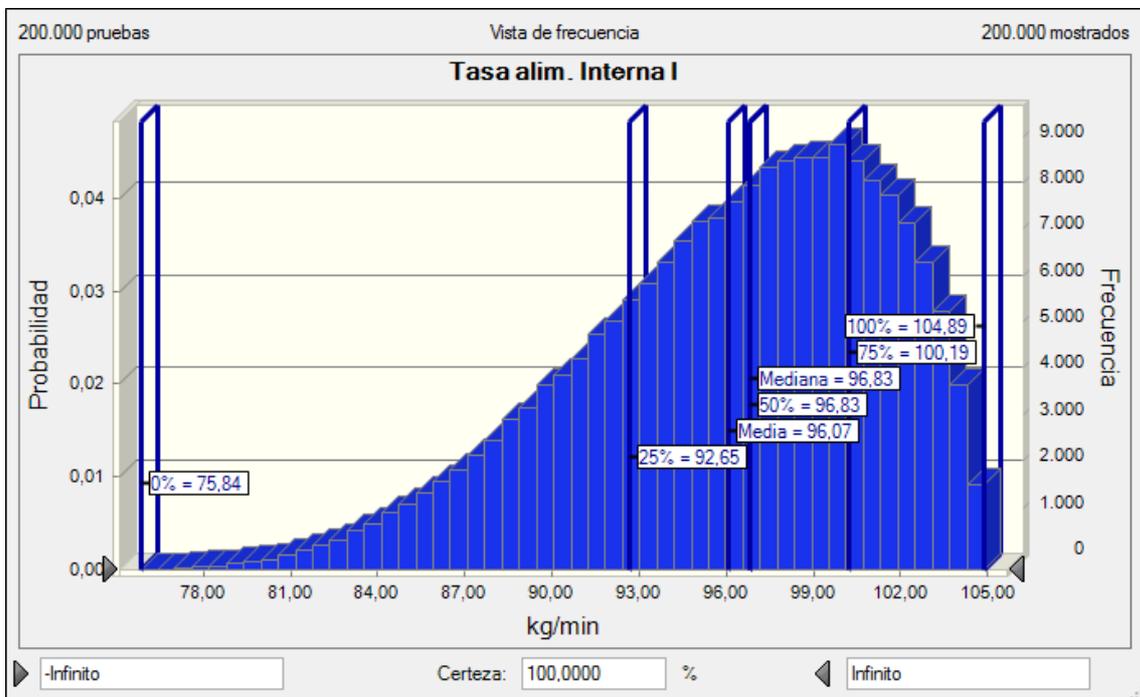


Figura 4-8 Tasa alimentación interna “Lisas”

4.3 Estudio equilibrado de etapas oxidación y deshuesado

Para explicar el comportamiento del modelo de simulación, a continuación, se va a presentar el estudio de equilibrado de las etapas de oxidación y deshuesado comparando la situación actual con la propuesta inicial de ampliación planteada por el cliente con el asesoramiento de una tercera empresa y la propuesta realizada, gracias al estudio que es la base de este trabajo fin de grado, que equilibra las etapas de oxidación y deshuesado.

La empresa-cliente había adquirido 38 nuevas máquinas deshuesadoras y su implantación era inminente. El análisis realizado por la primera empresa a la que encargaron un primer estudio de las necesidades de ampliación de las líneas de producción resolvía que con los actuales 24 pilones de oxidación se podían alimentar sin problemas las nuevas máquinas deshuesadoras. Es decir, que la etapa de oxidación tenía capacidad de alimentar a las 64 máquinas deshuesadoras (36 más las 38 nuevas). Pero, seguramente porque desconfiaban de los resultados de su estudio, recomendaban la instalación de 6 nuevos pilones de oxidación. De esta manera su propuesta era 30 pilones de oxidación para 64 máquinas deshuesadoras.

El análisis realizado por parte del autor de este trabajo fin de grado arrojaba otros resultados. Por un lado las capacidades productivas de las etapas de oxidación y deshuesado se encuentran equilibradas en la situación actual, 24 pilones y 36 máquinas deshuesadoras. Y para equilibrar el incremento de la etapa de deshuesado en 38 nuevas máquinas lo óptimo era incrementar el número de pilones de oxidación hasta los 40 pilones. El hecho de que mi análisis concluyera que en el momento de realización del mismo las etapas se encontraban equilibradas resultaba bastante lógico. La planta llevaba operando durante años y parece razonable que la propia experiencia del día a día lleve a la realización de los ajustes que terminaron por equilibrar las etapas. Además consultando a los operarios que trabajaban en ella confirmé que así era, descartando que la capacidad de la etapa de oxidación fuera muy superior a la de deshuesado como proponían las personas que realizaron el otro estudio.

Las etapas de oxidación y deshuesado trabajan en serie por lo que es fundamental que sus capacidades productivas se encuentren equilibradas para optimizar el uso de las mismas. Si se amplía la etapa de deshuesado añadiendo nuevas máquinas deshuesadoras es fundamental realizar una ampliación adecuada en la etapa de oxidación que permita aprovechar la inversión realizada en las nuevas máquinas deshuesadoras y maximizar la capacidad productiva de las mismas.

Estas etapas (oxidación y deshuesado) dan servicio a las 3 líneas de envasado-encajado de las que dispone la planta que poseen de manera conjunta una capacidad productiva muy superior. Por lo que en la actualidad son las etapas de oxidación y deshuesado las que limitan la capacidad productiva del sistema.

Por otro lado, la etapa de esterilización, que también da servicio a las 3 líneas de envasado-encajado, tiene una capacidad también superior a las etapas de oxidación y deshuesado por lo que no resulta limitante.

Es importante también tener presente que los buffers entre etapas son muy pequeños con respecto a los volúmenes que se mueven por lo que su incidencia en la capacidad productiva conjunta es también despreciada en este estudio.

A continuación se muestra un ejemplo del comportamiento de la tasa de producción de la planta en función del tipo de transformación y del número de deshuesadoras y pilones de oxidación. La tasa de producción global es la envolvente inferior de la tasa de deshuesado y la tasa de oxidación. Se han reducido las muestras a 30 que es

lo mismo que simular 30 turnos de trabajo de 8 horas. En las simulaciones se utilizan 200.000 muestras pero su representación gráfica sería muy confusa, ese es el único motivo de su reducción.

La presentación de estas gráficas en este documento tiene un carácter meramente explicativo ya que durante el estudio de la planta simulamos cada uno de los productos que la planta fabrica. Es decir, son decenas de simulaciones por cada una de las 3 líneas donde intervienen todas las etapas (sus resultados se pueden consultar en un ejemplo en el **punto 4.4**) y su inclusión en este documento resulta inviable.

Es importante entender que cuando el tipo de transformación es “deshuesadas” la capacidad de la etapa de deshuesado es superior que cuando el tipo de transformación es “rodajas”. Esto se debe a que se utiliza una aceituna de menor calibre (mayor tamaño) por motivos estéticos ya que la aceituna se preserva “completa” y el ritmo de las máquinas deshuesadoras se mide en golpes por minuto. Aunque, curiosamente, el ritmo de la máquina es algo superior cuando la transformación es de tipo “rodajas” pero ello no compensa el efecto del calibre. Que el ritmo de las máquinas sea superior en el modo “rodajas” es debido a que la realización de los cortes previos al deshuesado facilitan la extracción del hueso y permiten aumentar el ritmo sin que la carne de la aceituna se rompa.

4.3.1 Situación actual

En la actualidad la planta de producción cuenta con 24 pilones de oxidación y 36 máquinas deshuesadoras.

Transformación Rodajas [36 deshuesadoras 24 pilones]

Tabla 4-1 Transformación rodajas (36 desh. 24 pilones)

ESENARIO 36 24 RODAJAS						
	ETAPA DESHUESADO	ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidacion I	Tasa producción I			
1	59,32	51,89	51,89	45,02	54,15	44,52
2	33,61	54,82	33,61	45,02	54,15	44,52
3	44,44	51,09	44,44	45,02	54,15	44,52
4	42,47	55,06	42,47	45,02	54,15	44,52
5	40,38	49,65	40,38	45,02	54,15	44,52
6	46,21	51,69	46,21	45,02	54,15	44,52
7	40,90	59,20	40,90	45,02	54,15	44,52
8	48,31	57,12	48,31	45,02	54,15	44,52

9	40,71	53,68	40,71	45,02	54,15	44,52
10	47,80	57,19	47,80	45,02	54,15	44,52
11	48,49	51,68	48,49	45,02	54,15	44,52
12	49,17	53,27	49,17	45,02	54,15	44,52
13	42,35	55,81	42,35	45,02	54,15	44,52
14	54,20	50,29	50,29	45,02	54,15	44,52
15	39,63	53,86	39,63	45,02	54,15	44,52
16	47,56	48,07	47,56	45,02	54,15	44,52
17	36,32	54,83	36,32	45,02	54,15	44,52
18	42,69	55,94	42,69	45,02	54,15	44,52
19	44,93	54,82	44,93	45,02	54,15	44,52
20	44,14	58,83	44,14	45,02	54,15	44,52
21	38,91	52,72	38,91	45,02	54,15	44,52
22	54,13	50,43	50,43	45,02	54,15	44,52
23	40,03	58,08	40,03	45,02	54,15	44,52
24	45,09	47,90	45,09	45,02	54,15	44,52
25	48,97	51,02	48,97	45,02	54,15	44,52
26	44,75	58,17	44,75	45,02	54,15	44,52
27	43,58	55,05	43,58	45,02	54,15	44,52
28	52,60	58,33	52,60	45,02	54,15	44,52
29	47,88	56,25	47,88	45,02	54,15	44,52
30	41,01	57,60	41,01	45,02	54,15	44,52

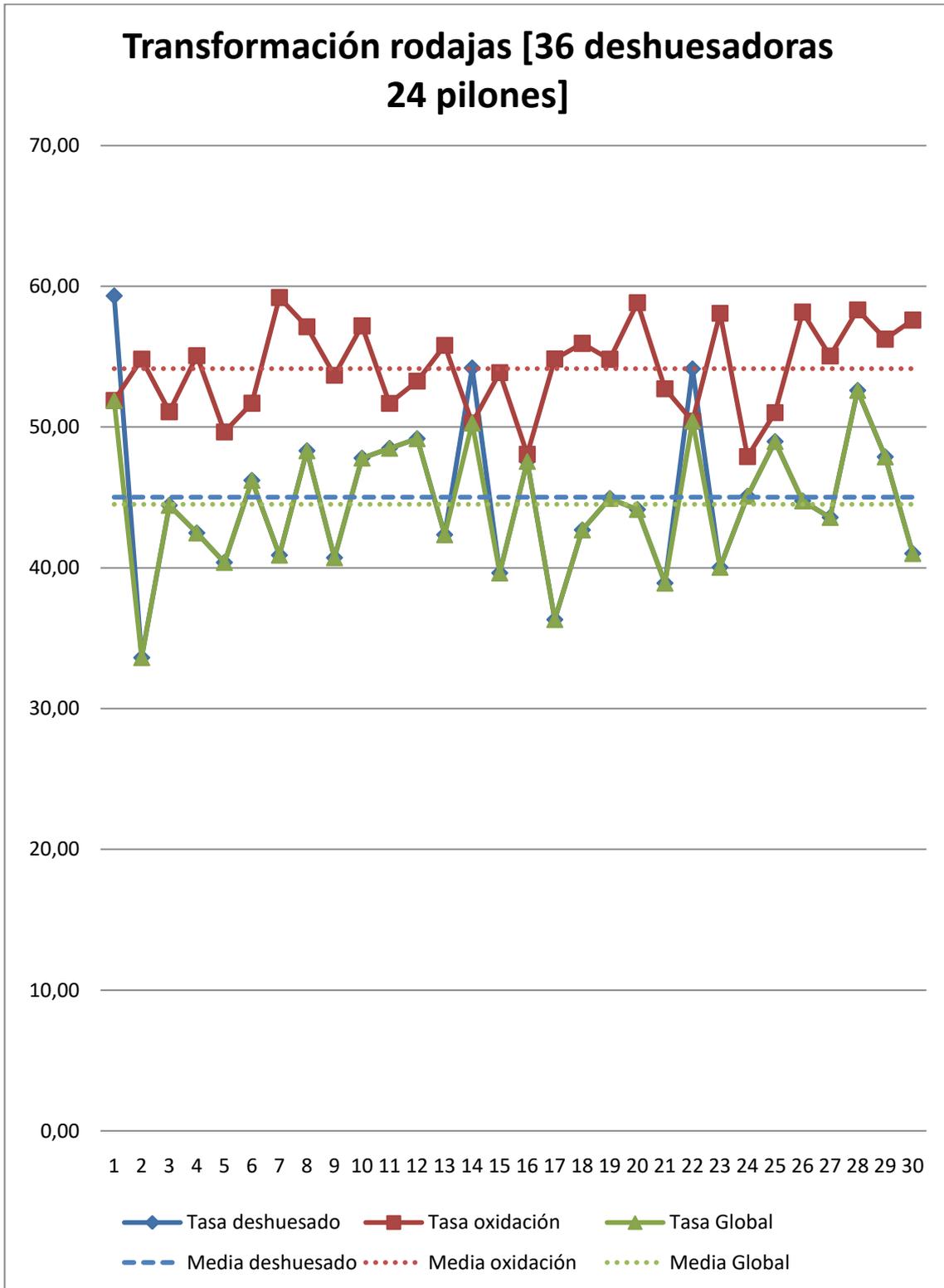


Figura 4-9 Transformación rodajas (36 desh. 24 pilones)

Transformación deshuesadas [36 deshuesadoras 24 pilones]

Tabla 4-2 Transformación deshuesadas (36 desh. 24 pilones)

ESCENARIO 36 24 DESHUESADAS						
	ETAPA DESHUESADO	ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidación I	Tasa producción I			
1	52,72	52,19	52,19	54,81	54,64	51,94
2	51,87	54,76	51,87	54,81	54,64	51,94
3	60,40	51,36	51,36	54,81	54,64	51,94
4	44,15	57,90	44,15	54,81	54,64	51,94
5	49,76	53,65	49,76	54,81	54,64	51,94
6	43,10	51,40	43,10	54,81	54,64	51,94
7	54,53	57,95	54,53	54,81	54,64	51,94
8	55,45	57,07	55,45	54,81	54,64	51,94
9	44,40	57,49	44,40	54,81	54,64	51,94
10	55,88	53,28	53,28	54,81	54,64	51,94
11	51,29	55,95	51,29	54,81	54,64	51,94
12	51,89	53,01	51,89	54,81	54,64	51,94
13	53,18	54,31	53,18	54,81	54,64	51,94
14	55,20	53,60	53,60	54,81	54,64	51,94
15	50,36	57,40	50,36	54,81	54,64	51,94
16	52,52	51,81	51,81	54,81	54,64	51,94
17	54,27	54,08	54,08	54,81	54,64	51,94
18	65,28	55,55	55,55	54,81	54,64	51,94
19	49,32	57,87	49,32	54,81	54,64	51,94
20	58,10	52,60	52,60	54,81	54,64	51,94
21	59,72	56,30	56,30	54,81	54,64	51,94
22	53,90	52,06	52,06	54,81	54,64	51,94
23	47,20	57,22	47,20	54,81	54,64	51,94
24	63,08	51,29	51,29	54,81	54,64	51,94
25	68,29	53,02	53,02	54,81	54,64	51,94
26	53,40	54,97	53,40	54,81	54,64	51,94
27	57,47	55,09	55,09	54,81	54,64	51,94
28	69,79	55,32	55,32	54,81	54,64	51,94
29	54,14	52,15	52,15	54,81	54,64	51,94
30	63,53	58,45	58,45	54,81	54,64	51,94

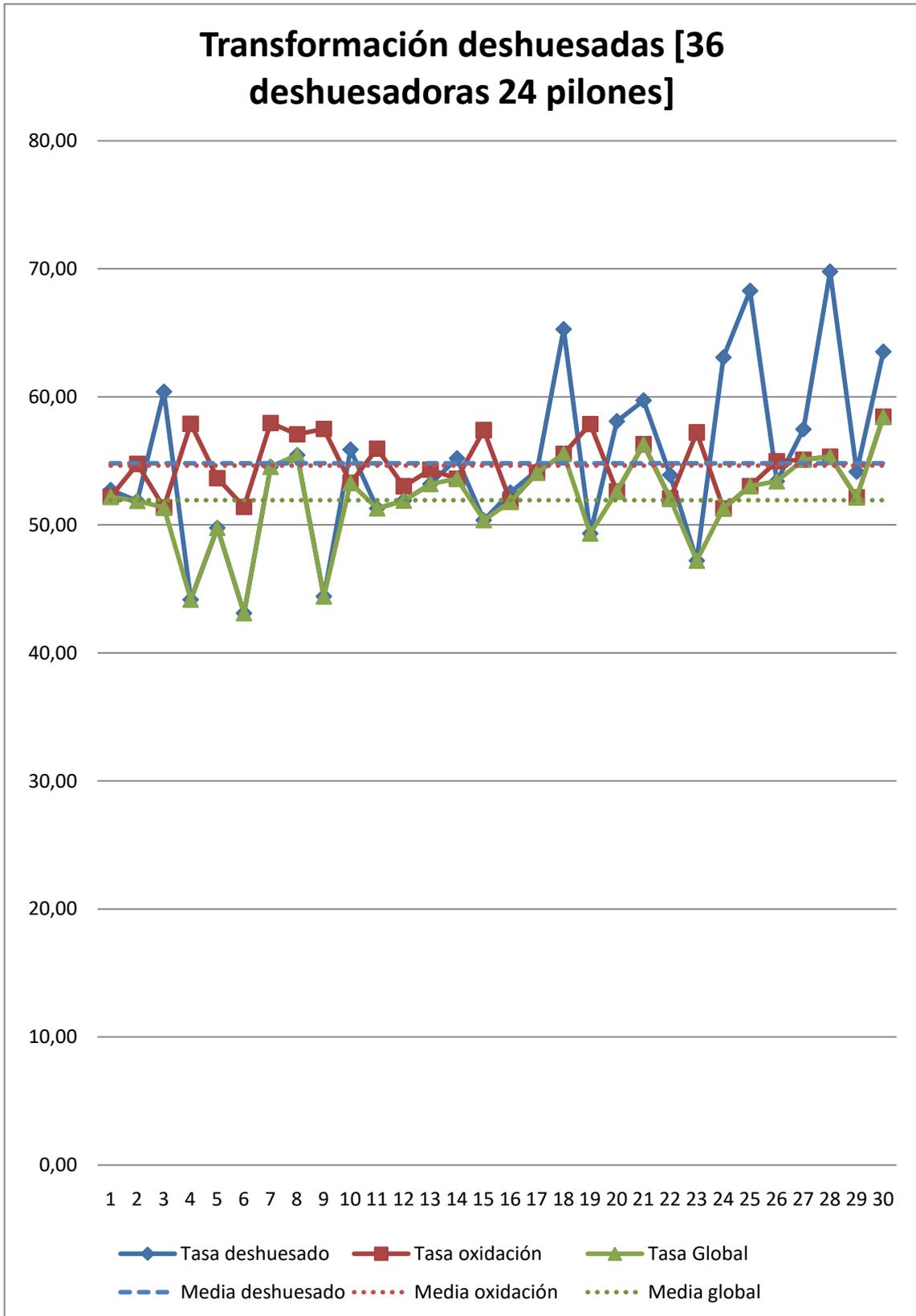


Figura 4-10 Transformación deshuesadas (36 desh. 24 pilones)

4.3.2 Propuesta inicial cliente

Debido al primer estudio realizado por otra empresa de consultoría, el cliente tenía en un principio la idea de ampliar el número de maquinas deshuesadoras de 36 a 64 y el número de pilones de oxidación de 24 a 30.

Transformación Rodajas [64 deshuesadoras 30 pilones]

Tabla 4-3 Transformación rodajas (64 desh. 30 pilones)

ESCENARIO 64 30 RODAJAS						
ETAPA DESHUESADO		ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidación I	Tasa producción I			
1	92,83	62,46	62,46	78,05	67,57	66,60
2	76,31	65,80	65,80	78,05	67,57	66,60
3	90,27	68,76	68,76	78,05	67,57	66,60
4	63,38	71,89	63,38	78,05	67,57	66,60
5	81,62	66,02	66,02	78,05	67,57	66,60
6	79,07	64,10	64,10	78,05	67,57	66,60
7	85,94	69,18	69,18	78,05	67,57	66,60
8	93,64	69,84	69,84	78,05	67,57	66,60
9	64,54	73,18	64,54	78,05	67,57	66,60
10	81,65	60,88	60,88	78,05	67,57	66,60
11	67,77	71,40	67,77	78,05	67,57	66,60
12	82,05	68,93	68,93	78,05	67,57	66,60
13	70,21	60,12	60,12	78,05	67,57	66,60
14	70,90	64,24	64,24	78,05	67,57	66,60
15	92,31	64,74	64,74	78,05	67,57	66,60
16	67,59	70,18	67,59	78,05	67,57	66,60
17	74,01	70,96	70,96	78,05	67,57	66,60
18	79,44	65,92	65,92	78,05	67,57	66,60
19	72,50	72,64	72,50	78,05	67,57	66,60
20	74,66	71,11	71,11	78,05	67,57	66,60
21	91,42	63,11	63,11	78,05	67,57	66,60
22	76,22	69,88	69,88	78,05	67,57	66,60
23	86,24	72,51	72,51	78,05	67,57	66,60
24	83,93	70,54	70,54	78,05	67,57	66,60
25	89,28	65,98	65,98	78,05	67,57	66,60
26	64,21	69,02	64,21	78,05	67,57	66,60
27	69,00	69,61	69,00	78,05	67,57	66,60
28	68,79	61,47	61,47	78,05	67,57	66,60

29	74,44	66,96	66,96	78,05	67,57	66,60
30	77,37	65,63	65,63	78,05	67,57	66,60

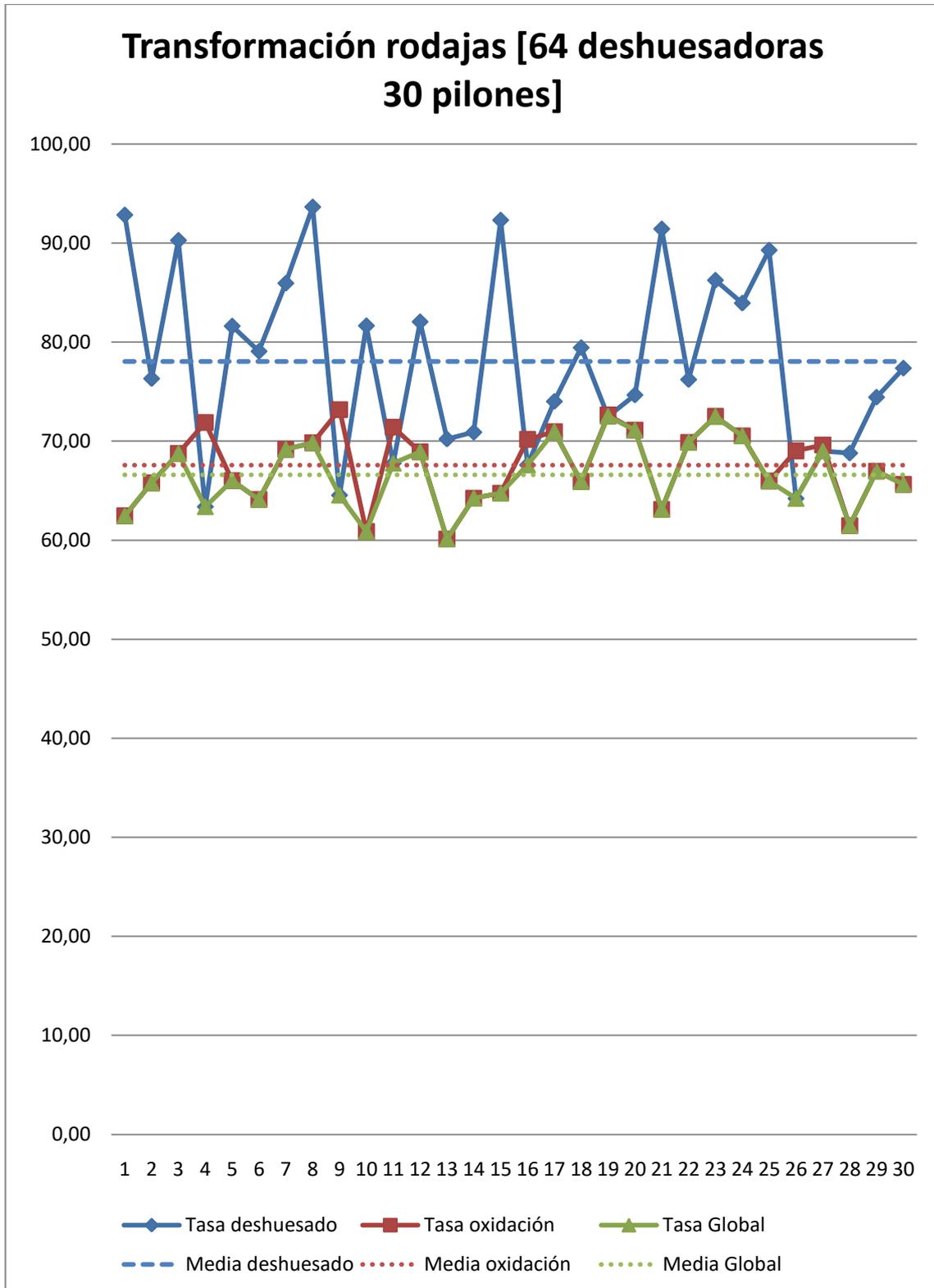


Figura 4-11 Transformación rodajas (64 desh. 30 pilones)

Transformación Deshuesadas [64 deshuesadoras 30 pilones]

Tabla 4-4 Transformación deshuesadas (64 desh. 30 pilones)

ESCENARIO 64 30 DESHUESADAS						
	ETAPA DESHUESADO	ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidación I	Tasa producción I			
1	89,00	73,35	73,35	97,84	67,86	67,86
2	97,24	65,28	65,28	97,84	67,86	67,86
3	98,71	72,92	72,92	97,84	67,86	67,86
4	101,37	73,23	73,23	97,84	67,86	67,86
5	82,63	59,10	59,10	97,84	67,86	67,86
6	125,09	66,08	66,08	97,84	67,86	67,86
7	87,71	63,81	63,81	97,84	67,86	67,86
8	106,21	65,84	65,84	97,84	67,86	67,86
9	81,58	59,61	59,61	97,84	67,86	67,86
10	103,65	70,99	70,99	97,84	67,86	67,86
11	91,53	70,09	70,09	97,84	67,86	67,86
12	105,61	67,84	67,84	97,84	67,86	67,86
13	118,37	66,56	66,56	97,84	67,86	67,86
14	104,00	73,32	73,32	97,84	67,86	67,86
15	85,32	73,18	73,18	97,84	67,86	67,86
16	82,93	65,19	65,19	97,84	67,86	67,86
17	106,86	73,48	73,48	97,84	67,86	67,86
18	100,85	70,02	70,02	97,84	67,86	67,86
19	88,28	65,05	65,05	97,84	67,86	67,86
20	95,09	69,40	69,40	97,84	67,86	67,86
21	111,32	57,89	57,89	97,84	67,86	67,86
22	89,42	65,20	65,20	97,84	67,86	67,86
23	105,97	67,28	67,28	97,84	67,86	67,86
24	113,77	67,93	67,93	97,84	67,86	67,86
25	87,52	66,22	66,22	97,84	67,86	67,86
26	83,48	72,97	72,97	97,84	67,86	67,86
27	104,61	72,19	72,19	97,84	67,86	67,86
28	89,89	67,06	67,06	97,84	67,86	67,86
29	83,95	66,63	66,63	97,84	67,86	67,86
30	113,10	68,22	68,22	97,84	67,86	67,86

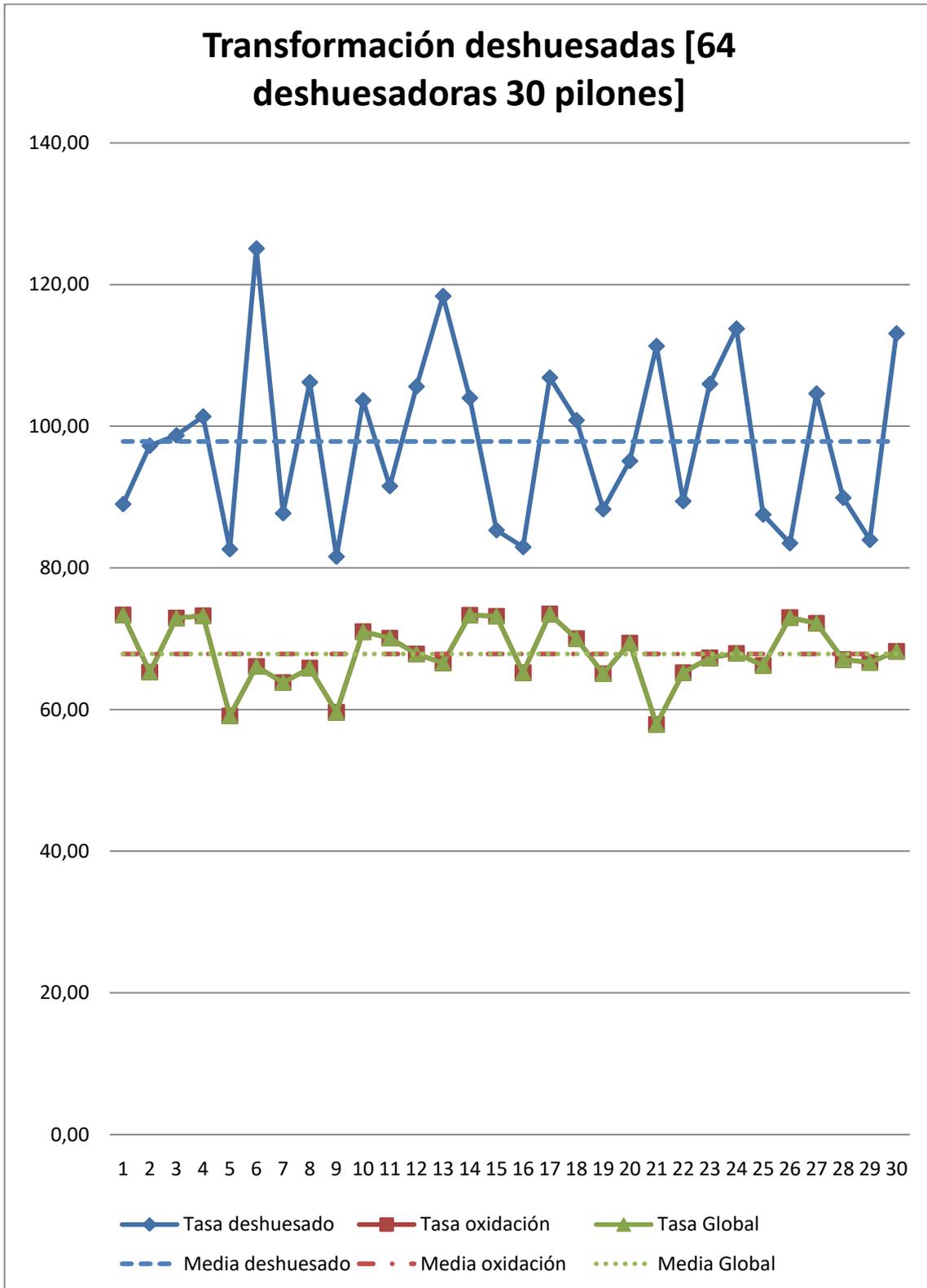


Figura 4-12 Transformación deshuesadas (64 desh. 30 pilones)

4.3.3 Propuesta realizada al cliente

Tras realizar el estudio la propuesta de ampliación realizada fue aumentar la ampliación del número de pilones de oxidación hasta los 40 pilones. De esta manera se logra un mayor nivel de equilibrado entre las etapas de oxidación y deshuesado.

Transformación Rodajas [64 deshuesadoras 40 pilones]

Tabla 4-5 Transformación rodajas (64 desh. 40 pilones)

ESCENARIO 64 40 RODAJAS						
	ETAPA DESHUESADO	ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL desacoplada	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidacion I	Tasa producción desacoplada I			
1	79,42	98,37	79,42	80,15	90,97	78,64
2	74,67	95,28	74,67	80,15	90,97	78,64
3	69,52	92,35	69,52	80,15	90,97	78,64
4	62,40	89,21	62,40	80,15	90,97	78,64
5	99,15	90,68	90,68	80,15	90,97	78,64
6	82,70	83,13	82,70	80,15	90,97	78,64
7	82,72	88,58	82,72	80,15	90,97	78,64
8	64,85	96,80	64,85	80,15	90,97	78,64
9	94,48	87,93	87,93	80,15	90,97	78,64
10	81,48	81,89	81,48	80,15	90,97	78,64
11	75,88	88,45	75,88	80,15	90,97	78,64
12	84,06	96,89	84,06	80,15	90,97	78,64
13	74,36	93,44	74,36	80,15	90,97	78,64
14	96,24	96,84	96,24	80,15	90,97	78,64
15	84,43	92,28	84,43	80,15	90,97	78,64
16	90,39	97,07	90,39	80,15	90,97	78,64
17	68,68	77,23	68,68	80,15	90,97	78,64
18	69,41	95,84	69,41	80,15	90,97	78,64
19	79,90	86,88	79,90	80,15	90,97	78,64
20	85,63	84,90	84,90	80,15	90,97	78,64
21	71,87	87,58	71,87	80,15	90,97	78,64
22	76,43	81,37	76,43	80,15	90,97	78,64
23	63,75	97,30	63,75	80,15	90,97	78,64
24	104,81	94,40	94,40	80,15	90,97	78,64
25	73,65	97,02	73,65	80,15	90,97	78,64
26	64,87	95,80	64,87	80,15	90,97	78,64
27	75,36	96,89	75,36	80,15	90,97	78,64
28	99,92	80,80	80,80	80,15	90,97	78,64

29	88,19	91,73	88,19	80,15	90,97	78,64
30	85,15	92,02	85,15	80,15	90,97	78,64

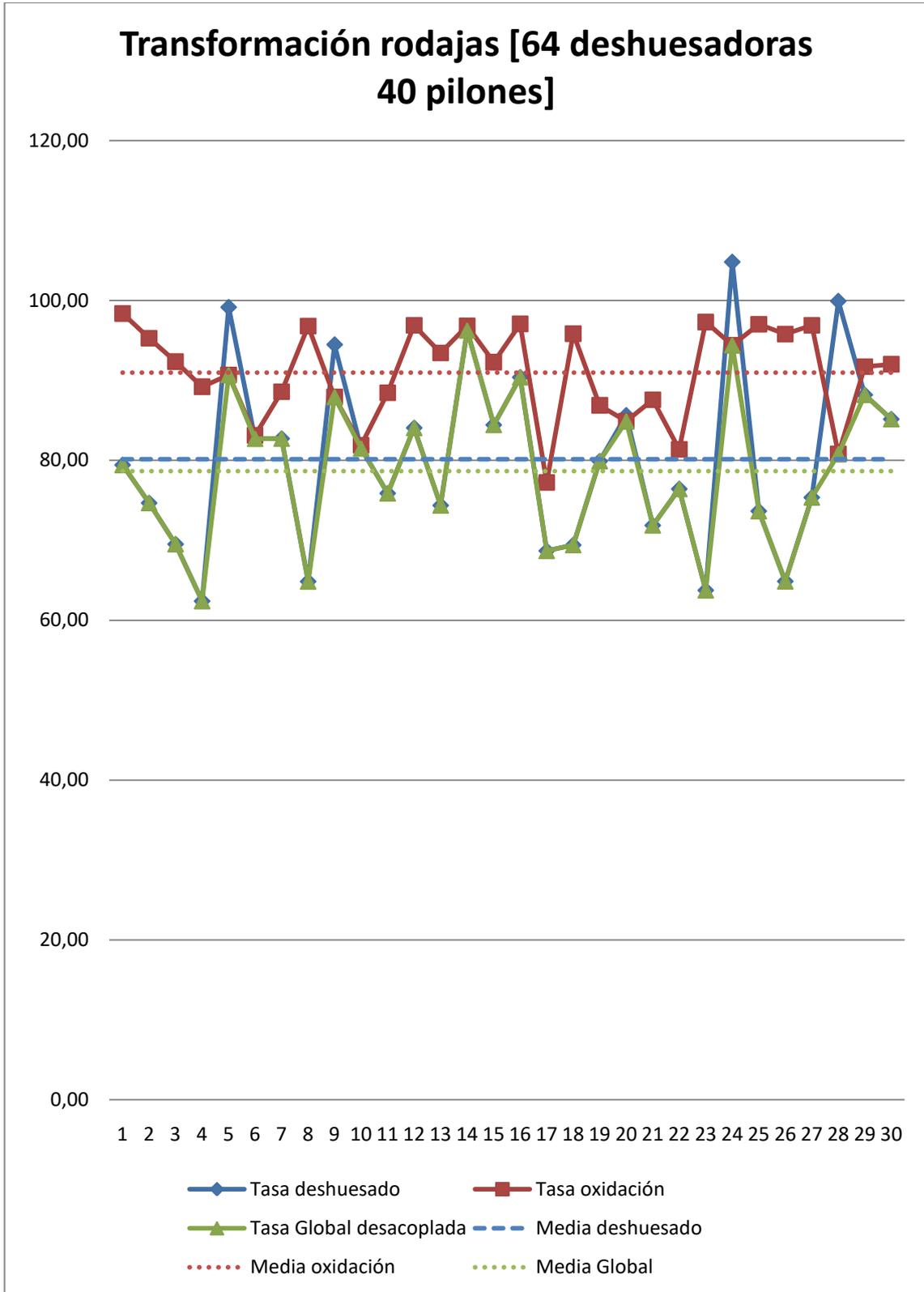


Figura 4-13 Transformación rodajas (64 desh. 40 pilones)

Transformación Deshuesadas [64 deshuesadoras 40 pilones]

Tabla 4-6 Transformación deshuesadas (64 desh. 40 pilones)

ESCENARIO 64 40 DESHUESADAS						
	ETAPA DESHUESADO	ETAPA OXIDACIÓN	GLOBAL desacoplada	Media deshuesado	Media oxidación	Media global
Valores de prueba	Tasa deshuesado I	Tasa oxidación I	Tasa producción desacoplada I			
1	84,59	87,30	84,59	99,18	91,39	89,31
2	84,60	91,67	84,60	99,18	91,39	89,31
3	103,27	80,16	80,16	99,18	91,39	89,31
4	115,67	96,19	96,19	99,18	91,39	89,31
5	116,94	95,92	95,92	99,18	91,39	89,31
6	84,85	96,02	84,85	99,18	91,39	89,31
7	106,66	95,27	95,27	99,18	91,39	89,31
8	102,34	94,81	94,81	99,18	91,39	89,31
9	84,45	97,11	84,45	99,18	91,39	89,31
10	112,41	92,74	92,74	99,18	91,39	89,31
11	96,12	94,60	94,60	99,18	91,39	89,31
12	89,21	87,26	87,26	99,18	91,39	89,31
13	95,24	89,52	89,52	99,18	91,39	89,31
14	118,75	91,26	91,26	99,18	91,39	89,31
15	101,95	88,33	88,33	99,18	91,39	89,31
16	116,24	92,88	92,88	99,18	91,39	89,31
17	88,69	84,57	84,57	99,18	91,39	89,31
18	109,66	96,03	96,03	99,18	91,39	89,31
19	94,40	87,26	87,26	99,18	91,39	89,31
20	96,05	88,21	88,21	99,18	91,39	89,31
21	72,92	82,44	72,92	99,18	91,39	89,31
22	89,73	92,92	89,73	99,18	91,39	89,31
23	101,11	86,65	86,65	99,18	91,39	89,31
24	102,63	85,03	85,03	99,18	91,39	89,31
25	82,34	98,35	82,34	99,18	91,39	89,31
26	98,69	91,26	91,26	99,18	91,39	89,31
27	113,64	92,95	92,95	99,18	91,39	89,31
28	99,58	92,38	92,38	99,18	91,39	89,31
29	116,32	98,20	98,20	99,18	91,39	89,31
30	96,44	94,47	94,47	99,18	91,39	89,31

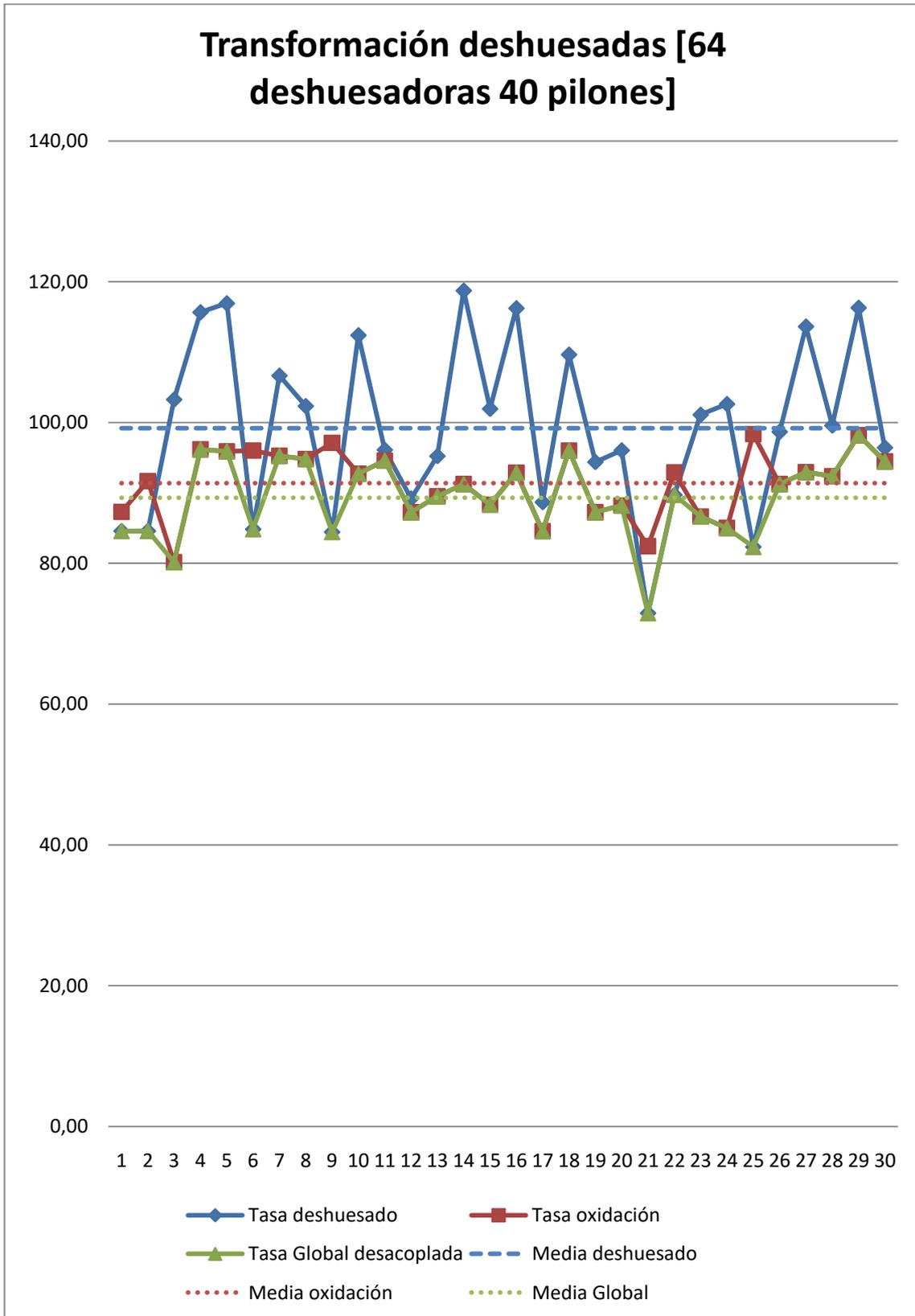


Figura 4-14 Transformación deshuesadas (64 desh. 40 pilones)

4.3.4 Comparativa entre propuestas

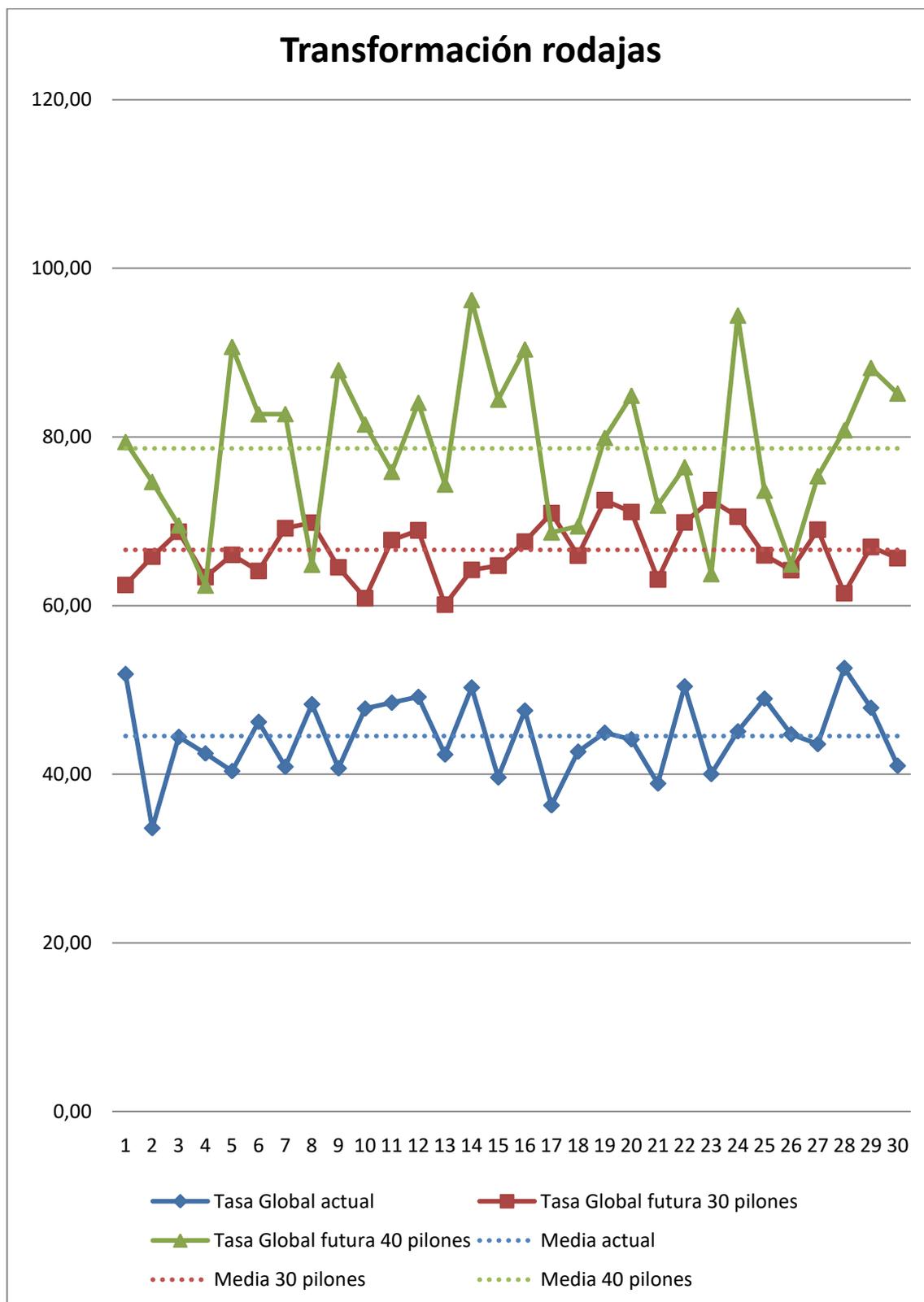


Figura 4-15 Comparativa propuestas rodajas

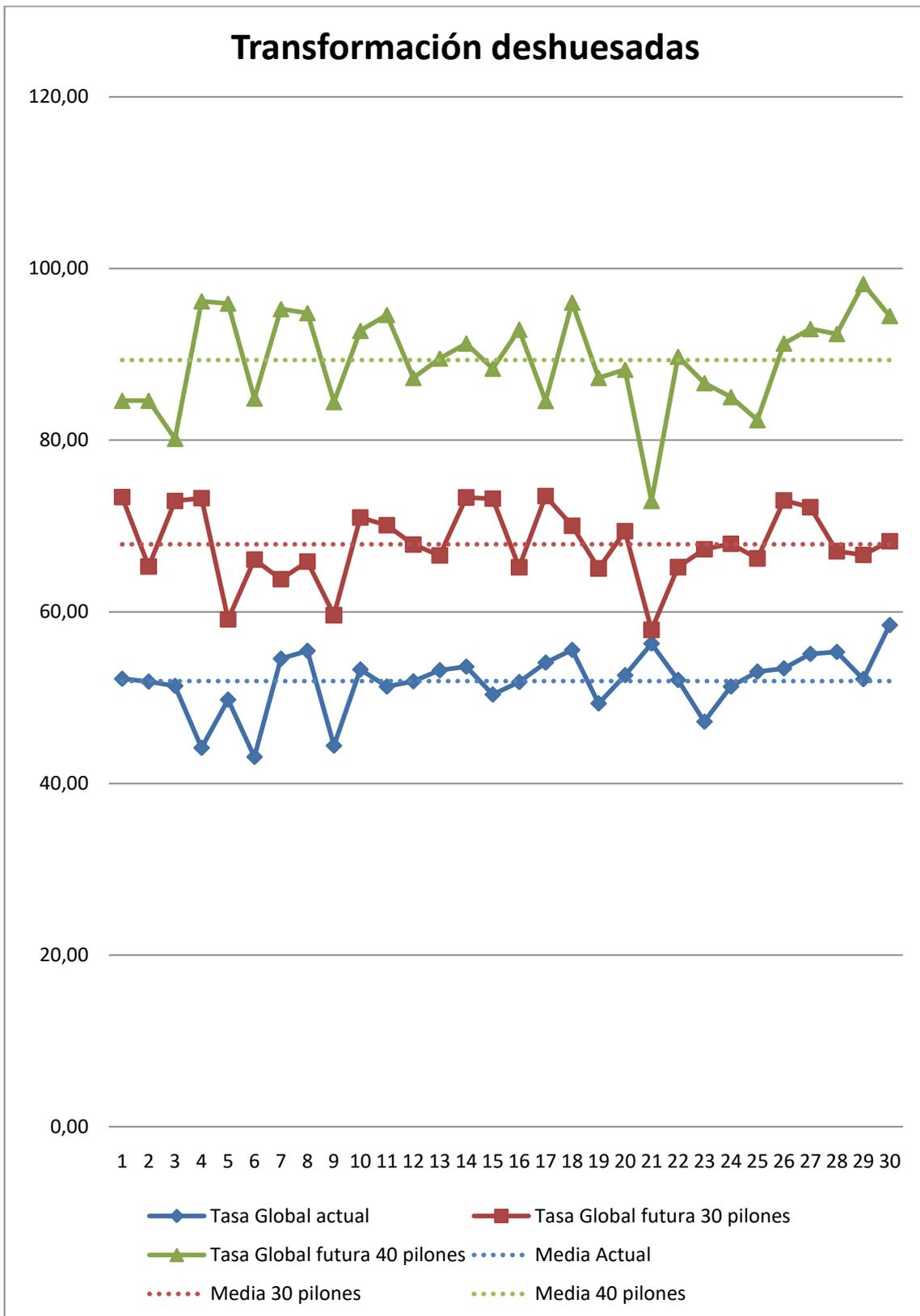


Figura 4-16 Comparativa propuestas deshuesadas

Incrementos de producción

A continuación se compara el incremento de la capacidad productiva de cada una de las propuestas.

Tabla 4-7 Incrementos de producción transformación rodajas

% incremento tasa producción (rodajas)						
Actual	Futura 30 pilones	Futura 40 pilones	Diferencia actual vs futura 30 pilones	Diferencia actual vs futura 40 pilones	Diferencia futura 30 vs futura 40 pilones	
51,89	62,46	79,42	10,56	27,53	16,96	
33,61	65,80	74,67	32,18	41,06	8,87	
44,44	68,76	69,52	24,32	25,08	0,76	
42,47	63,38	62,40	20,91	19,92	-0,98	
40,38	66,02	90,68	25,65	50,31	24,66	
46,21	64,10	82,70	17,89	36,49	18,60	
40,90	69,18	82,72	28,28	41,83	13,54	
48,31	69,84	64,85	21,52	16,54	-4,99	
40,71	64,54	87,93	23,83	47,21	23,39	
47,80	60,88	81,48	13,08	33,69	20,61	
48,49	67,77	75,88	19,27	27,39	8,11	
49,17	68,93	84,06	19,75	34,88	15,13	
42,35	60,12	74,36	17,77	32,01	14,24	
50,29	64,24	96,24	13,95	45,94	32,00	
39,63	64,74	84,43	25,11	44,80	19,69	
47,56	67,59	90,39	20,03	42,83	22,80	
36,32	70,96	68,68	34,65	32,37	-2,28	
42,69	65,92	69,41	23,24	26,73	3,49	
44,93	72,50	79,90	27,57	34,97	7,41	
44,14	71,11	84,90	26,97	40,75	13,79	
38,91	63,11	71,87	24,21	32,96	8,76	
50,43	69,88	76,43	19,45	26,00	6,55	
40,03	72,51	63,75	32,47	23,72	-8,76	
45,09	70,54	94,40	25,45	49,31	23,86	
48,97	65,98	73,65	17,00	24,67	7,67	
44,75	64,21	64,87	19,46	20,12	0,66	
43,58	69,00	75,36	25,42	31,78	6,36	
52,60	61,47	80,80	8,87	28,20	19,33	
Media	44,52	66,60	78,64	22,09	34,12	12,03
% incremento	49,61%	76,64%	18,07%			

Tabla 4-8 Incrementos de producción transformación deshuesadas

% incremento tasa producción (deshuesadas)

Actual	Futura 30 pilones	Futura 40 pilones	Diferencia actual vs futura 30 pilones	Diferencia actual vs futura 40 pilones	Diferencia futura 30 vs futura 40 pilones	
52,19	73,35	84,59	21,16	32,40	11,24	
51,87	65,28	84,60	13,41	32,74	19,32	
51,36	72,92	80,16	21,57	28,81	7,24	
44,15	73,23	96,19	29,08	52,03	22,95	
49,76	59,10	95,92	9,34	46,15	36,81	
43,10	66,08	84,85	22,98	41,76	18,78	
54,53	63,81	95,27	9,27	40,74	31,47	
55,45	65,84	94,81	10,39	39,36	28,97	
44,40	59,61	84,45	15,21	40,04	24,84	
53,28	70,99	92,74	17,71	39,46	21,75	
51,29	70,09	94,60	18,80	43,31	24,51	
51,89	67,84	87,26	15,95	35,36	19,42	
53,18	66,56	89,52	13,37	36,33	22,96	
53,60	73,32	91,26	19,71	37,66	17,95	
50,36	73,18	88,33	22,82	37,97	15,15	
51,81	65,19	92,88	13,38	41,07	27,69	
54,08	73,48	84,57	19,41	30,50	11,09	
55,55	70,02	96,03	14,46	40,48	26,01	
49,32	65,05	87,26	15,73	37,93	22,21	
52,60	69,40	88,21	16,79	35,61	18,81	
56,30	57,89	72,92	1,59	16,62	15,03	
52,06	65,20	89,73	13,15	37,67	24,53	
47,20	67,28	86,65	20,09	39,45	19,36	
51,29	67,93	85,03	16,64	33,74	17,10	
53,02	66,22	82,34	13,20	29,31	16,12	
53,40	72,97	91,26	19,57	37,86	18,29	
55,09	72,19	92,95	17,10	37,86	20,76	
55,32	67,06	92,38	11,74	37,05	25,31	
52,15	66,63	98,20	14,48	46,05	31,57	
58,45	68,22	94,47	9,77	36,03	26,26	
Media	51,94	67,86	89,31	15,93	37,38	21,45
% incremento	30,67%	71,97%	31,61%			

4.4 Modelo de simulación para un producto

Estas simulaciones producto a producto son la principal herramienta del estudio donde se vuelca toda la información recabada del sistema. En ellas se logra alcanzar el mayor nivel de ajuste y su combinación da como resultado el comportamiento del sistema en función de los productos que se fabrican en ese instante en la planta. Esta es la forma más fidedigna de analizar la capacidad productiva del sistema.

A raíz de esta información se pueden generar planes de producción que optimizan el uso de los recursos de manera que se obtenga la máxima tasa de producción del sistema ajustándose a la demanda.

A continuación se va a mostrar los distintos tipos de resultados que se analizan en la simulación de cada uno de los productos (entendiendo como producto un tipo de transformación y un tipo de envas).

Se escoge el producto estrella, la lata A-10 con el tipo de transformación “rodajas”. Esta referencia pertenece a la línea 1, línea Food Service, la de productos de gran tamaño.

Se mostrarán los resultados correspondientes a la situación actual. Es decir, 24 pilones de oxidación, 6 autoclaves para esterilización, 36 máquinas deshuesadoras distribuidas en 6 líneas. Para el estudio fue necesario simular también la situación futura planteada y otros escenarios. Para reducir el volumen de información sólo se mostrará un escenario.

4.4.1 Línea 1: A-10 Rodajas

Se va a exponer en detalle los datos de entrada y salida para el caso de producir únicamente un producto, lata A-10 con el tipo de transformación “Rodajas”.

Datos de entrada

Tabla 4-9 Datos entrada producción A-10 rodajas

Tiempo esterilizacion	77	minutos (60+12)
Calibre medio	399,9999987	aceitunas/kilo
Pérdida desh.	4,72%	
Factor hidratacion	1	
PNE(A10)	1,56	kg/envase
envases/autoclave	900	
envases/cesta	150	
cesta/autoclave	6	
tiempo turno operarios	7,75	horas/turno
tiempo turno maquinas	8	horas/turno
Merma deshuesado	29,89%	(hueso+tapas)
Envases/caja	6	
merma total ponderada	17,00%	(Oxidacion-Llenado)

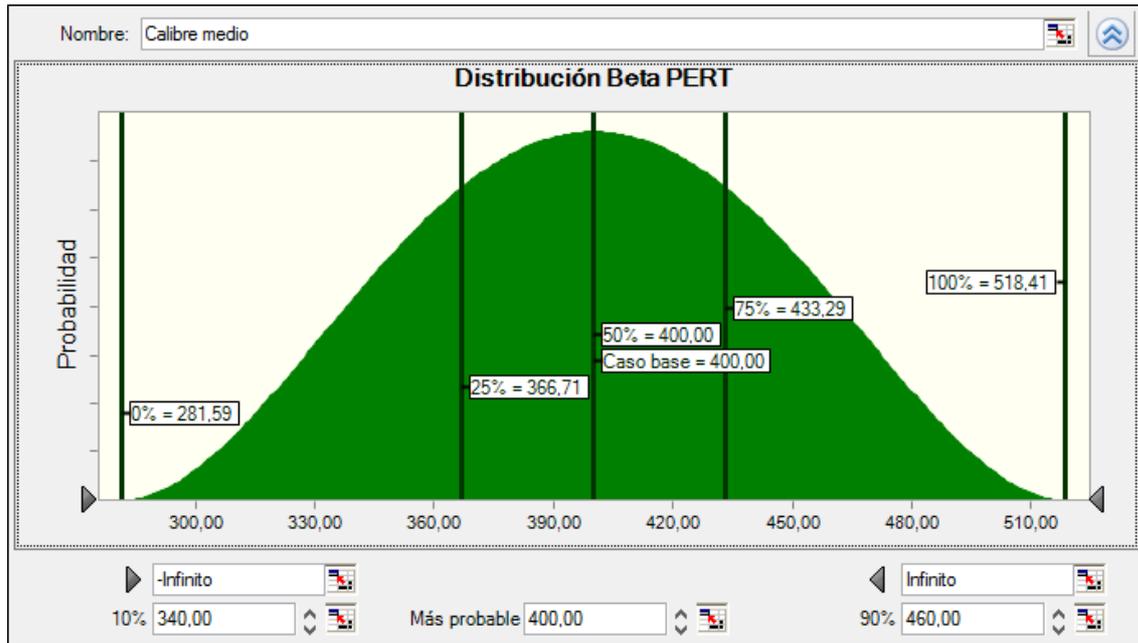


Figura 4-17 Distribución calibre medio

Tabla 4-10 Datos entrada escenario A-10 “Rodajas” etapa deshuesado

DESHUESADO:		
RITMO MÁQUINA	1450	GOLPES/MINUTO
RENDIMIENTO (Estimada por otra consultora)	90,0%	
TASA DE CALIDAD (Datos cliente)	99,0%	

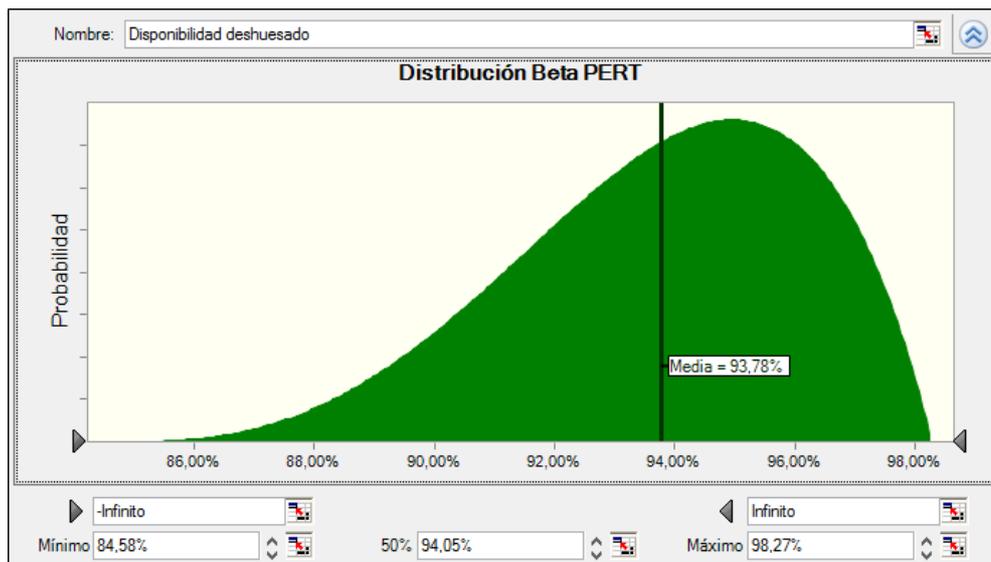


Figura 4-18 Disponibilidad introducida etapa de deshuesado

La disponibilidad del deshuesado proviene del estudio de disponibilidad de la etapa de deshuesado que mostramos en los anexos. Aquel análisis da como resultado:

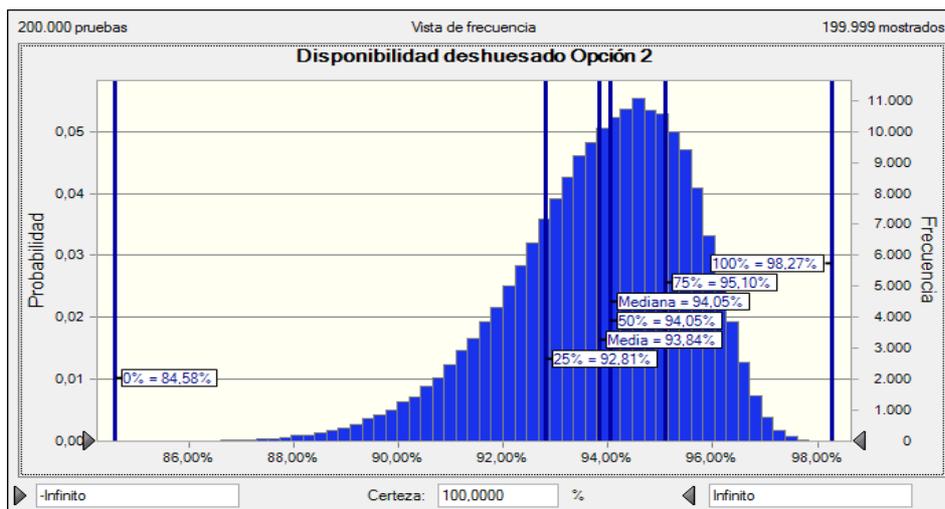


Figura 4-19 Disponibilidad etapa deshuesado

Tabla 4-11 Datos entrada etapa esterilizado

ESTERILIZADO:	
<i>DISPONIBILIDAD (Datos cliente)</i>	95,0%
<i>RENDIMIENTO (Estimada por otra consultora)</i>	95,0%
<i>TASA DE CALIDAD</i>	99,9%
<i>O.E.E ESTIMADA</i>	90,2%
<i>Nº de máquinas (autoclaves)</i>	6
<i>Tiempo esterilizacion</i>	60
<i>Tiempo carga y descarga rápido (2 operarios) [minutos]</i>	13

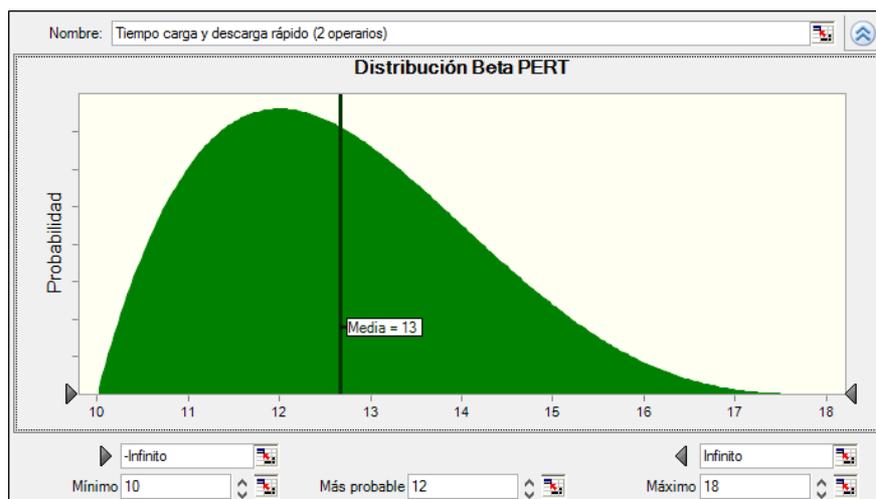


Figura 4-20 Distribución tiempo de carga y descarga

Tabla 4-12 Tasa de calidad etapa esterilización

ESTUDIO DE LA TASA DE CALIDAD DE LA ETAPA DE ESTERILIZACIÓN		
Intervalo de tiempo	3,5	meses
Días laborables	77	días
Nº autoclaves/día	66	
Fallos en el intervalo	4	
Tasa de calidad	99,92%	

Tabla 4-13 Datos entrada etapa oxidación

OXIDACION:	
DISPONIBILIDAD (Datos cliente)	95,0%
RENDIMIENTO (Estimada por otra consultora)	98,0%
TASA DE CALIDAD (Datos cliente)	99,0%
O.E.E ESTIMADA	92,2%
Pilones por turno (24 PILONES)	4,21
Capacidad pilon [kg/pilon]	13200

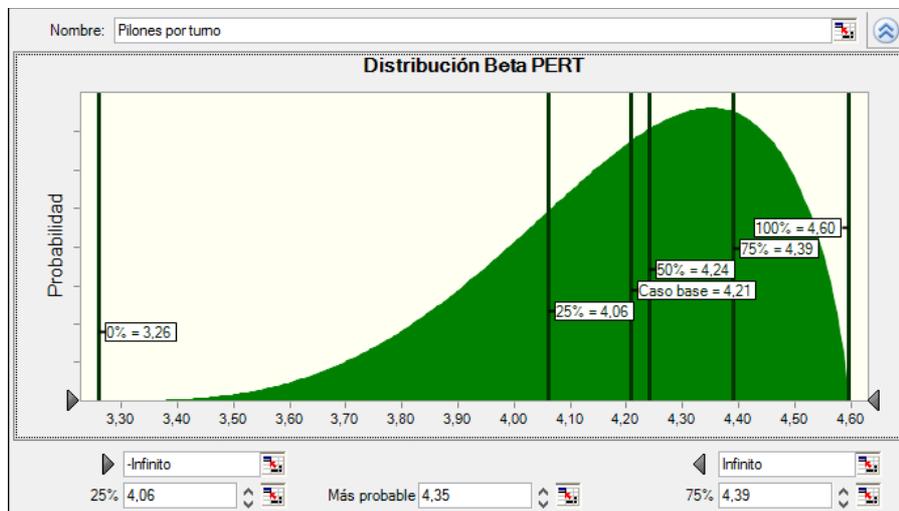


Figura 4-21 Distribución del número de pilones por turno de 8 horas

El número de pilones por turno es el resultado de la simulación de la etapa de oxidación que se muestra en el anexo, apartado 7.2.

Tabla 4-14 Datos entrada etapa envasado línea 1

ENVASADO LINEA 1:	
<i>RENDIMIENTO (Estimada por Sisteplant)</i>	95,0%
<i>TASA DE CALIDAD (Datos Angel Camacho)</i>	99,0%
<i>O.E.E ESTIMADA</i>	77,4%
<i>DISPONIBILIDAD-ESCENARIO</i>	82,3%

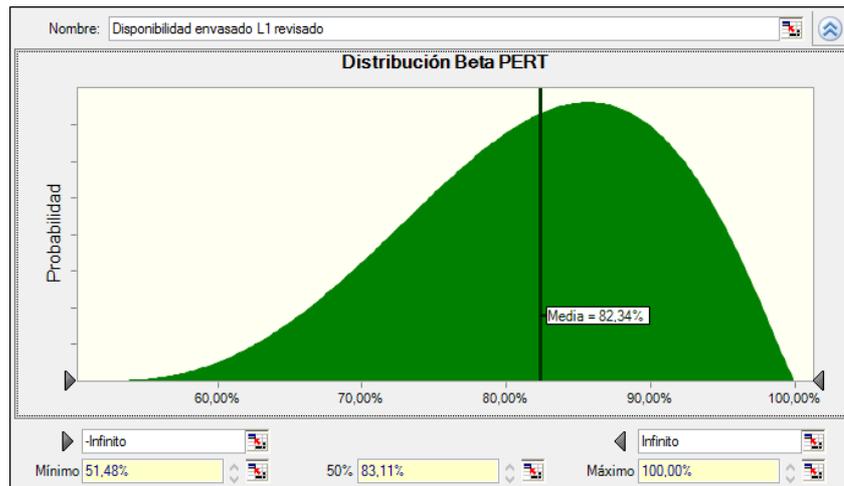


Figura 4-22 Distribución disponibilidad envasado línea 1

La disponibilidad del envasado de la línea 1 proviene del estudio de disponibilidad de la etapa de envasado que se muestra en el anexo, **apartado 7.3**. Aquel análisis da como resultado:

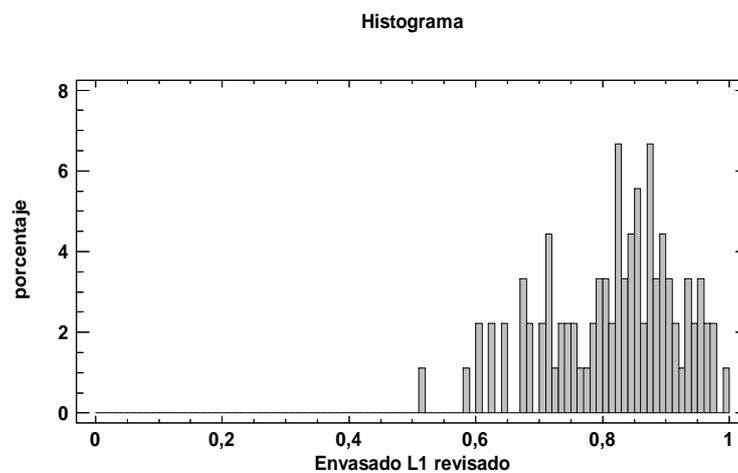


Figura 4-23 Histograma disponibilidad etapa envasado línea 1

Tabla 4-15 Disponibilidad envasado línea 1 basado en datos históricos

% disponibilidad media envasado	81,68%
máxima % disponibilidad	100,00%
mínima % disponibilidad	51,48%
Mediana	83,11%

Tabla 4-16 Datos entrada etapa encajado línea 1

ENCAJADO LINEA 1:	
<i>RENDIMIENTO (Estimada por Sisteplant)</i>	95,0%
<i>TASA DE CALIDAD (Datos Angel Camacho)</i>	99,0%
<i>OEE ESTIMADA</i>	70,8%
<i>DISPONIBILIDAD-ESCENARIO</i>	75,2%

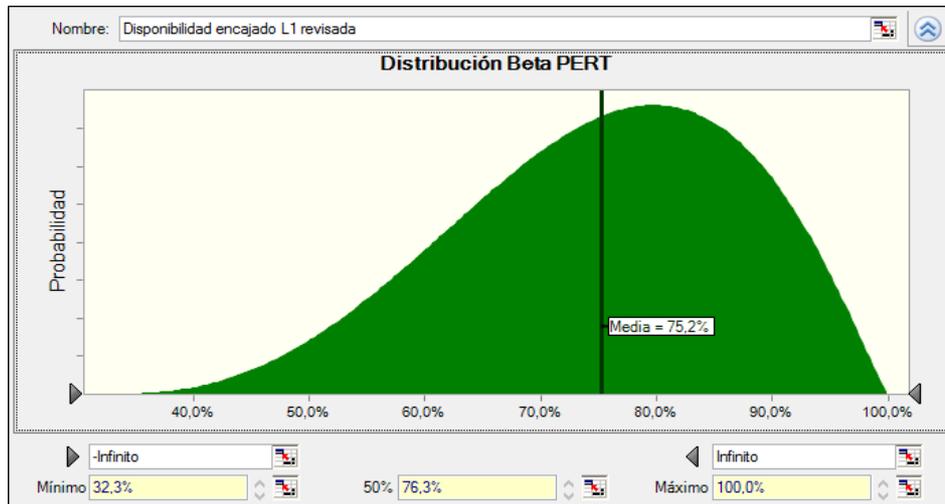


Figura 4-24 Distribución disponibilidad encajado línea 1

La disponibilidad del encajado de la línea 1 proviene del estudio de disponibilidad de la etapa de encajado que se muestra en el anexo, **apartado 7.4**. Aquel análisis da como resultado:

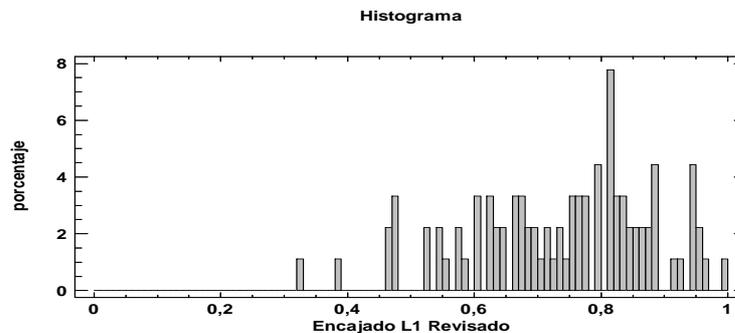


Figura 4-25 Histograma disponibilidad etapa encajado línea 1

Tabla 4-17 Disponibilidad encajado línea 1 basado en datos históricos

% disponibilidad media encajado	73,67%
máxima % disponibilidad	100%
mínima % disponibilidad	32,26%
mediana disponibilidad	76,30%

Tabla 4-18 Velocidades máquinas etapas envasado y encajado

A-10	
DESPALETIZADOR	120
LLENADORA	100
LLEN. SALMUERA	100
CERRADORA	80
ENCESTADO	75
6xA-10	
DESENCESTADOR	120
CODIFICADOR	150
ETIQUETADORA	120
ENCAJADORA	108
RETRACTIL	84
ETIQUET. BANDEJAS	240
PALETIZADOR	120

Las velocidades de las máquinas están expresadas en envases por minuto

Datos de salida

Capacidades productivas expresadas en kilogramos por minuto

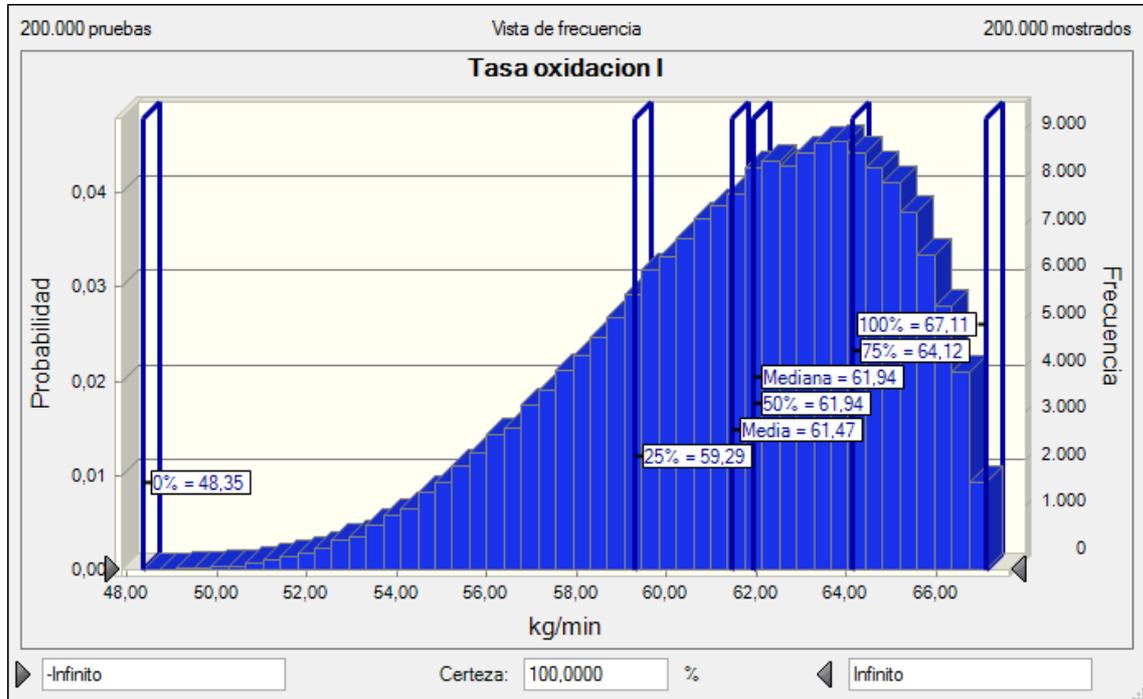


Figura 4-26 Tasa etapa oxidación

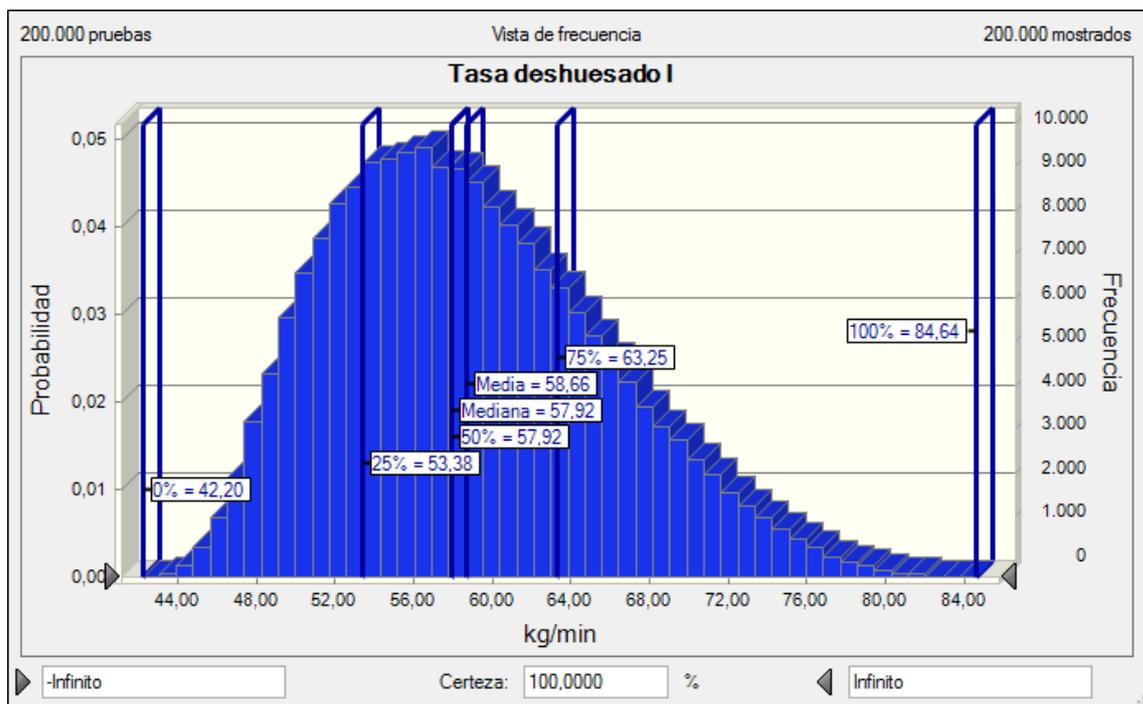


Figura 4-27 Tasa etapa deshuesado

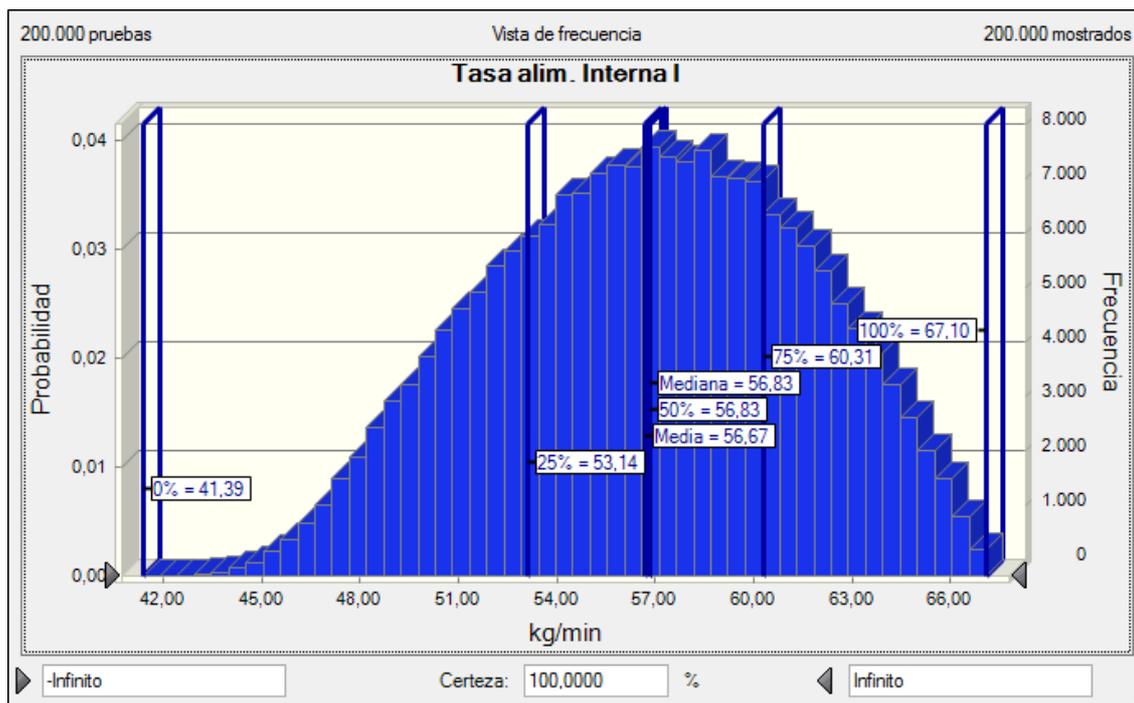


Figura 4-28 Tasa alimentación interna

Es bueno recordar que se ha definido como tasa de alimentación interna al resultado de la combinación de las etapas de oxidación y deshuesado.

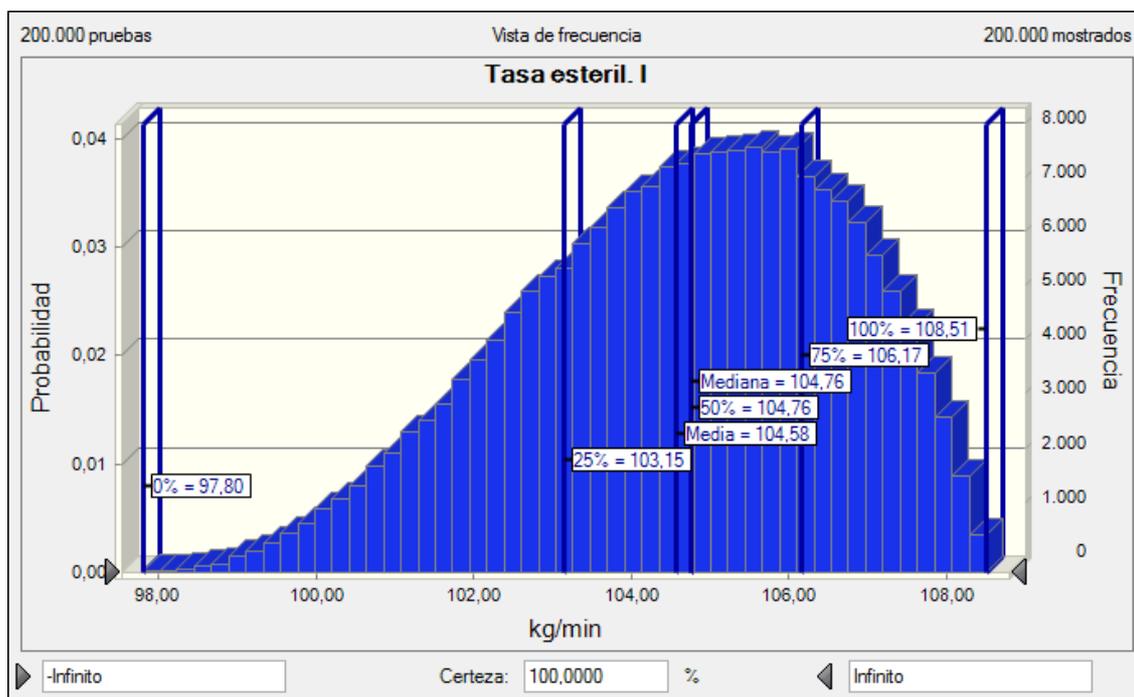


Figura 4-29 Tasa etapa esterilización

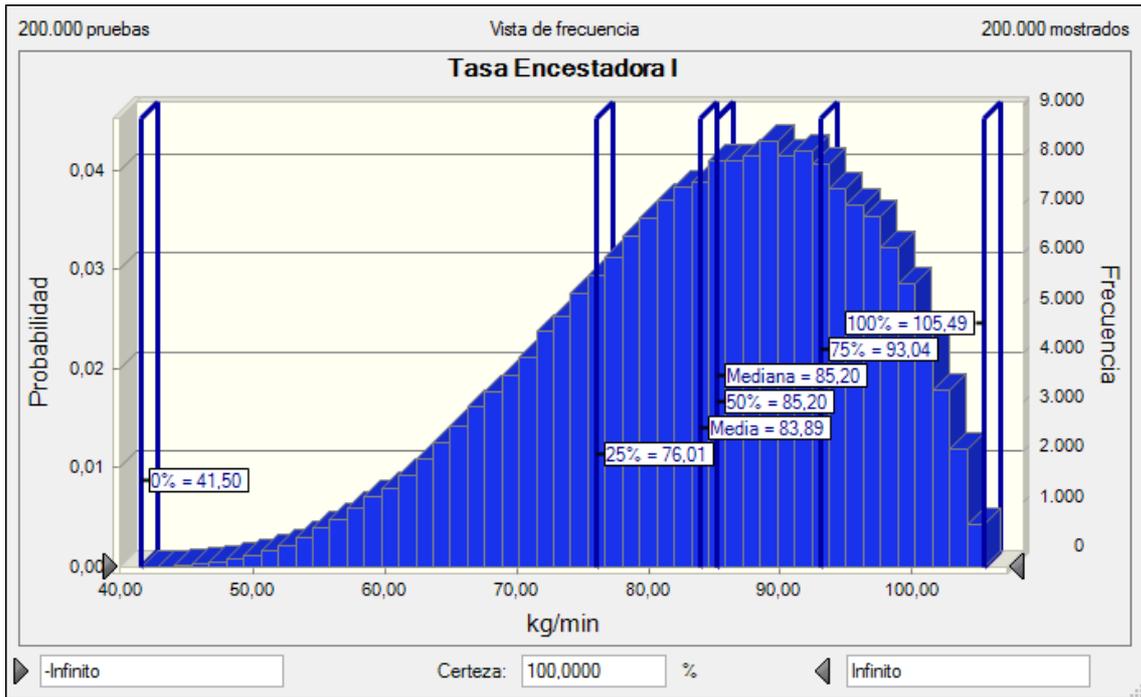


Figura 4-30 Tasa etapa envasado

La encastadora es el proceso más lento de la etapa de envasado por lo que marca el ritmo de la misma.

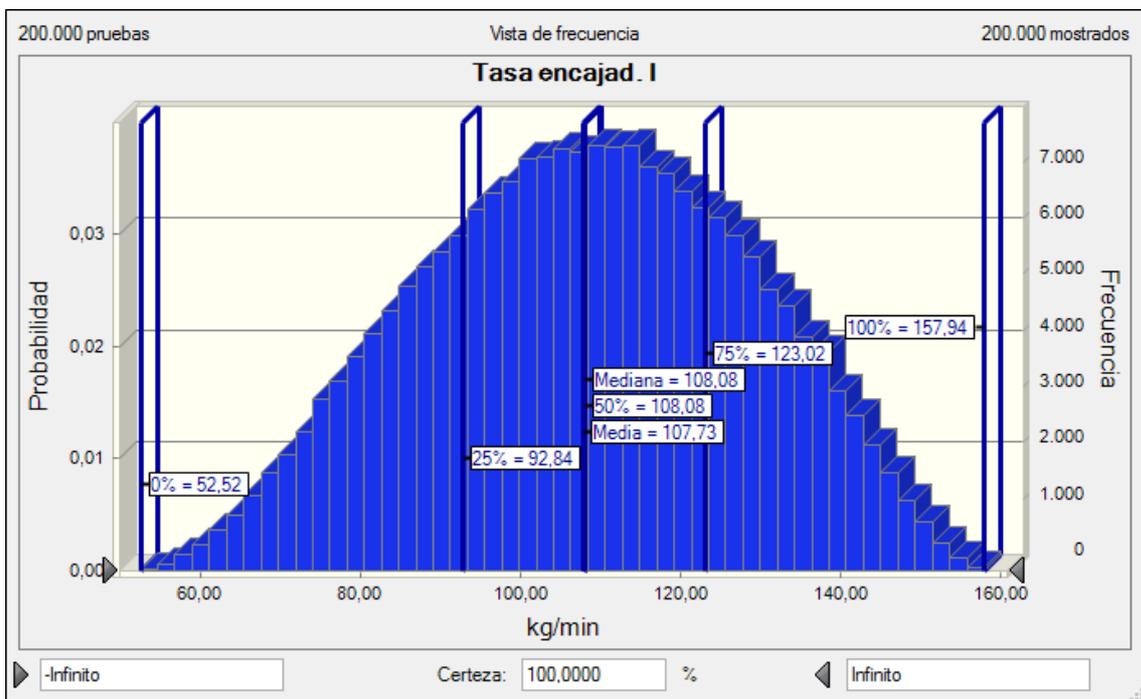


Figura 4-31 Tasa etapa encajado

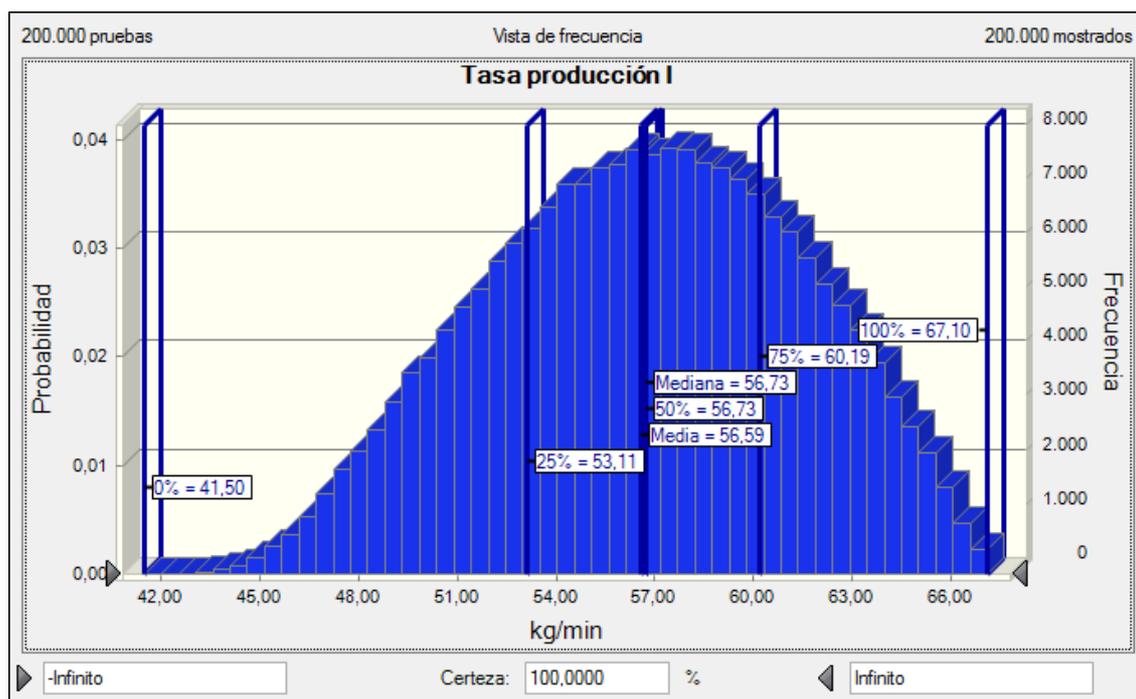


Figura 4-32 Tasa de producción monoproducto A-10 “Rodajas”

Esta es la capacidad productiva expresada en Kg/min del sistema para producir la referencia A-10 rodajas.

Tabla 4-19 Datos análisis estadístico cap. productiva escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

Previsión: Tasa producción I	
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	200.000
Caso base	57,91
Media	56,59
Mediana	56,73
Modo	---
Desviación estándar	4,74
Varianza	22,49
Sesgo	-0,1268
Curtosis	2,33
Coefficiente de variación	0,0838
Mínimo	41,5
Máximo	67,1
Error estándar medio	0,01

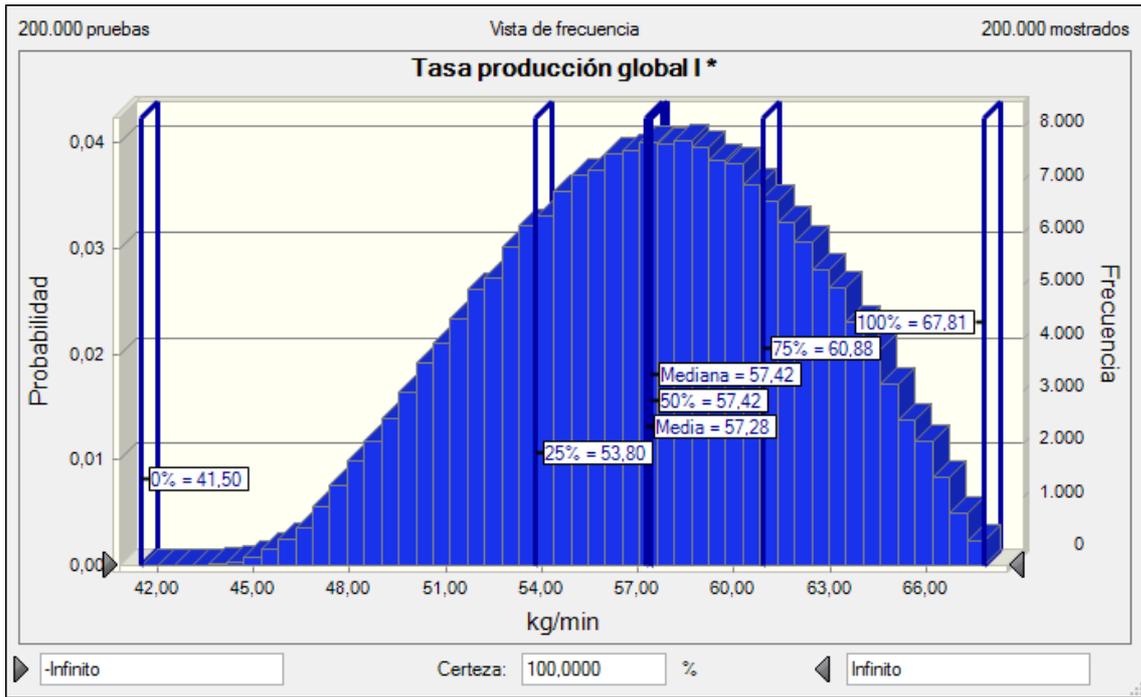


Figura 4-33 Tasa de producción “global” monoproducto A-10 “Rodajas”

Se ha llamado tasa de producción “global” a la capacidad productiva del sistema gracias a la suma de la alimentación interna proveniente de las etapas de oxidación y envasado más una alimentación externa de aceituna lista para ser envasada proveniente de otras plantas y cuyo cálculo se muestra en el apartado 3.3.2.

La capacidad productiva expresada en envases por minuto sería la siguiente:

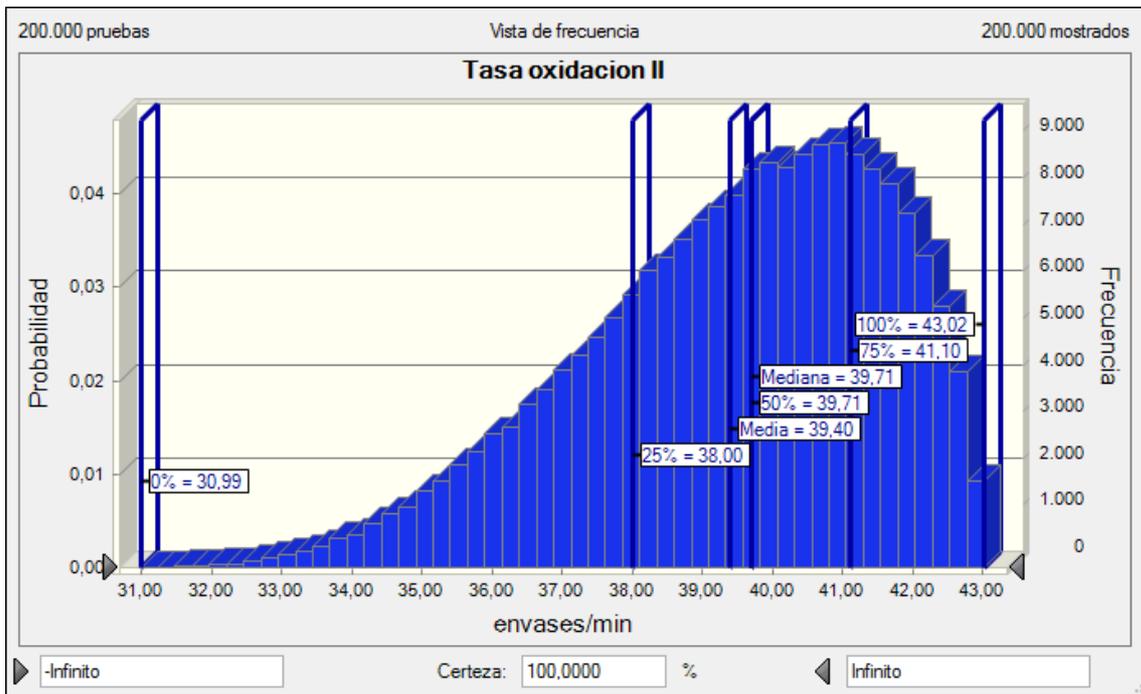


Figura 4-34 Tasa etapa oxidación en envases por minuto

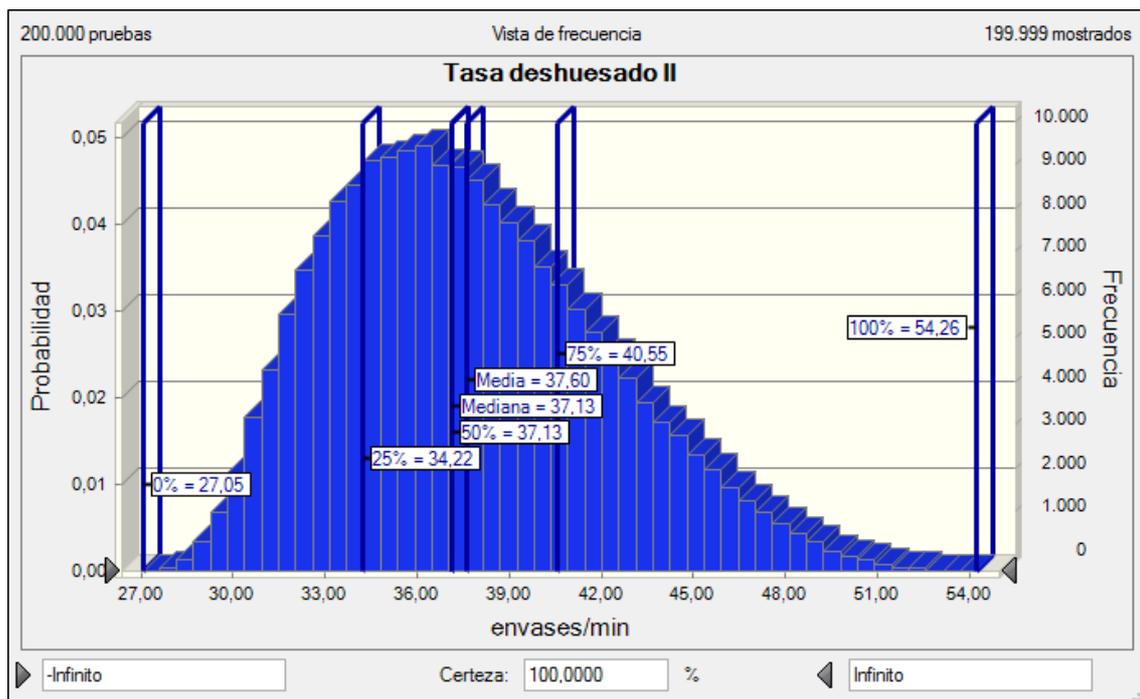


Figura 4-35 Tasa etapa deshuesado en envases por minuto

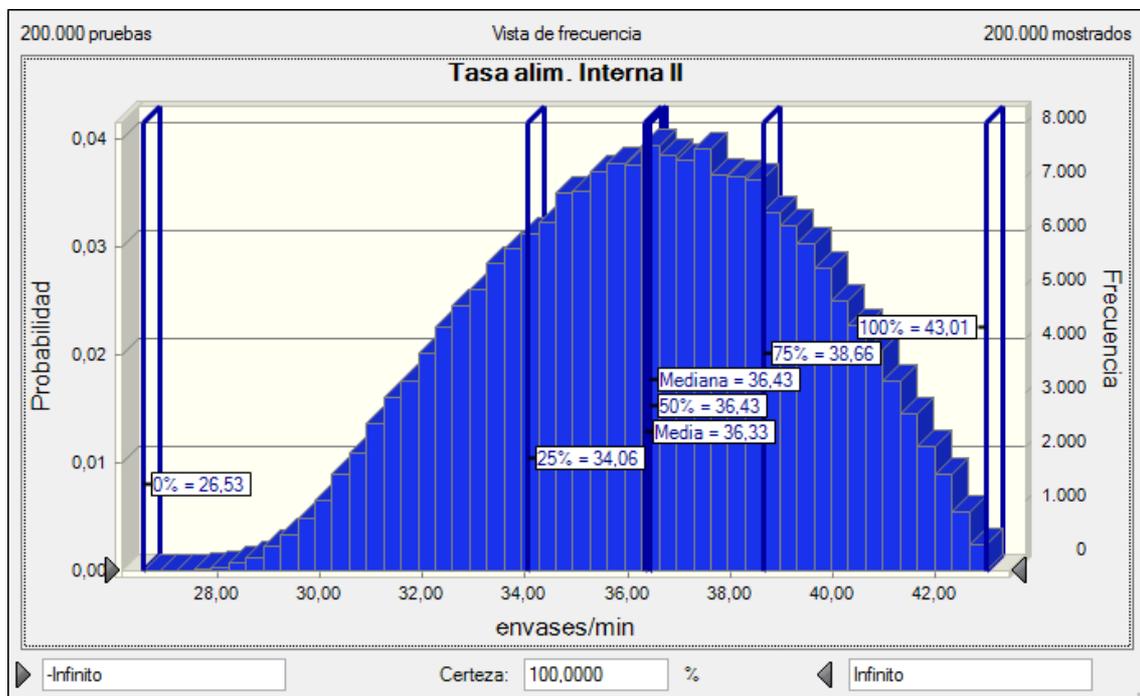


Figura 4-36 Tasa alimentación interna en envases por minuto

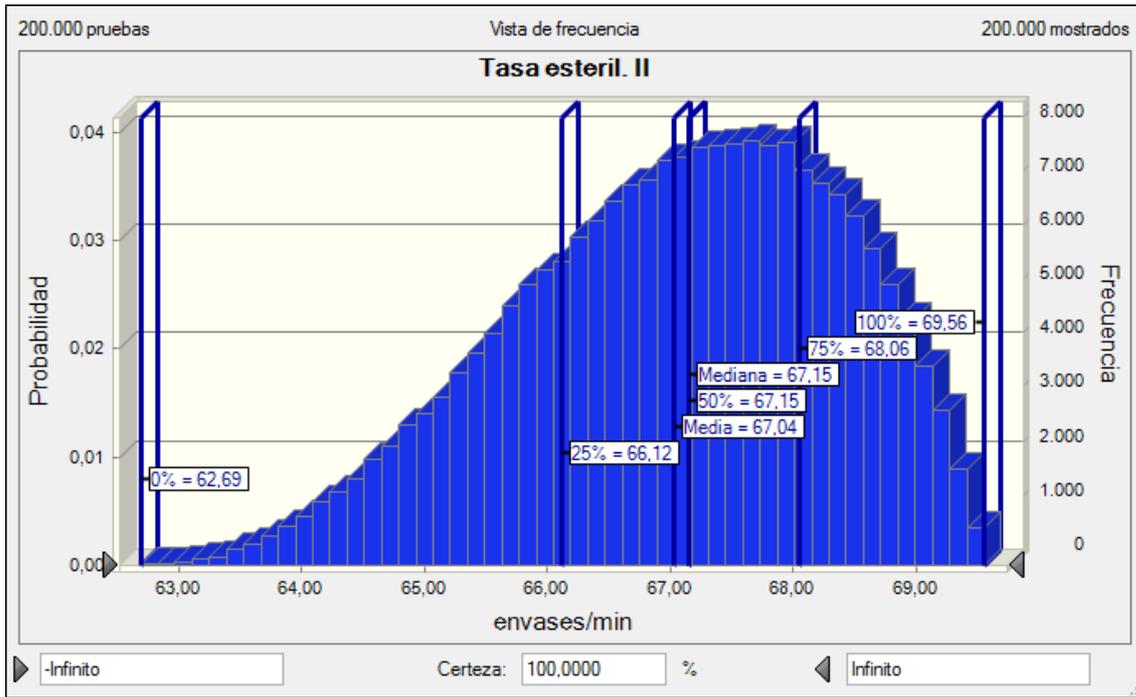


Figura 4-37 Tasa etapa esterilización en envases por minuto

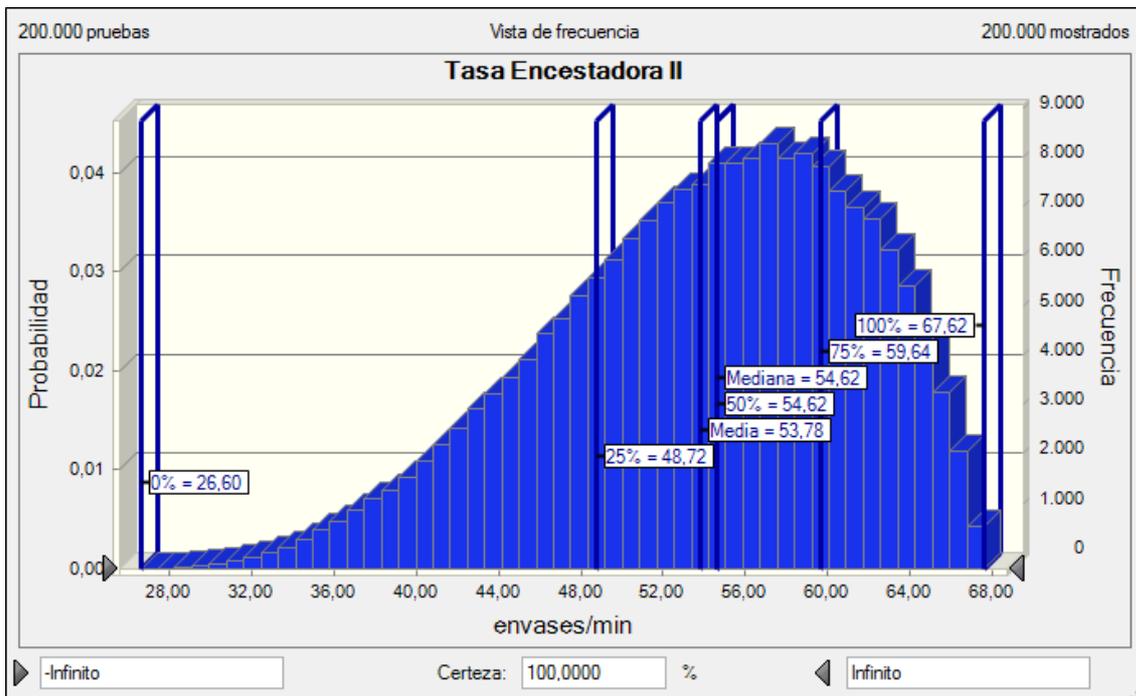


Figura 4-38 Tasa etapa envasado en envases por minuto

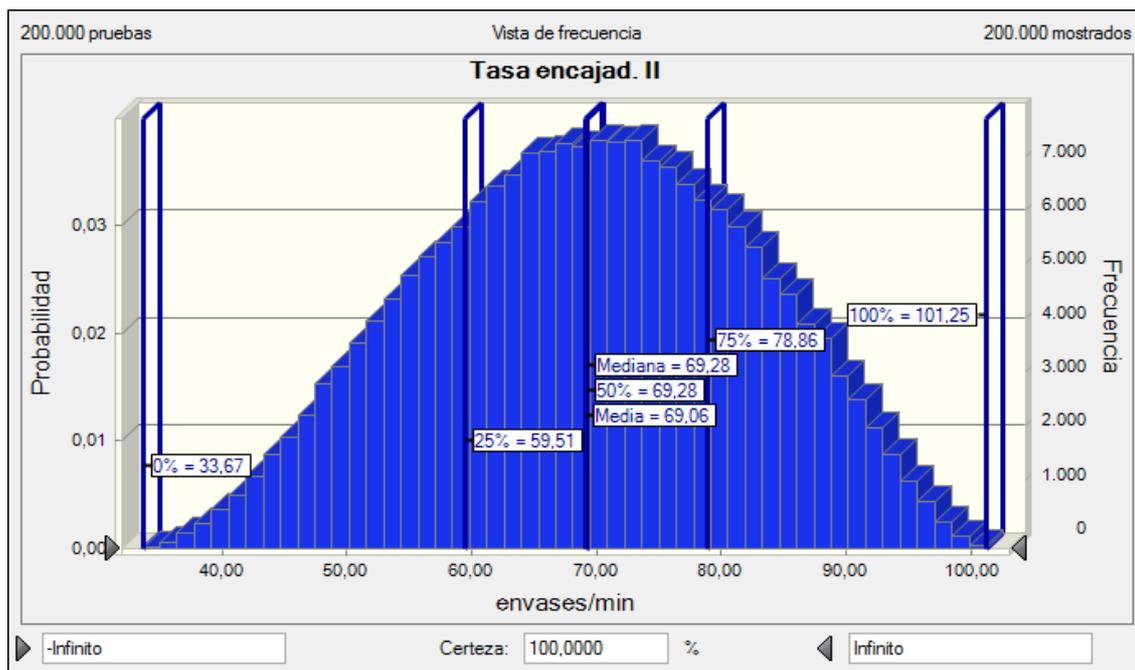


Figura 4-39 Tasa etapa encajado en envases por minuto

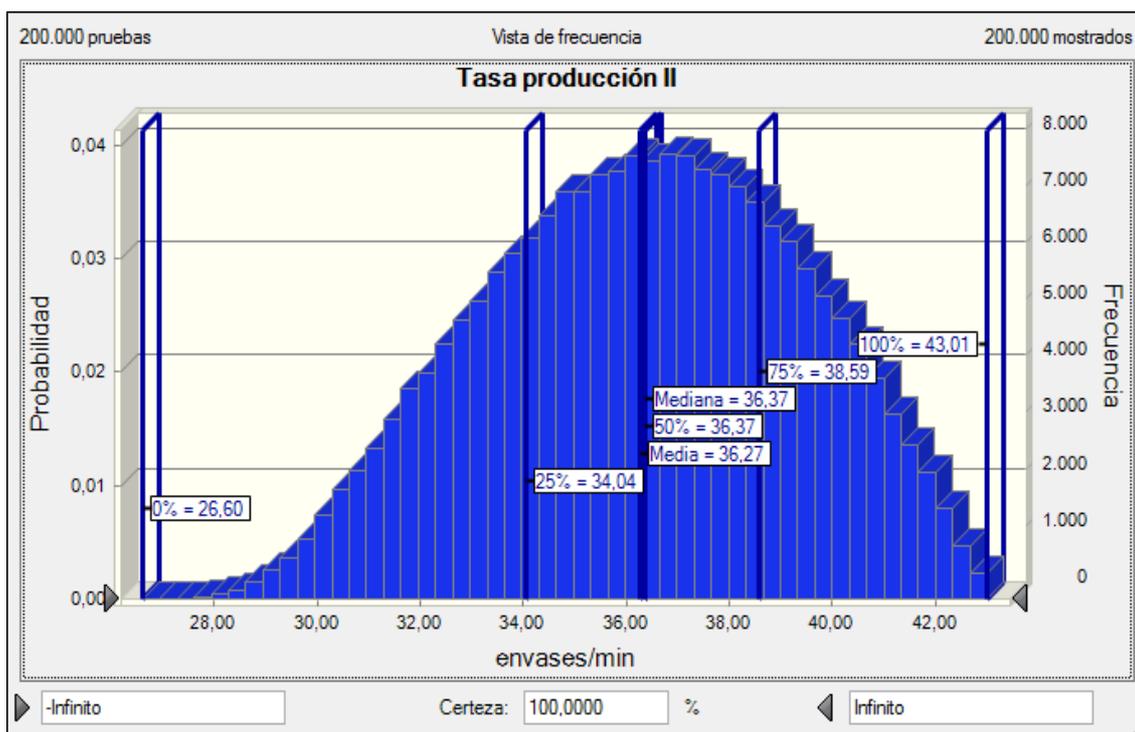


Figura 4-40 Tasa de producción monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto

Tabla 4-20 Datos análisis estad. cap. product. escenario monoproducto A-10 “Rodajas” en env/min

Previsión: Tasa producción II	
Estadística	Valores de previsión
Pruebas	200.000
Caso base	37,12
Media	36,27
Mediana	36,37
Modo	---
Desviación estándar	3,04
Varianza	9,24
Sesgo	-0,1268
Curtosis	2,33
Coefficiente de variación	0,0838
Mínimo	26,6
Máximo	43,01
Error estándar medio	0,01

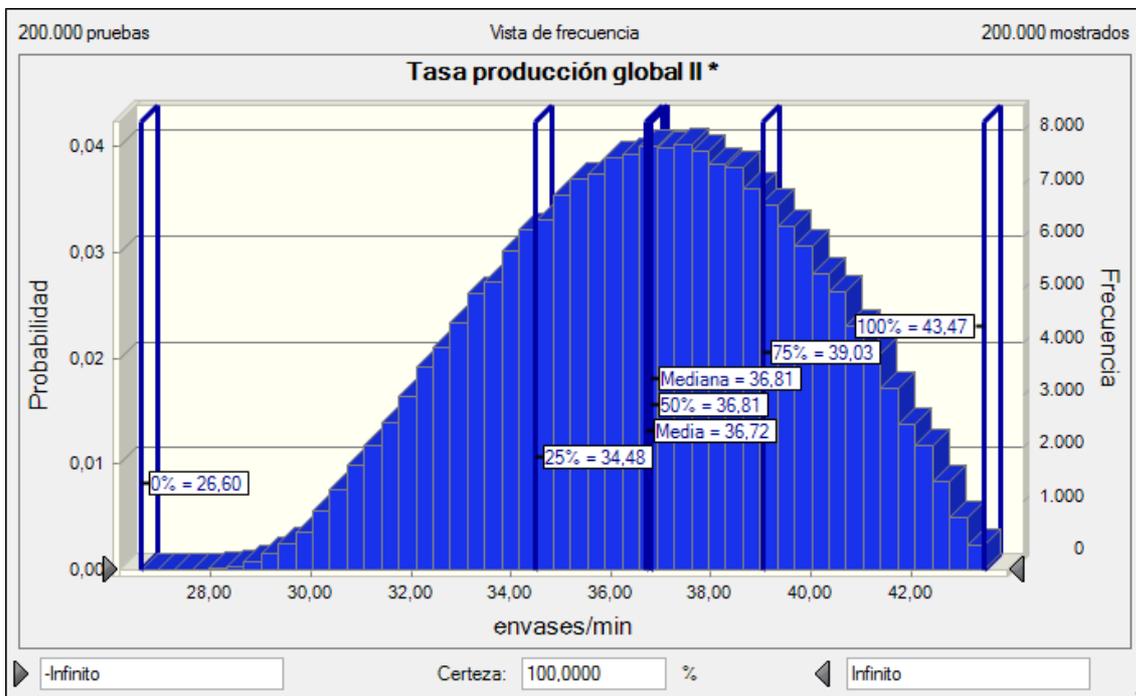


Figura 4-41 Tasa de producción “global” monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto

La capacidad productiva de las etapas de envasado y encajado, aislándolas de las etapas de oxidación y deshuesado, sería:

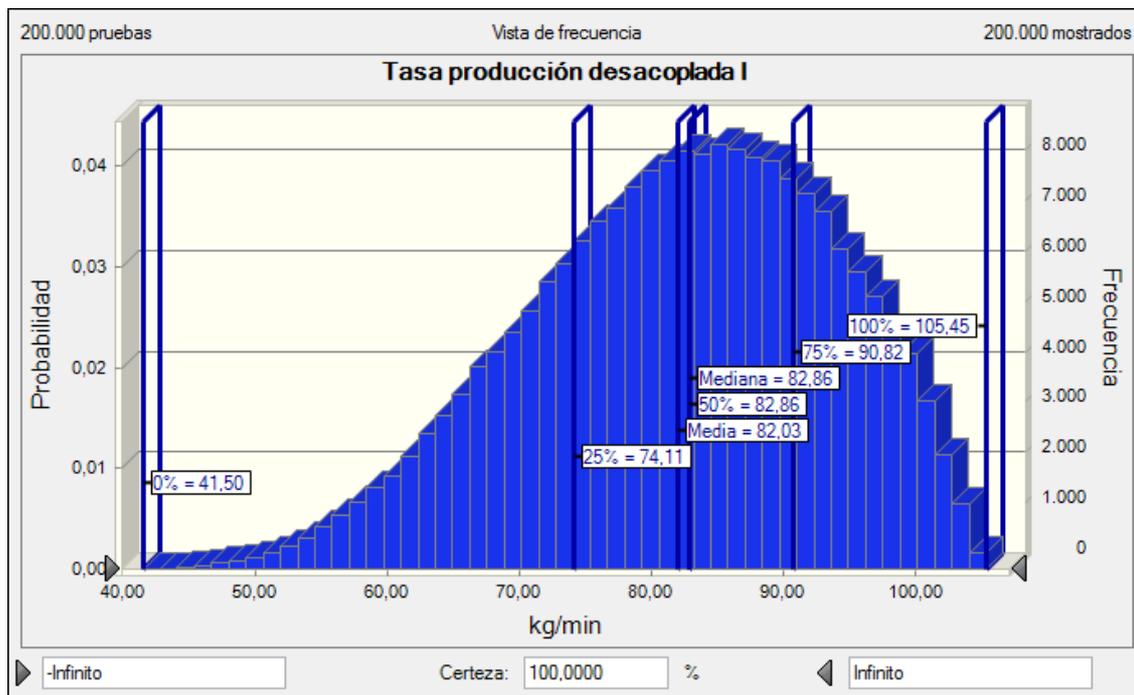


Figura 4-42 Tasa de producción desacoplada monoproducto A-10 “Rodajas”

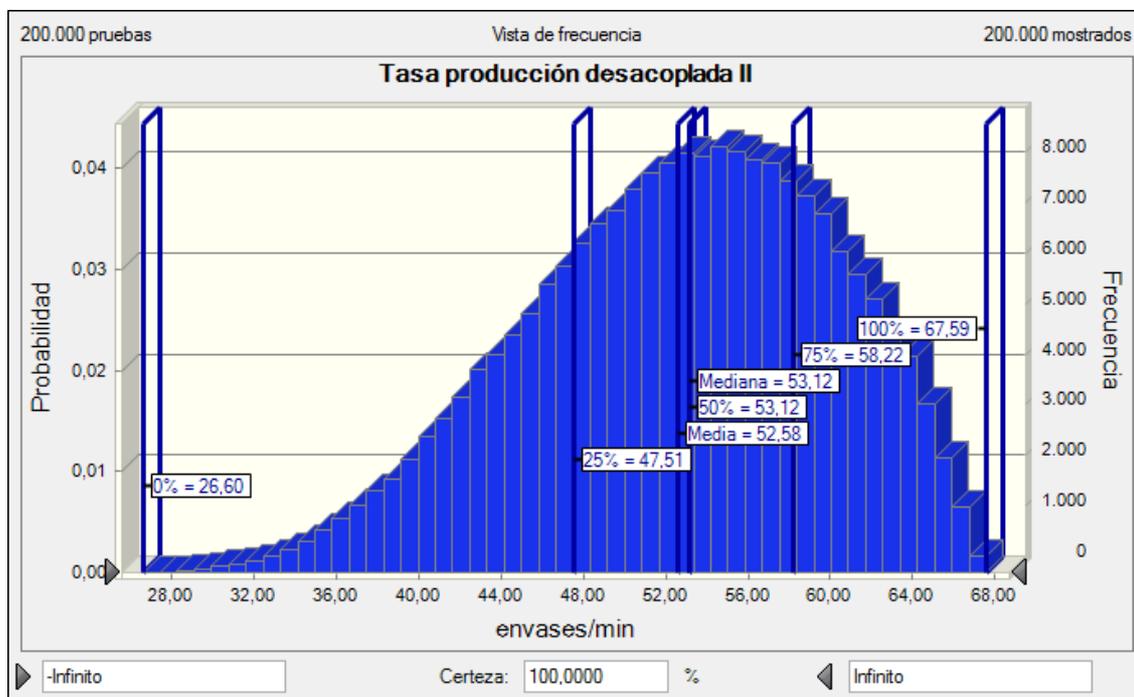


Figura 4-43 Tasa de producción desacoplada monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto

Análisis del cuello de botella del sistema

Probabilidad que tienen cada una de las etapas de ser cuello de botella del sistema productivo fabricando esta única referencia

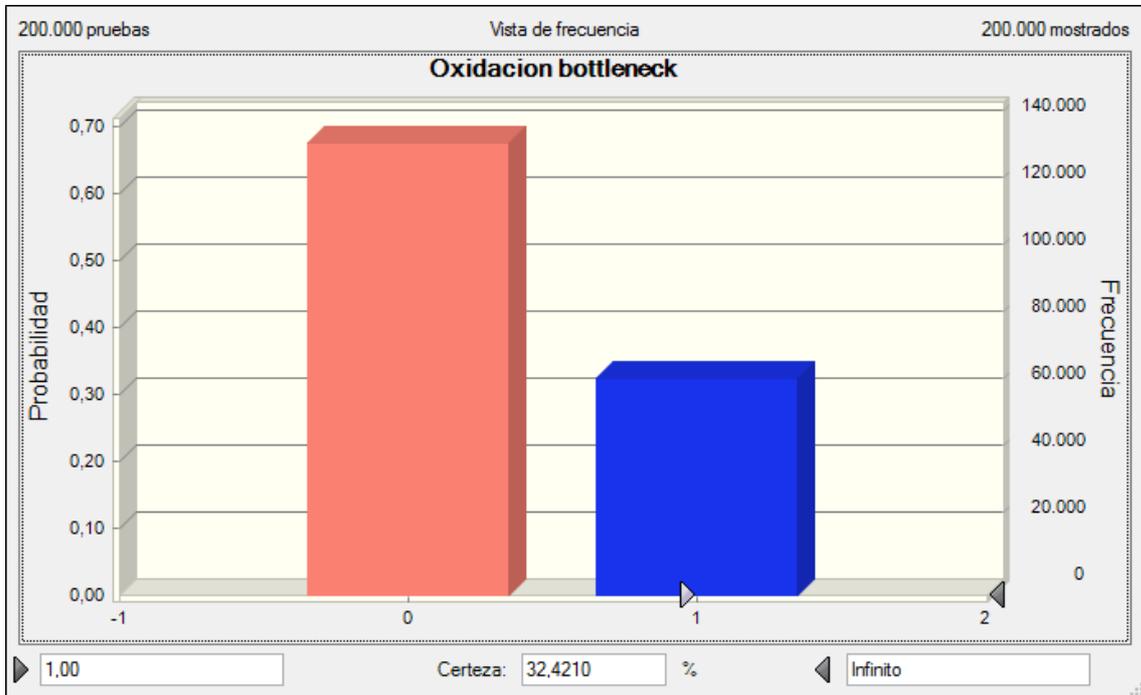


Figura 4-44 Probabilidad etapa oxidación cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

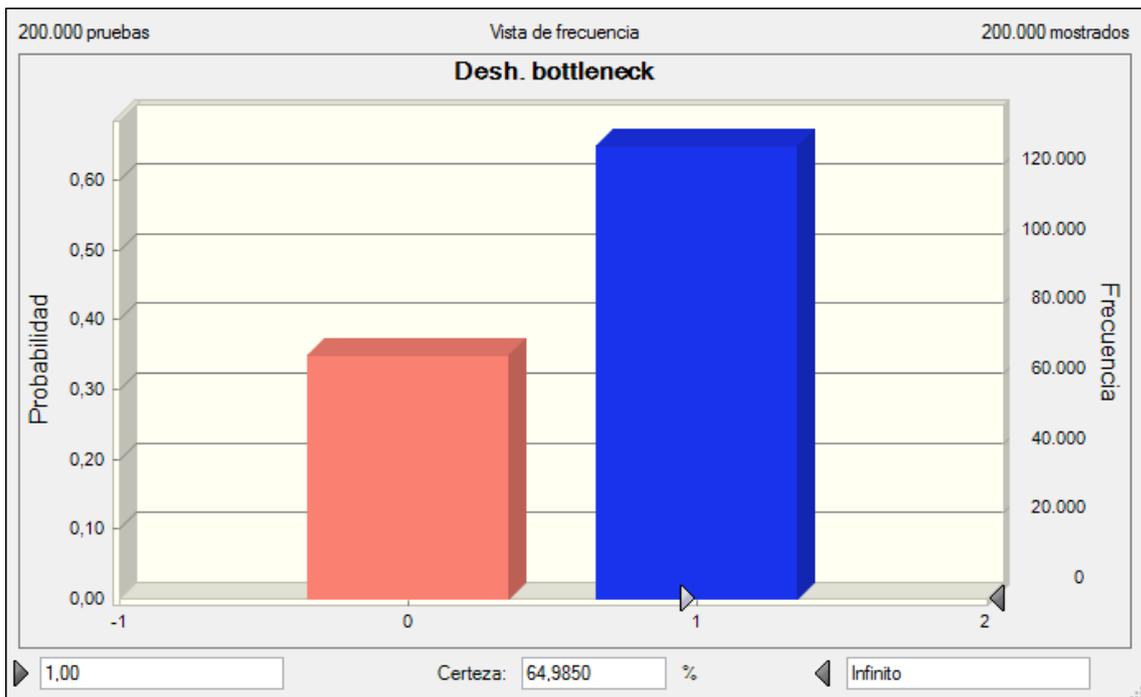


Figura 4-45 Probabilidad etapa deshuesado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

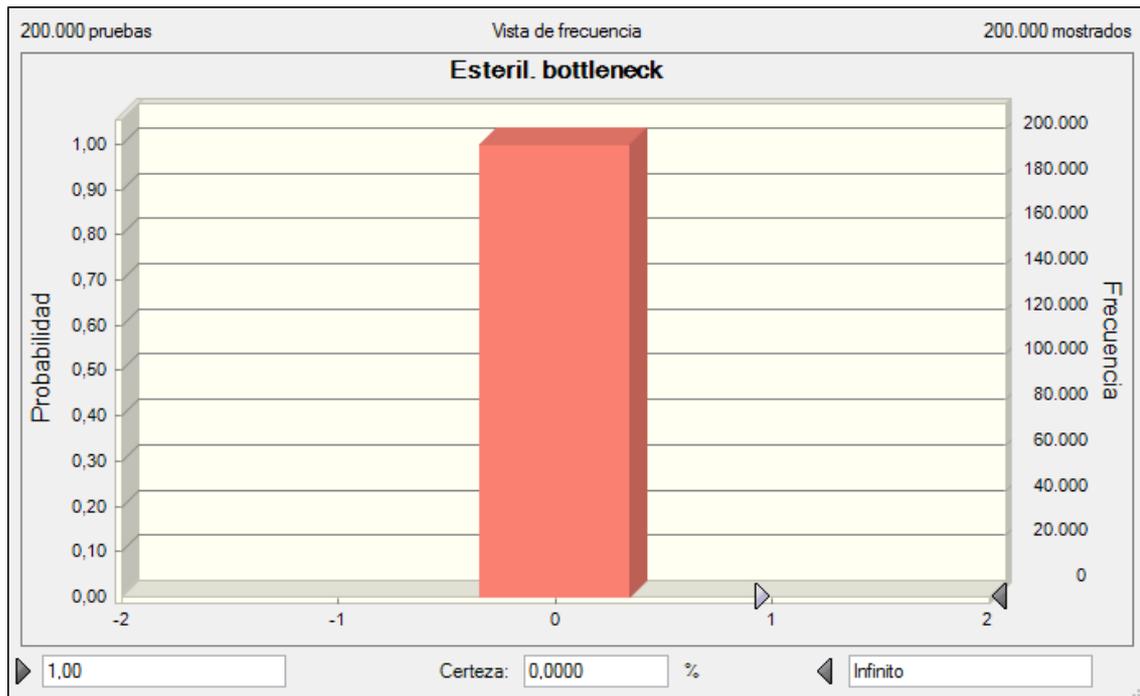


Figura 4-46 Probabilidad etapa esterilización cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

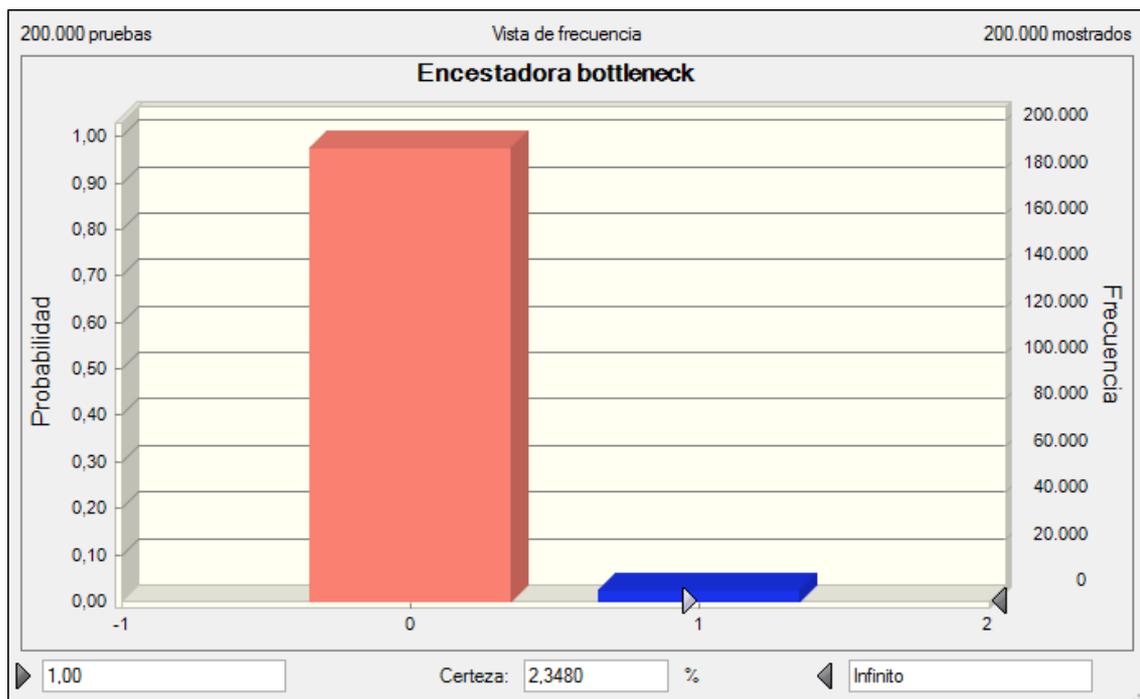


Figura 4-47 Probabilidad etapa envasado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

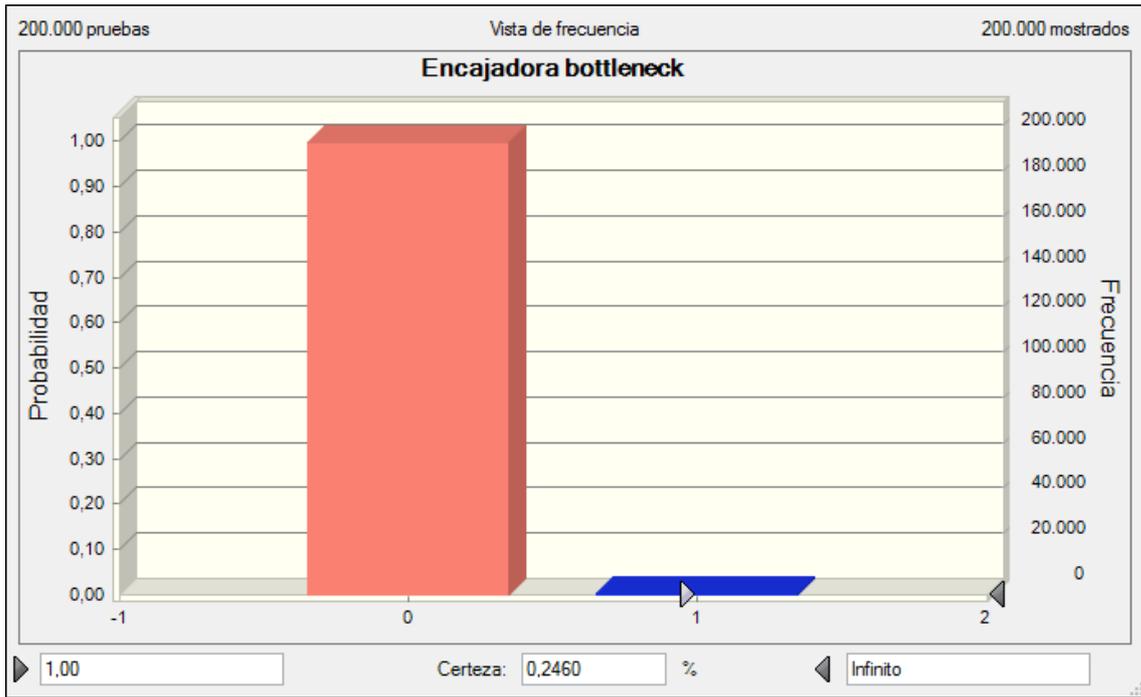


Figura 4-48 Probabilidad etapa encajado cuello de botella escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

Holguras del sistema. Capacidad de absorber una alimentación externa

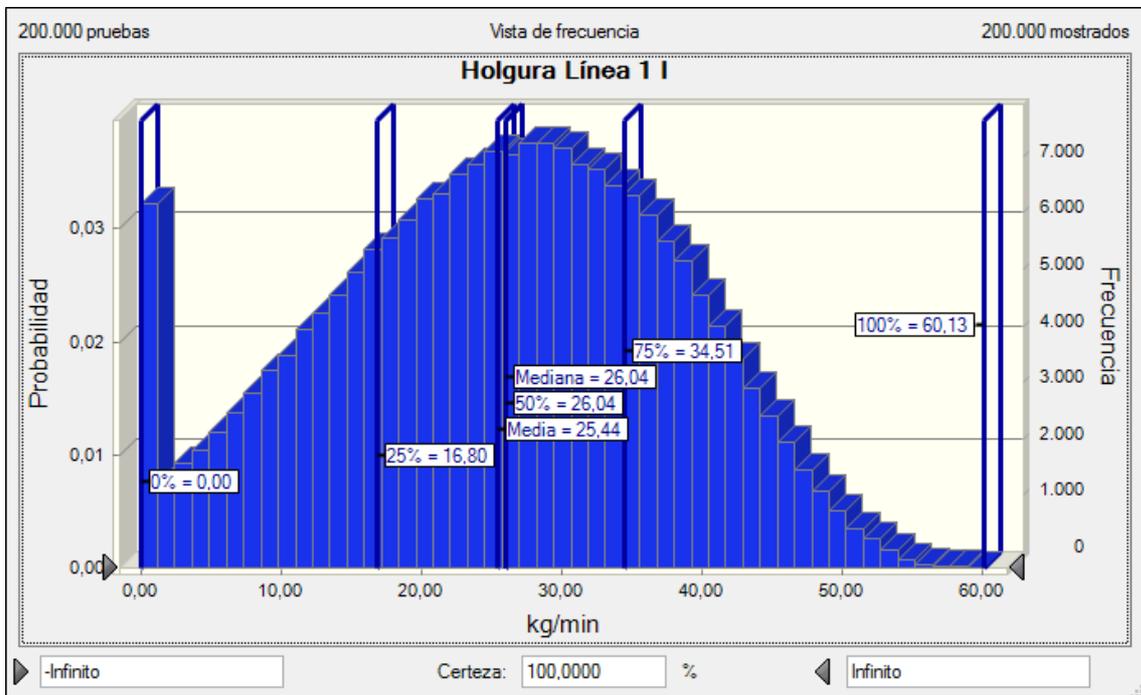


Figura 4-49 Holgura línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

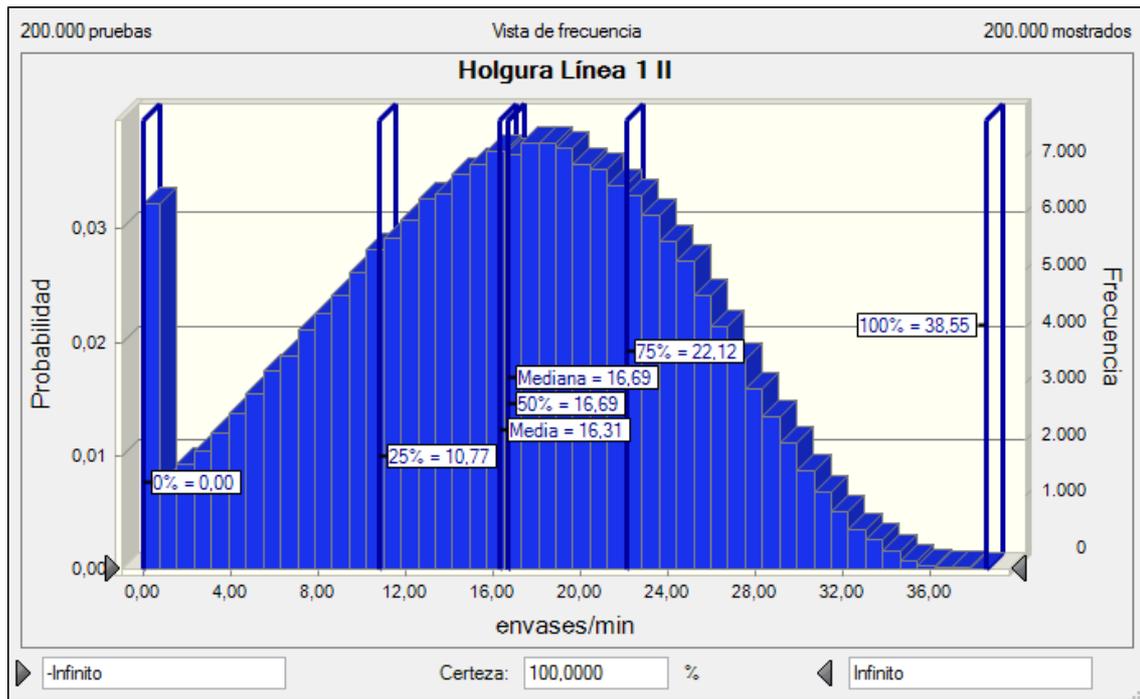


Figura 4-50 Holgura línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas” en envases por minuto

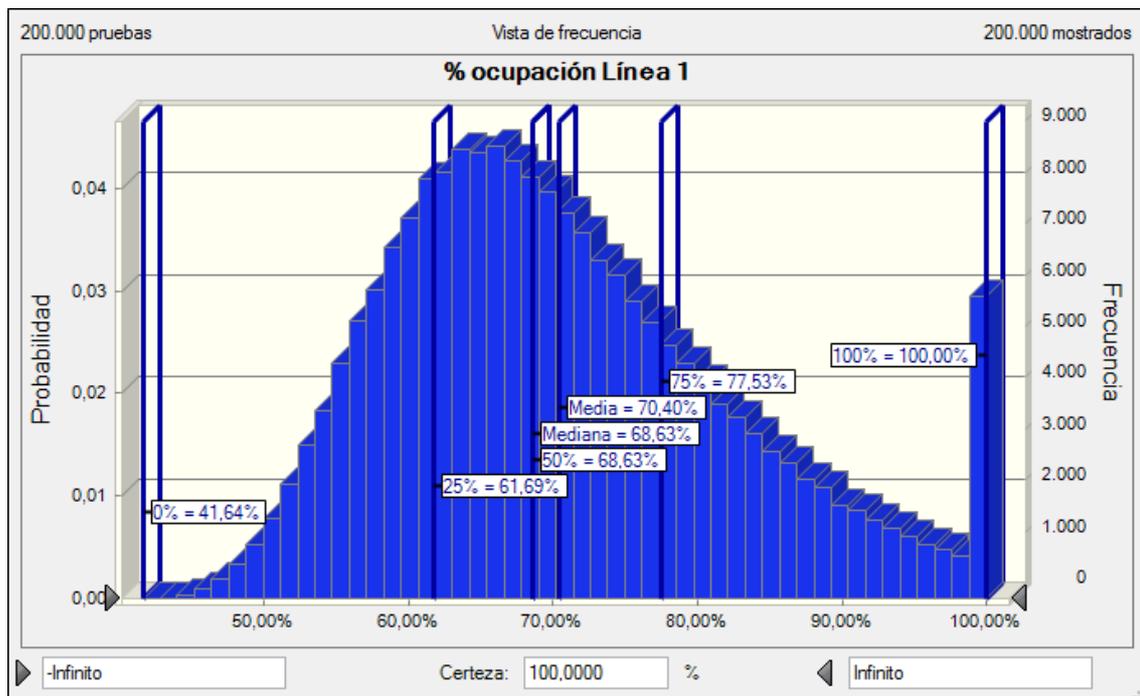


Figura 4-51 Grado de ocupación de línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

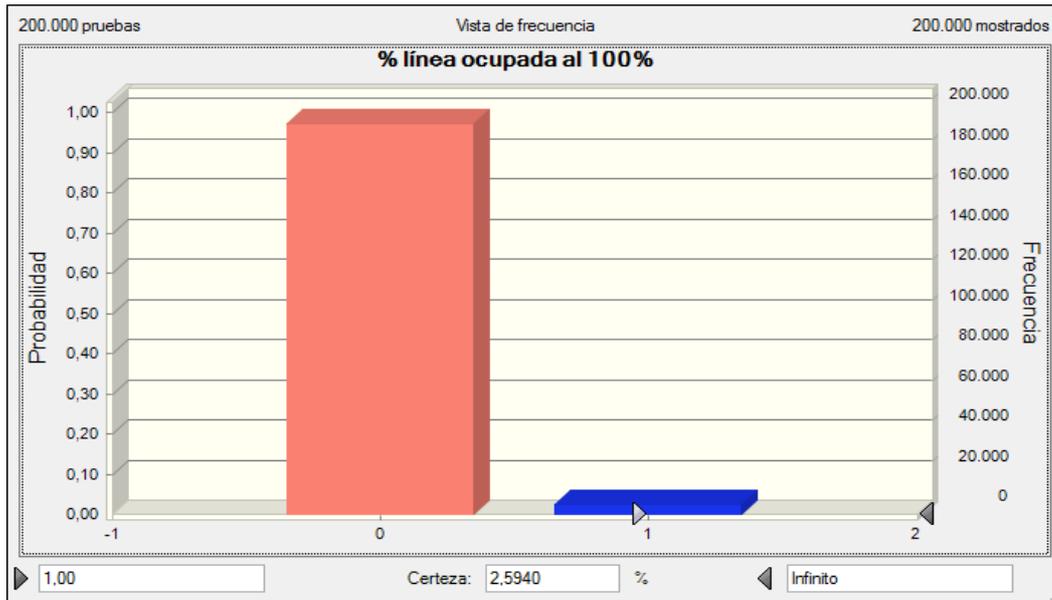


Figura 4-52 Grado de ocupación al 100% línea 1 escenario monoproducto A-10 “Rodajas”

4.5 Modelo de simulación multiproducto

Este conjunto de simulaciones de escenarios de producción multiproducto más habituales en la planta permiten la validación del análisis utilizado mediante la comparación del comportamiento del sistema real en la actualidad.

A continuación se muestran 7 planes de producción, dos de ellos con producción de aceitunas lisas (sin deshuesar). Se puede observar como los resultados de las estimaciones tienen un alto nivel de concordancia con el comportamiento del sistema real.

4.5.1 Plan de producción 1

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT 2750 G “Rodajas”, producir en línea 2 el producto LT ½ Kg “Rodajas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Rodajas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT 1/2 KG RODAJAS**

Tabla 4-21 Pilonos disponibles plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas

12 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	2,03
Más probable	2,173
75%	2,2

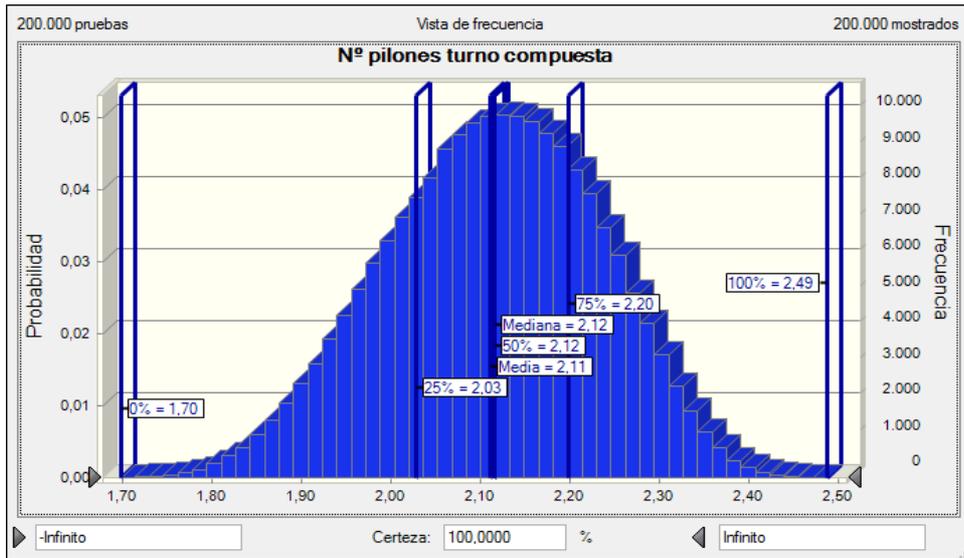


Figura 4-53 Pilones disponibles plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas

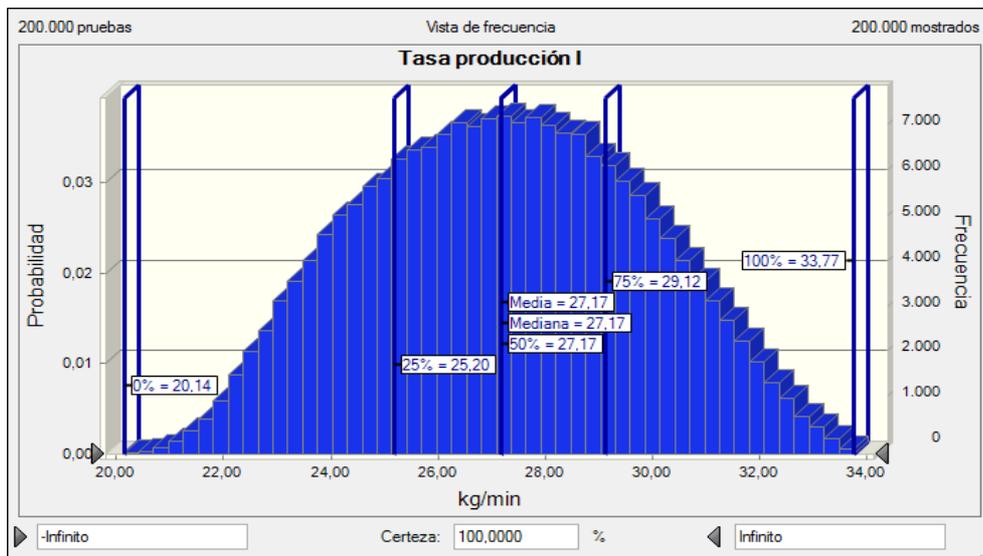


Figura 4-54 Tasa producción plan de producción 1 LT ½ Kg Rodajas

- **LT 2750 G RODAJAS**

Tabla 4-22 Pilones disponibles plan producción LT 2750 G Rodajas

3 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	0,51
Más probable	0,543
75%	0,55

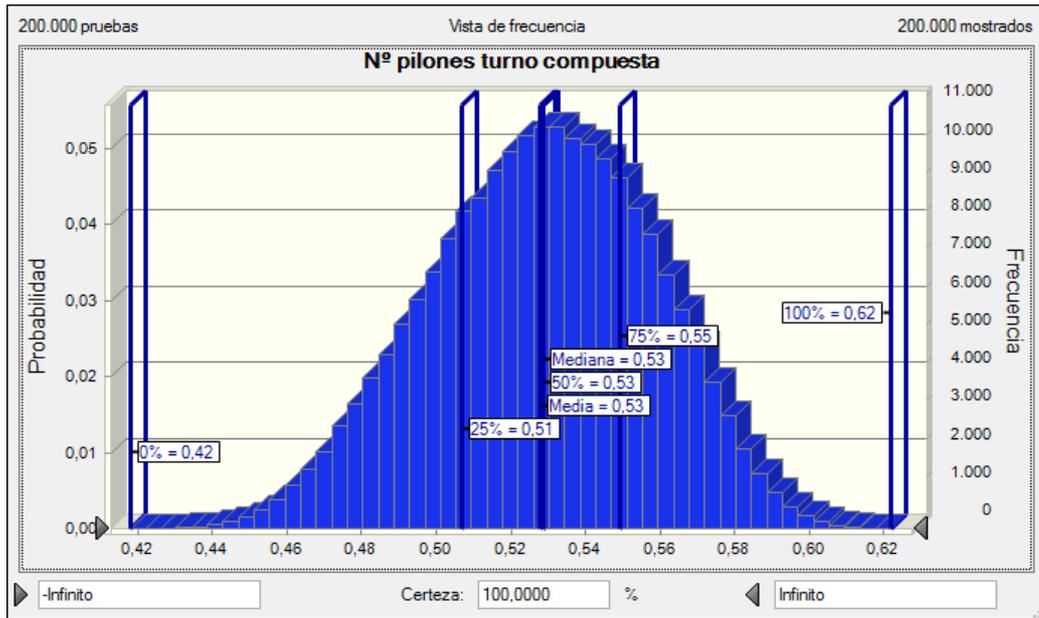


Figura 4-55 Pilones disponibles plan de producción 1 LT 2750 G Rodajas

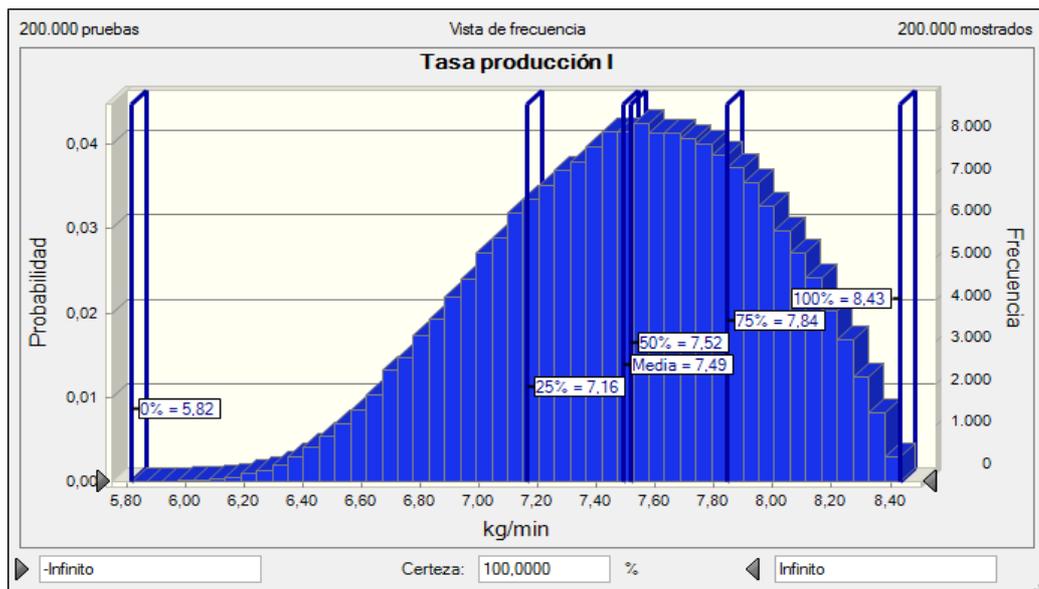


Figura 4-56 Tasa de producción plan de producción 1 LT 2750 G Rodajas

- **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-23 Pilones disponibles plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

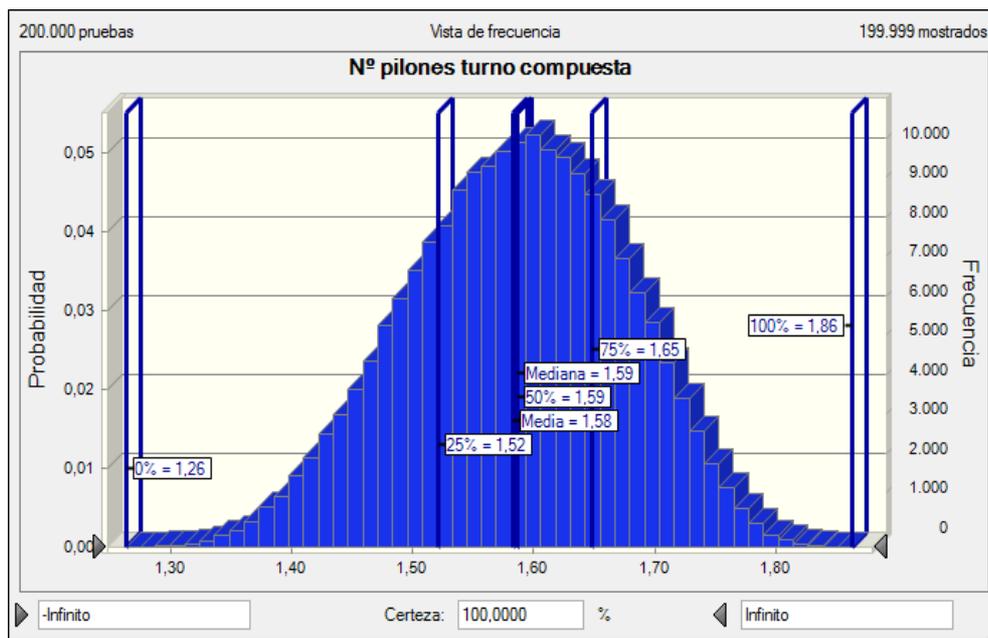


Figura 4-57 Pilones disponibles plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas

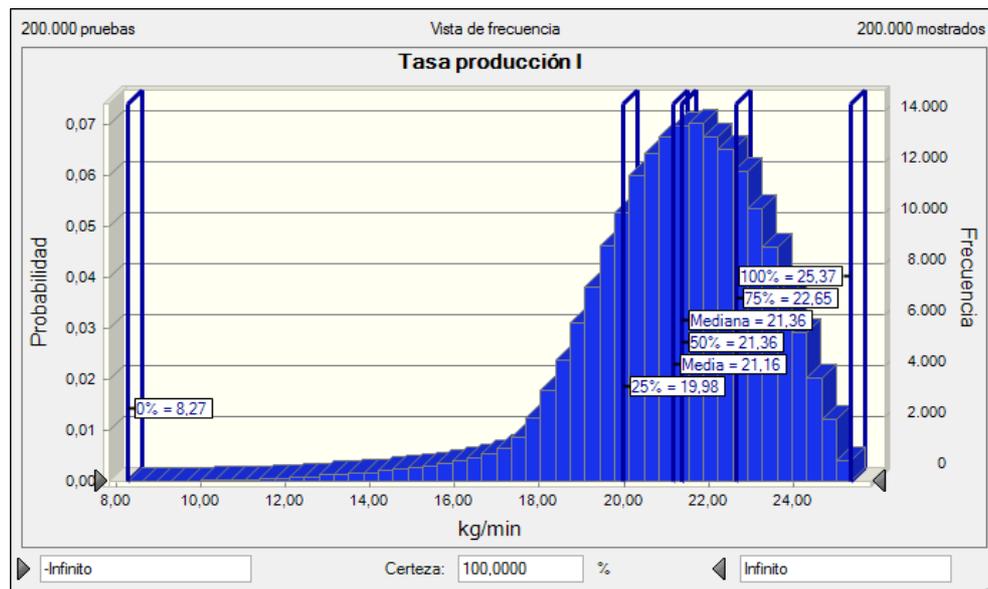


Figura 4-58 Tasa producción plan de producción 1 POUCH 33 OZ Rodajas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-24 Simulación plan producción 1

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
Pouch 33 OZ Rodajas	26,82	9	14	5-6	21,16
LT 2750 G Rodajas	77,14	3	5	1	7,49
LT 1/2 kg Rodajas	37,44	12	17	2-3-4	27,17

Tabla 4-25 Comparación plan producción 1

Tasa producción media global del sistema real	57,82	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 1	55,82	kg/min

4.5.2 Plan de producción 2

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT 2750 G “Deshuesadas”, producir en línea 2 el producto LT ½ Kg “Deshuesadas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Deshuesadas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT 1/2 KG DESHUESADAS**

Tabla 4-26 Pilones disponibles plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas

12 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	2,03
Más probable	2,173
75%	2,2

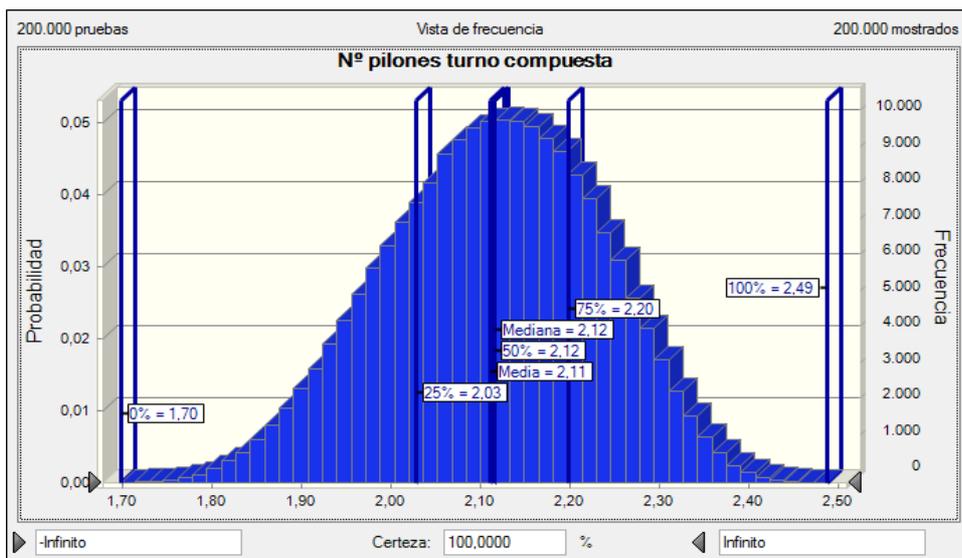


Figura 4-59 Pilones disponibles plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas

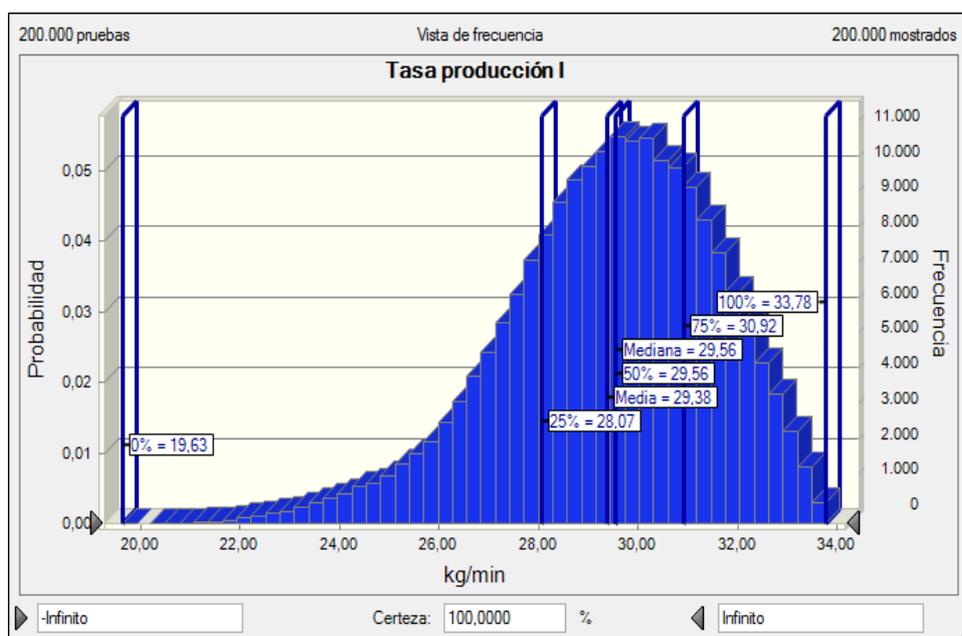


Figura 4-60 Tasa producción plan de producción 2 LT ½ Kg Deshuesadas

• **LT 2750 G RODAJAS**

Tabla 4-27 Pilones disponibles plan producción 2 LT 2750 G Deshuesadas

3 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	0,51
Más probable	0,543
75%	0,55

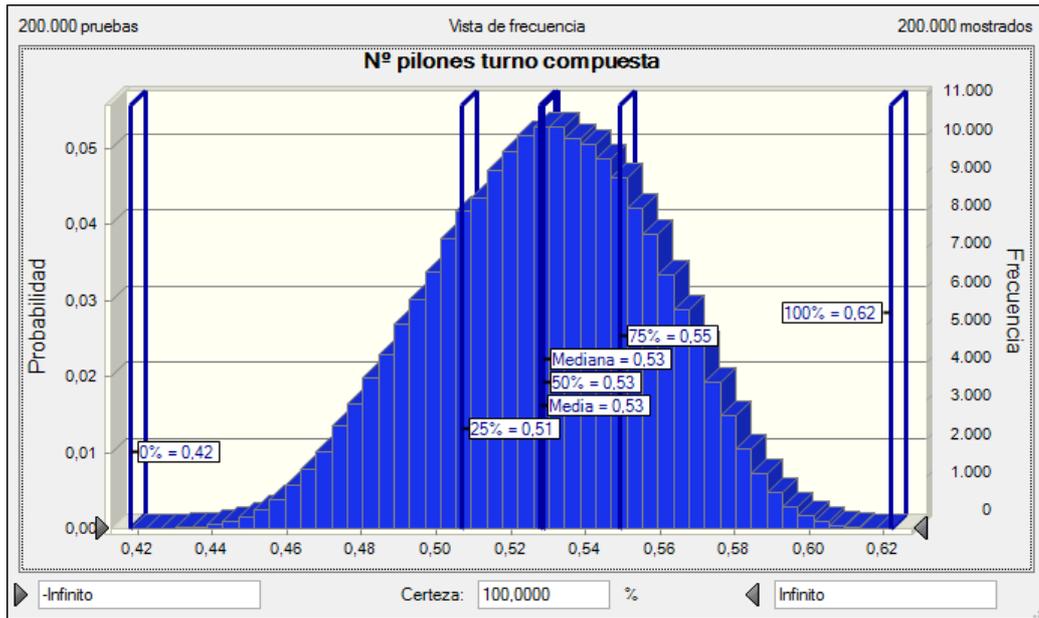


Figura 4-61 Pilones disponibles plan de producción 2 LT 2750 G Deshuesadas

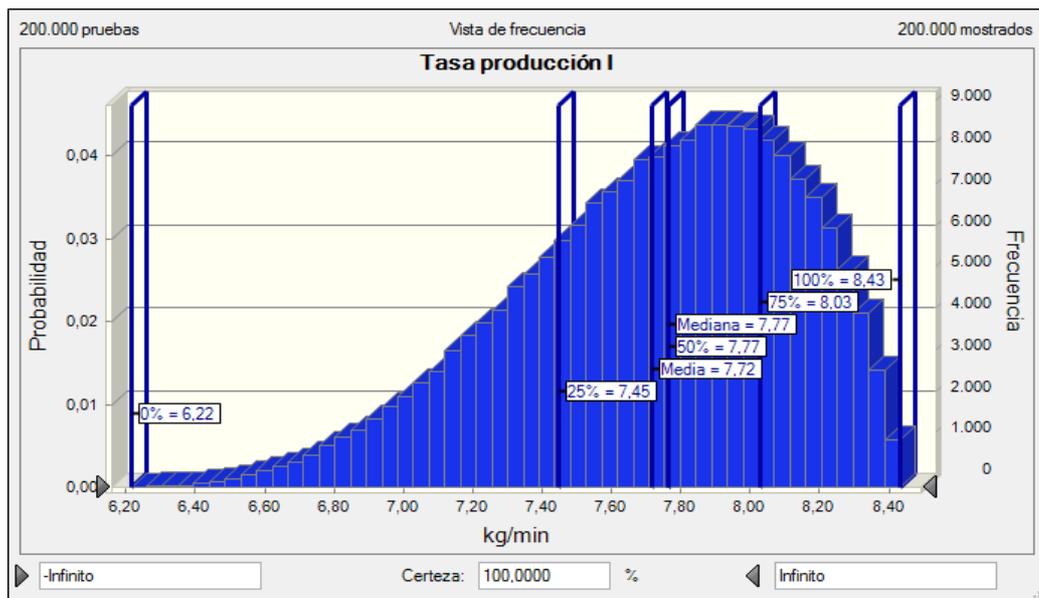


Figura 4-62 Tasa de producción plan de producción 2 LT 2750 G Deshuesadas

- **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-28 Pilones disponibles plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

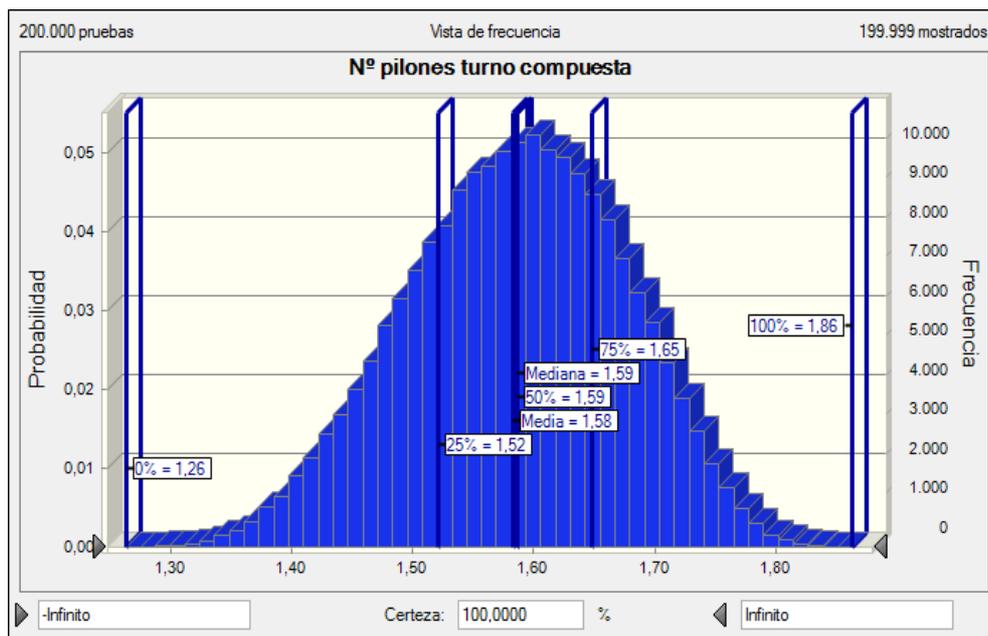


Figura 4-63 Pilones disponibles plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas

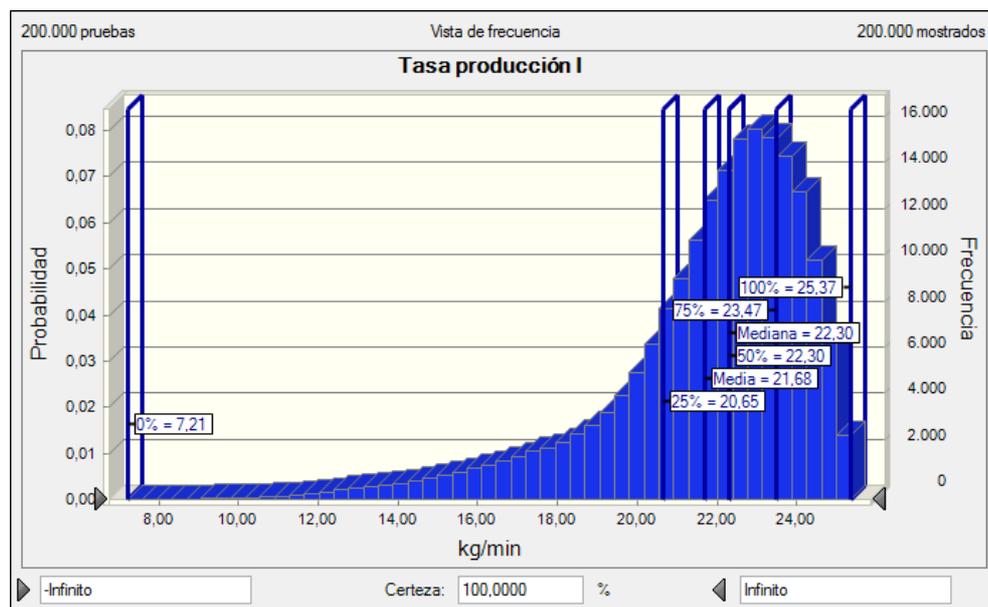


Figura 4-64 Tasa producción plan de producción 2 POUCH 33 OZ Deshuesadas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-29 Simulación plan producción 2

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
Pouch 33 OZ Deshuesadas	24,39	9	14	5 6	21,68
LT 2750 G Deshuesadas	74,50	3	5	1	7,72
LT 1/2 kg Deshuesadas	32,27	12	17	2 3 4	29,38

Tabla 4-30 Comparación plan producción 2

Tasa producción media global del sistema real	57,82	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 2	58,78	kg/min

4.5.3 Plan de producción 3

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT A-10 “Rodajas” y producir en línea 2 el producto FR 12 PAR “Deshuesadas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT A-10 RODAJAS**

Tabla 4-31 Pilones disponibles plan de producción 3 LT A-10 Rodajas

15 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	2,54
Más probable	2,716
75%	2,75

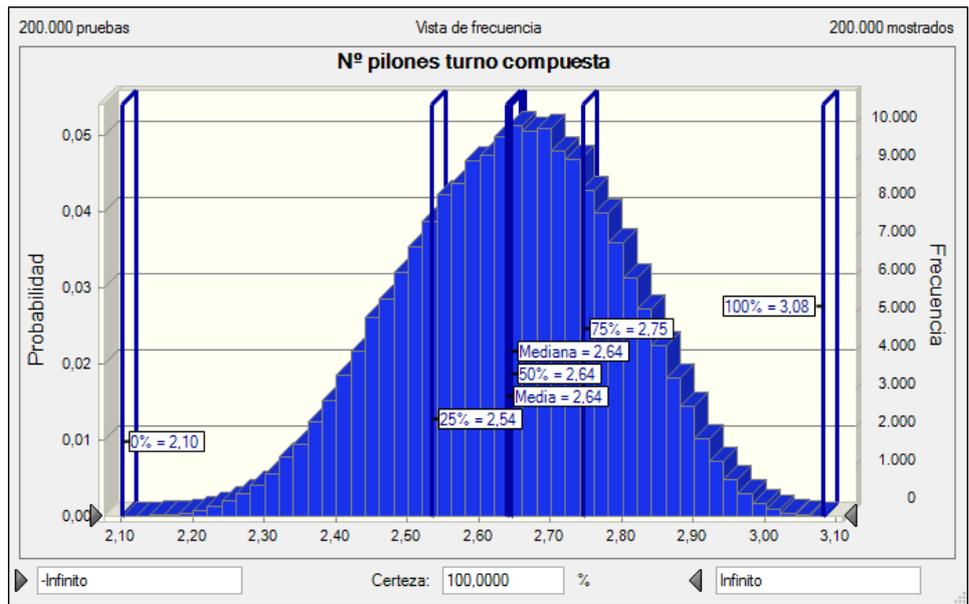


Figura 4-65 Pilones disponibles plan de producción 3 LT A-10 Rodajas

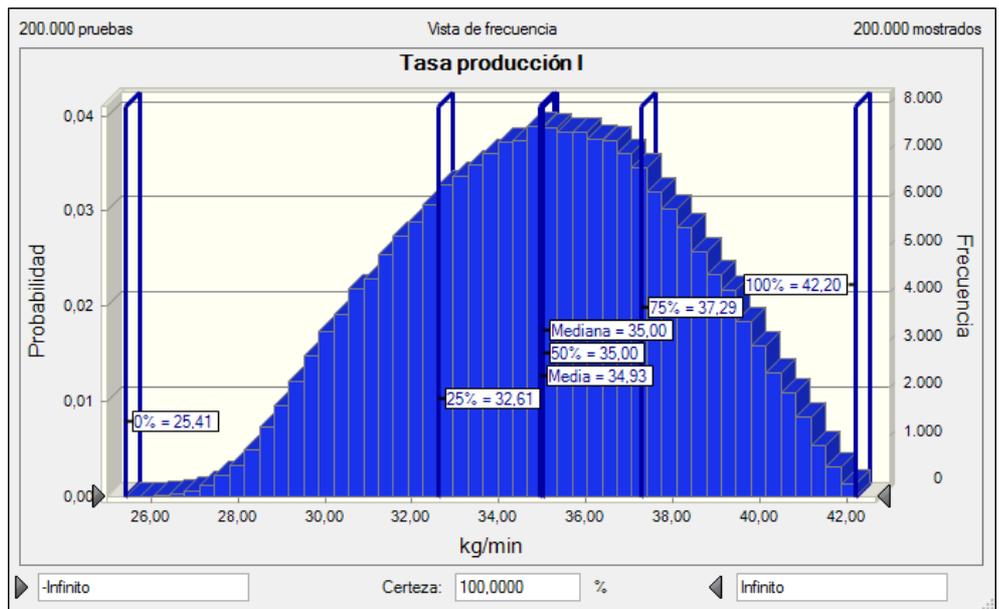


Figura 4-66 Tasa producción plan de producción 3 LT A-10 Rodajas

- FR 12 PAR DESHUESADAS

Tabla 4-32 Pilones disponibles plan producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

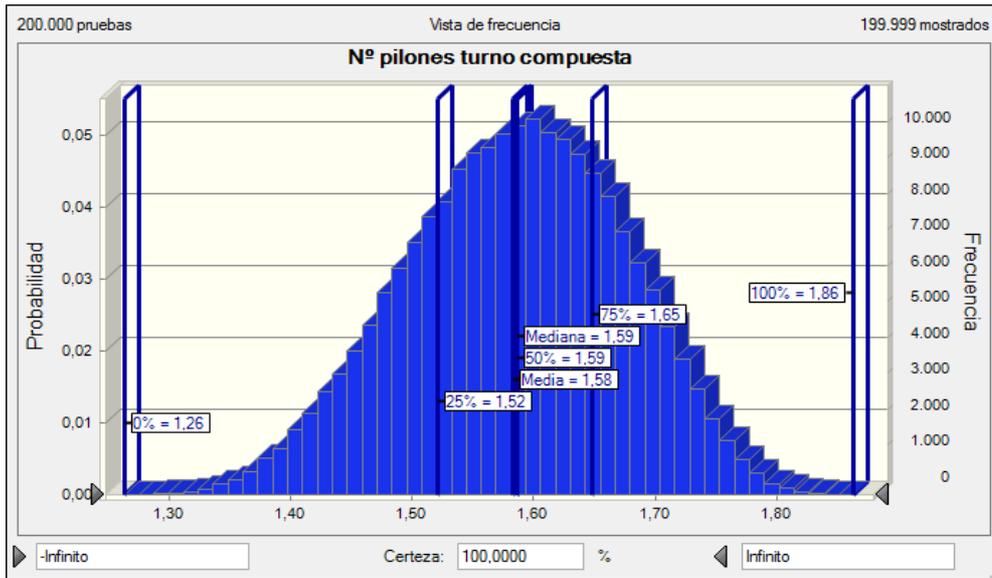


Figura 4-67 Pilones disponibles plan de producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas

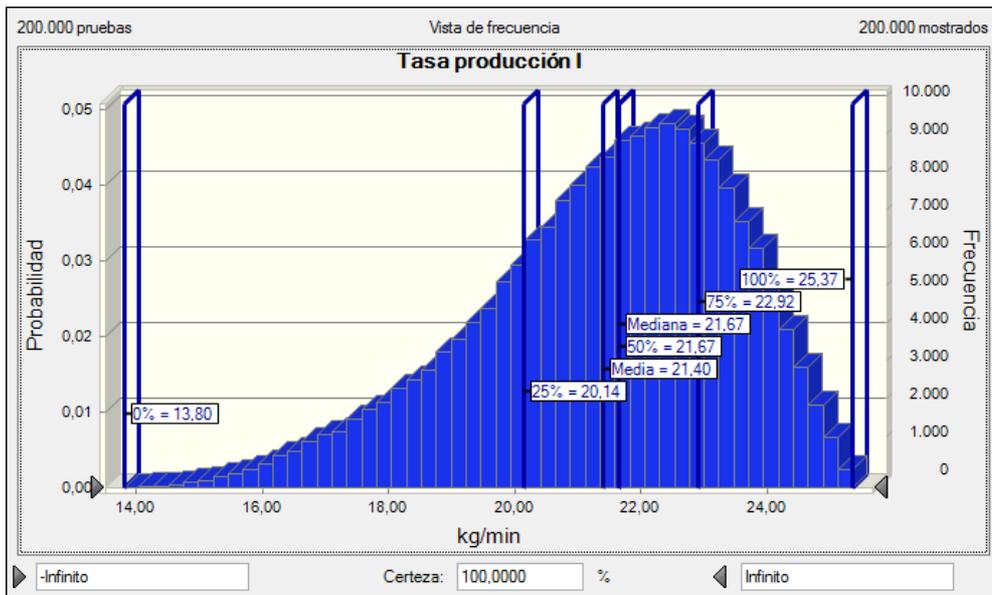


Figura 4-68 Tasa de producción plan de producción 3 FR 12 PAR Deshuesadas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-33 Simulación plan producción 3

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
FR 12 PAR Desh	22,42	9	14	5,6	21,40
LT A-10 Rodajas	83,07	15	22	1,2,3,4	34,93

Tabla 4-34 Comparación plan producción 3

Tasa producción media global del sistema real	57,82	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 3	56,33	kg/min

4.5.4 Plan de producción 4

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT A-10 “Rodajas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Rodajas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT A-10 RODAJAS**

Tabla 4-35 Pilones disponibles plan de producción 4 LT A-10 Rodajas

15 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	2,54
Más probable	2,716
75%	2,75

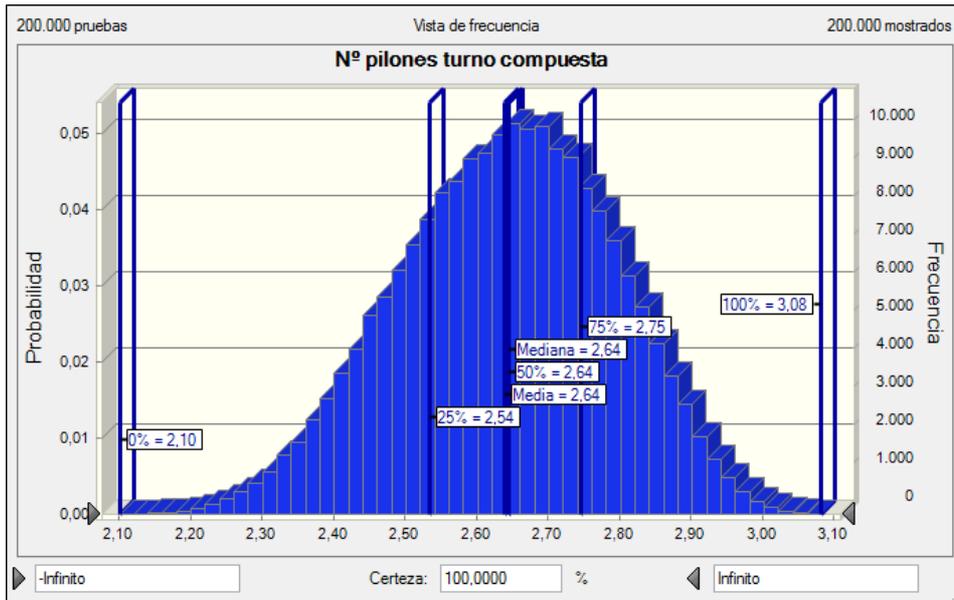


Figura 4-69 Pilones disponibles plan de producción 4 LT A-10 Rodajas

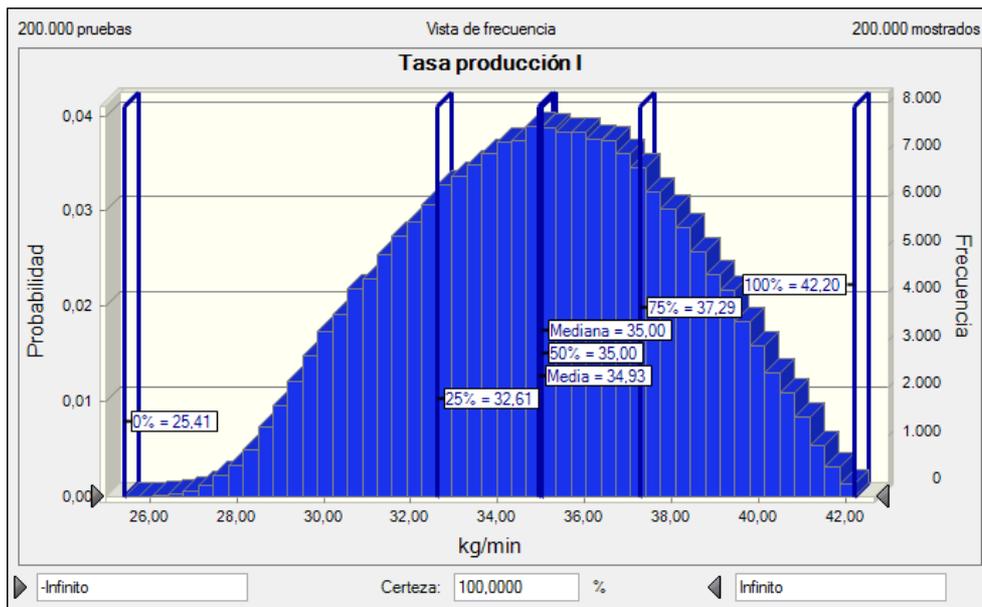


Figura 4-70 Tasa producción plan de producción 4 LT A-10 Rodajas

- **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-36 Pilones disponibles plan producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

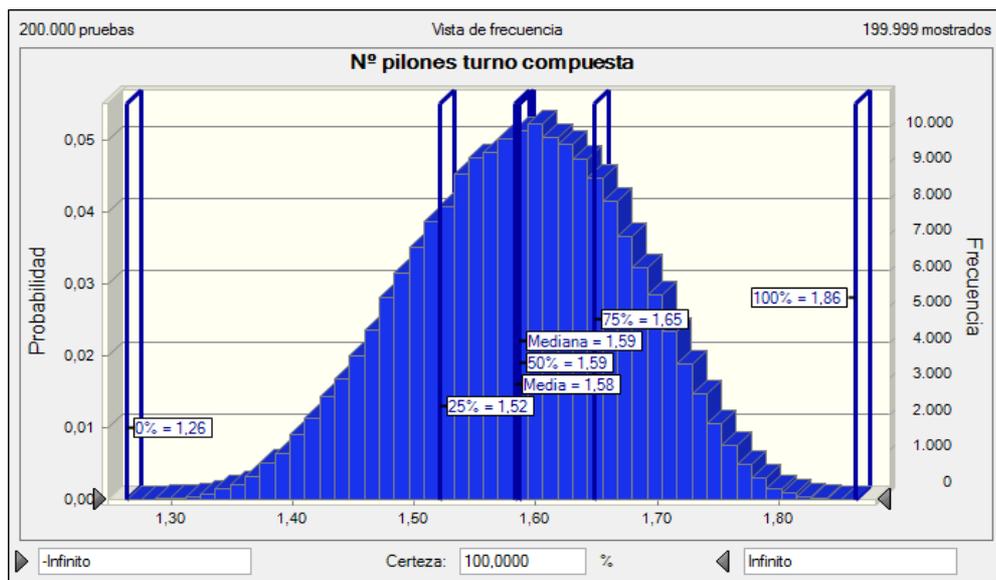


Figura 4-71 Pilones disponibles plan de producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas

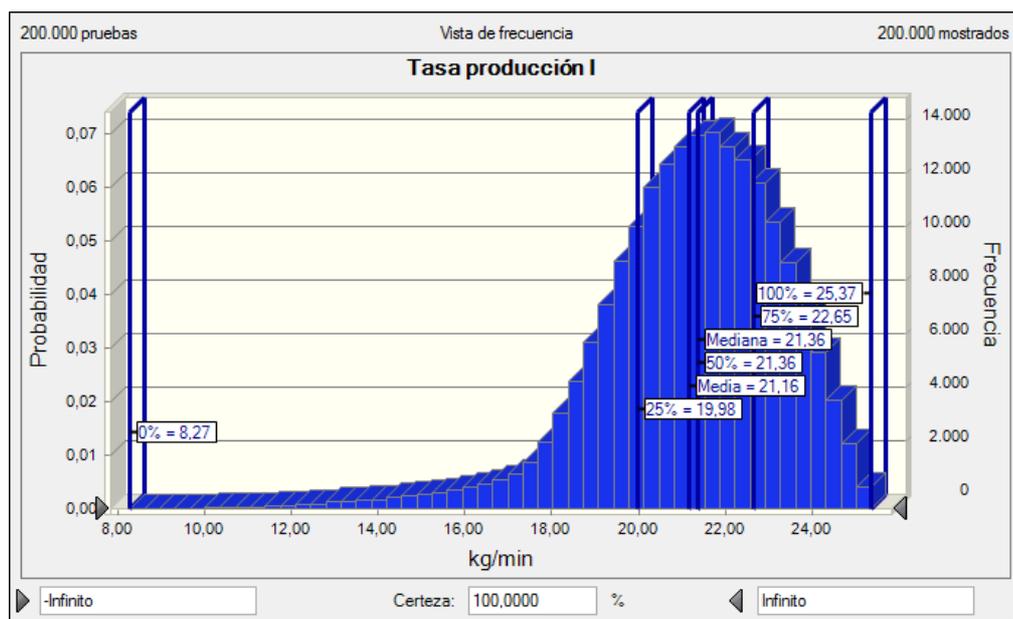


Figura 4-72 Tasa de producción plan de producción 4 POUCH 33 OZ Rodajas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-37 Simulación plan producción 4

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
LT A-10 Rodajas	83,07	15	22	1 2 3 4	34,93
Pouch 33 OZ Rodajas	26,82	9	14	5 6	21,16

Tabla 4-38 Comparación plan producción 4

Tasa producción media global del sistema real	57,82	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 4	56,09	kg/min

4.5.5 Plan de producción 5

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT 2750 G “Deshuesadas”, producir en línea 2 el producto LT 350 G “Deshuesadas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Rodajas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT 2750 G DESHUESADAS**

Tabla 4-39 Pilones disponibles plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas

11 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,86
Más probable	1,992
75%	2,01

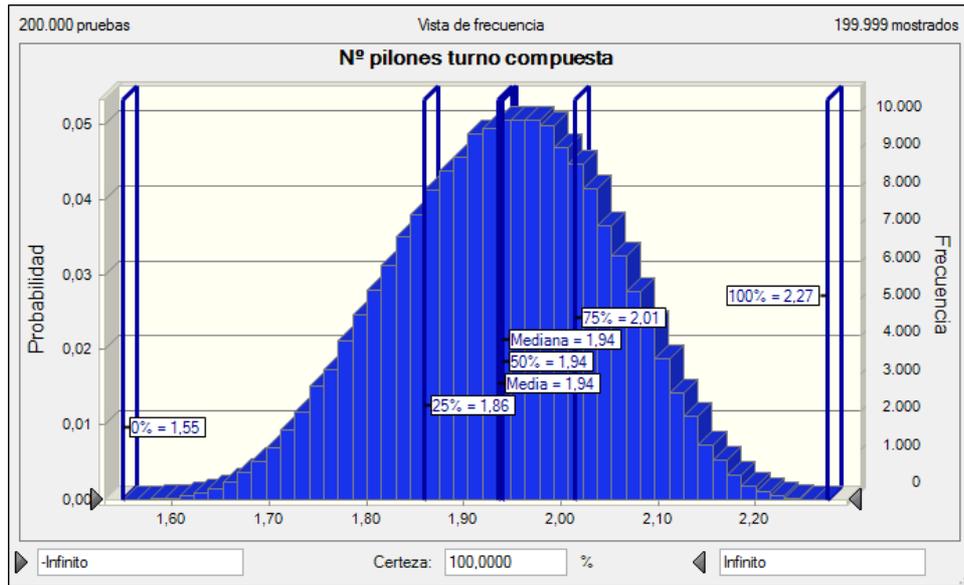


Figura 4-73 Pilones disponibles plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas

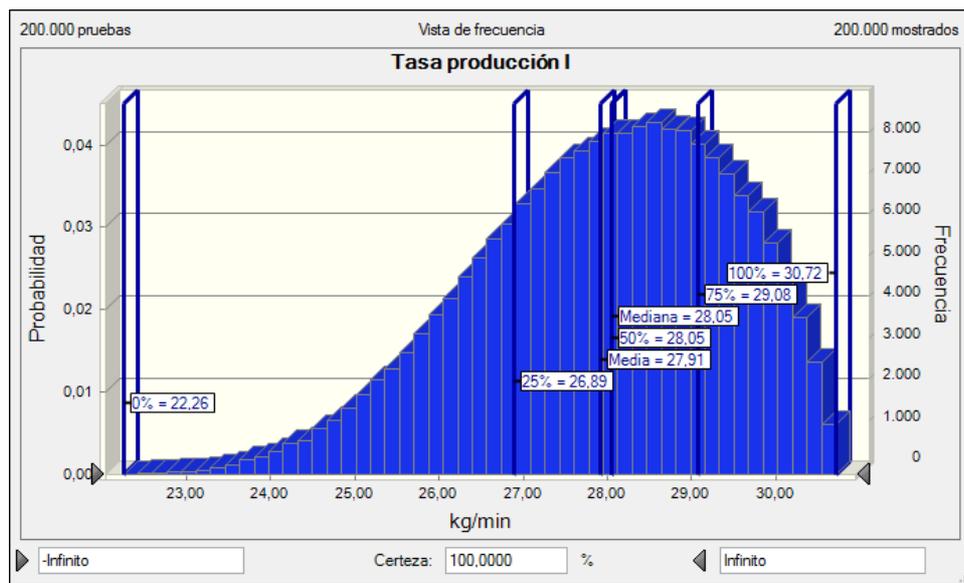


Figura 4-74 Tasa producción plan de producción 5 LT 2750 G Deshuesadas

• **LT 350 G DESHUESADAS**

Tabla 4-40 Pilones disponibles plan producción 5 LT 350 G Deshuesadas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

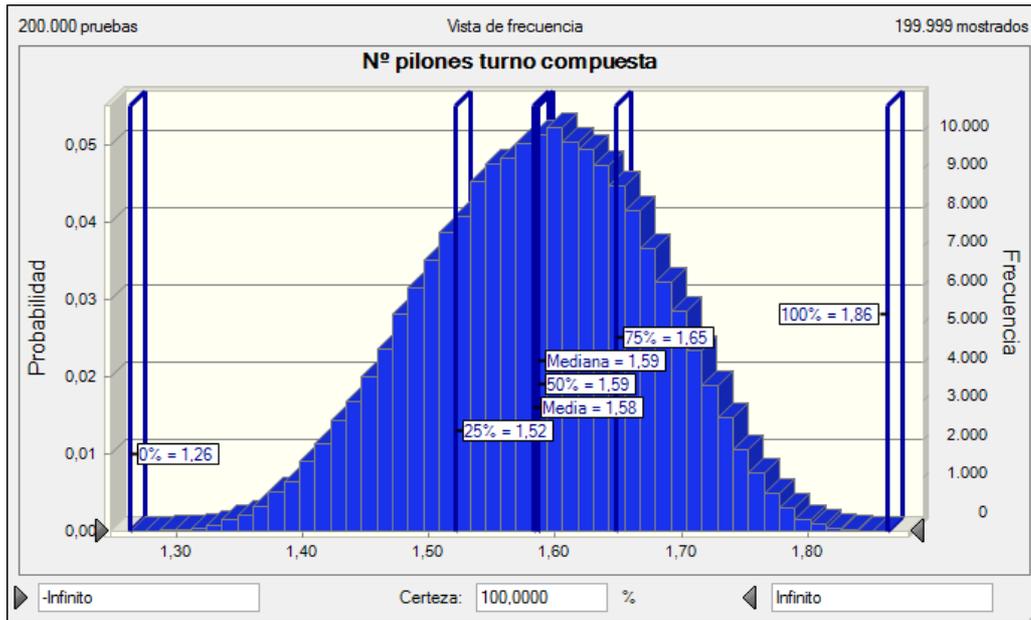


Figura 4-75 Pilones disponibles plan de producción 5 LT 350 G Deshuesadas

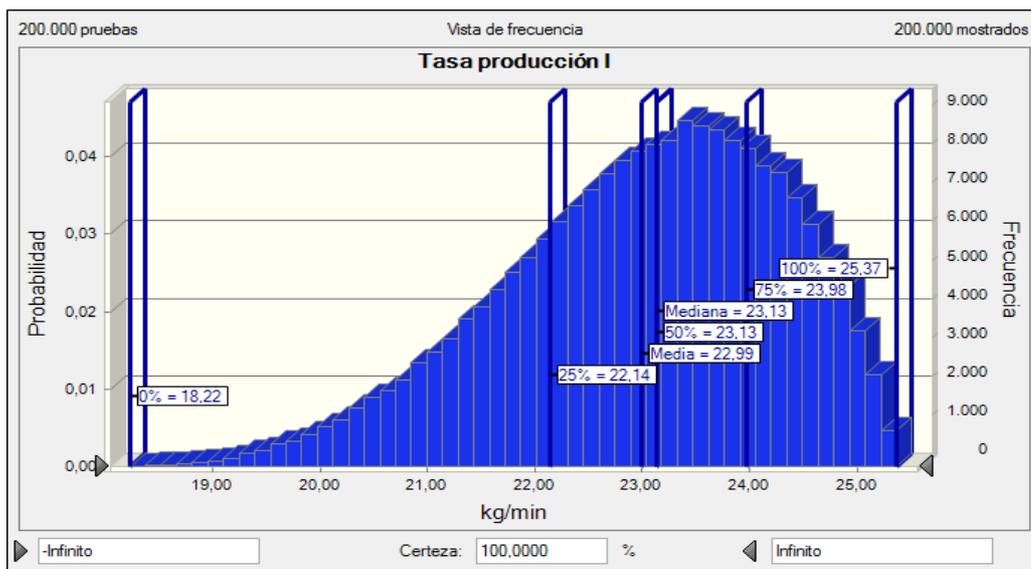


Figura 4-76 Tasa de producción plan de producción 5 LT 350 G Deshuesadas

- **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-41 Pilones disponibles plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas

4 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	0,68
Más probable	0,724
75%	0,73

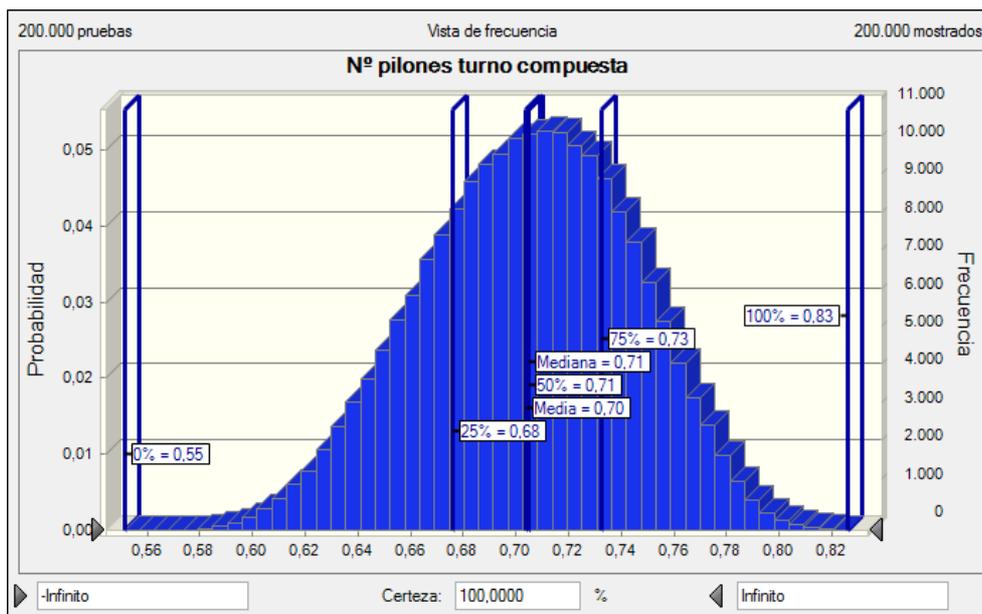


Figura 4-77 Pilones disponibles plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas

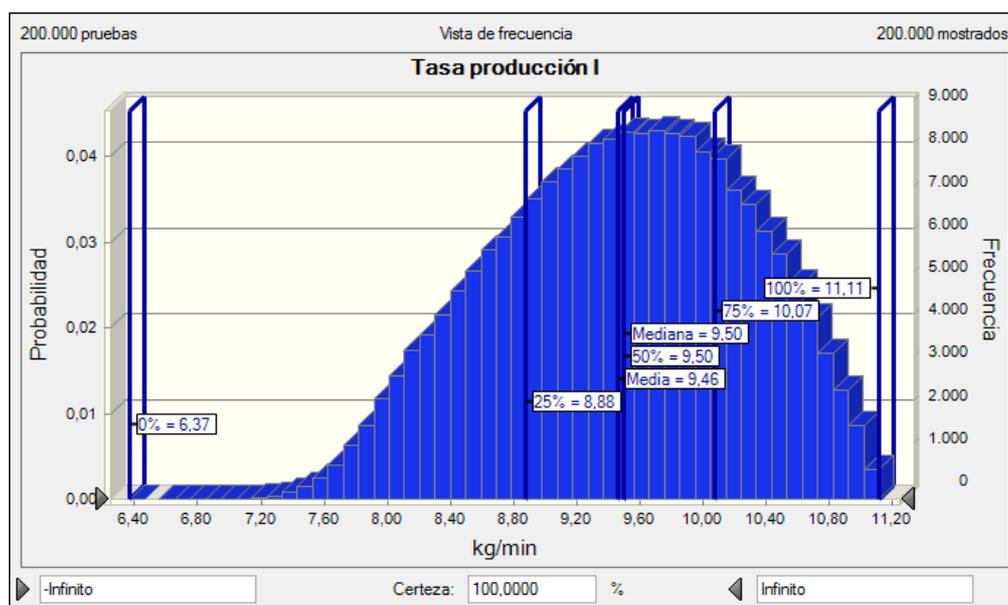


Figura 4-78 Tasa producción plan de producción 5 POUCH 33 OZ Rodajas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-42 Simulación plan producción 5

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
LT 2750 G Desh.	74,50	11	16	1 2 3	27,91
LT 350 G Desh.	30,30	9	14	4 5	22,99
POUCH 33 OZ Rod.	26,82	4	6	6	9,46

Tabla 4-43 Comparación plan producción 5

Tasa producción media global del sistema real	57,82	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 5	60,36	kg/min

4.5.6 Plan de producción 6

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT 5 KG “Lisas”, producir en línea 2 el producto FR QUART 995 ML “Deshuesadas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Rodajas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT 5 KG LISAS**

Tabla 4-44 Pilones disponibles plan de producción 6 LT 5 KG Lisas

4 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	0,68
Más probable	0,724
75%	0,73

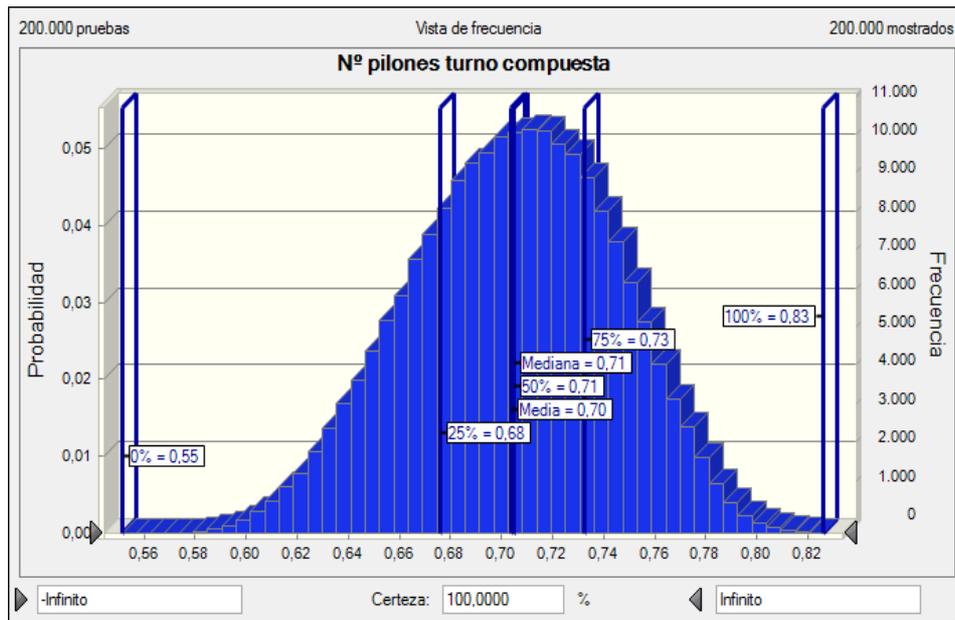


Figura 4-79 Pilones disponibles plan de producción 6 LT 5 KG Lisas

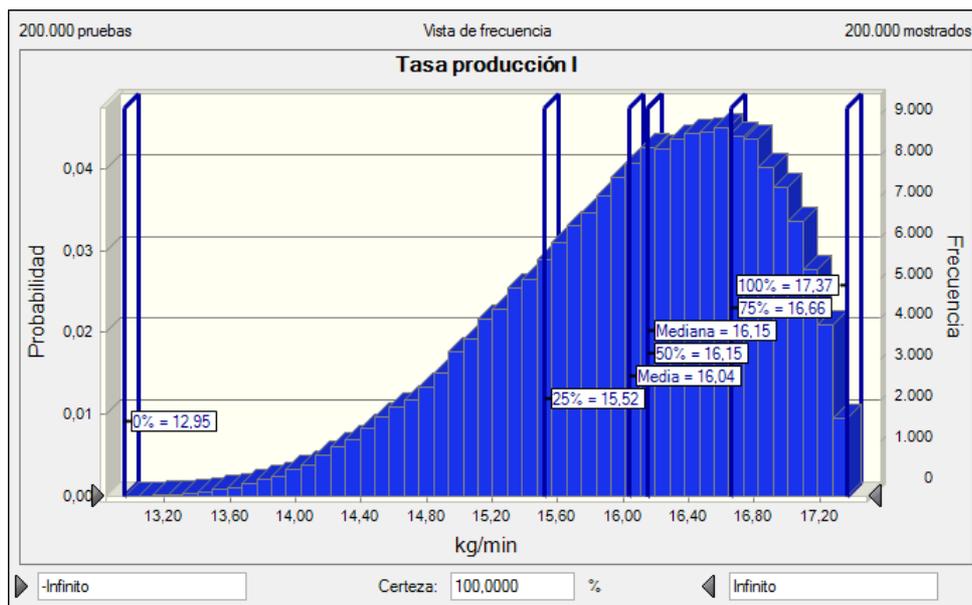


Figura 4-80 Tasa producción plan de producción 6 LT 5 KG Lisas

- **FR QUART 995 ML DESHUESADAS**

Tabla 4-45 Pilones disponibles plan producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas

11 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,86
Más probable	1,992
75%	2,01

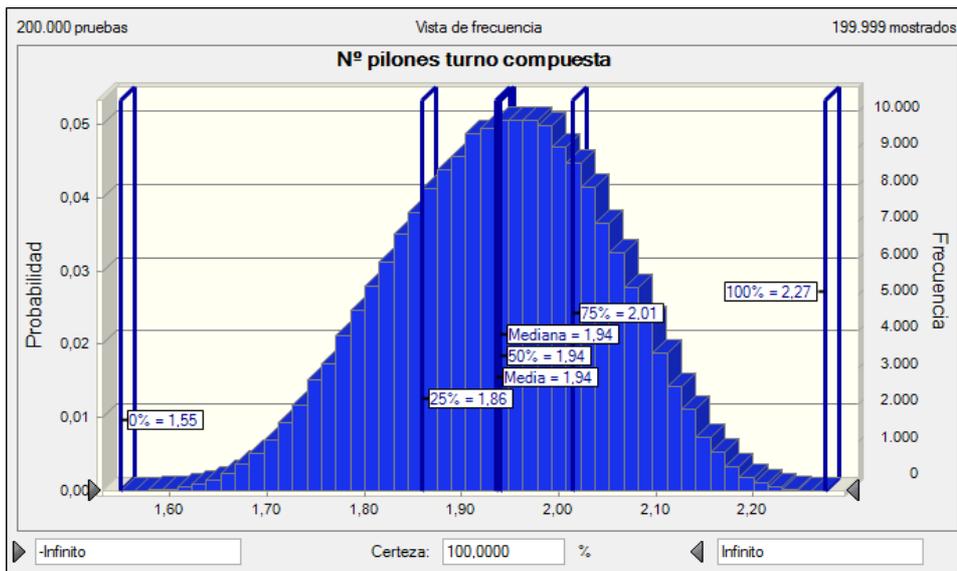


Figura 4-81 Pilones disponibles plan de producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas

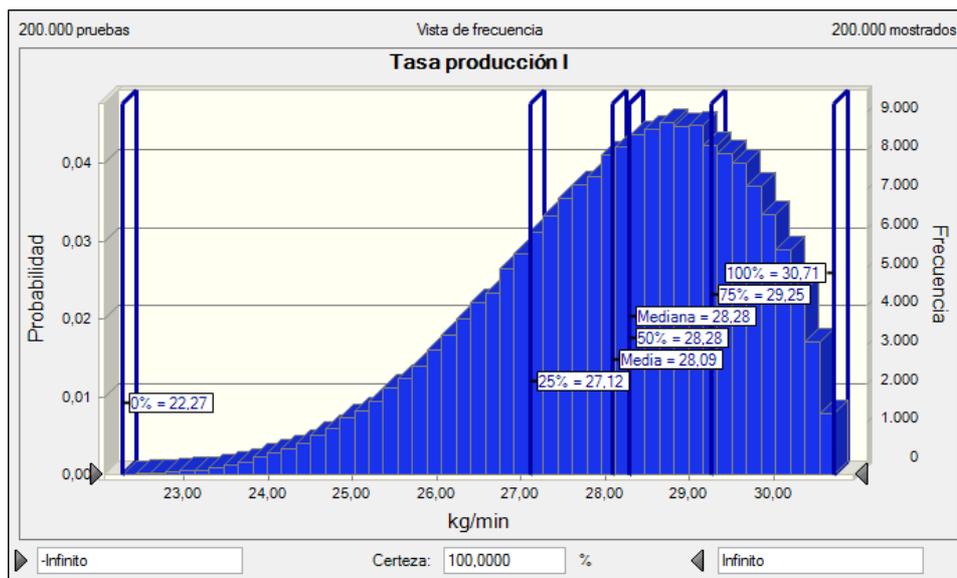


Figura 4-82 Tasa de producción plan de producción 6 FR QUART 995 ML Deshuesadas

- **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-46 Pilones disponibles plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

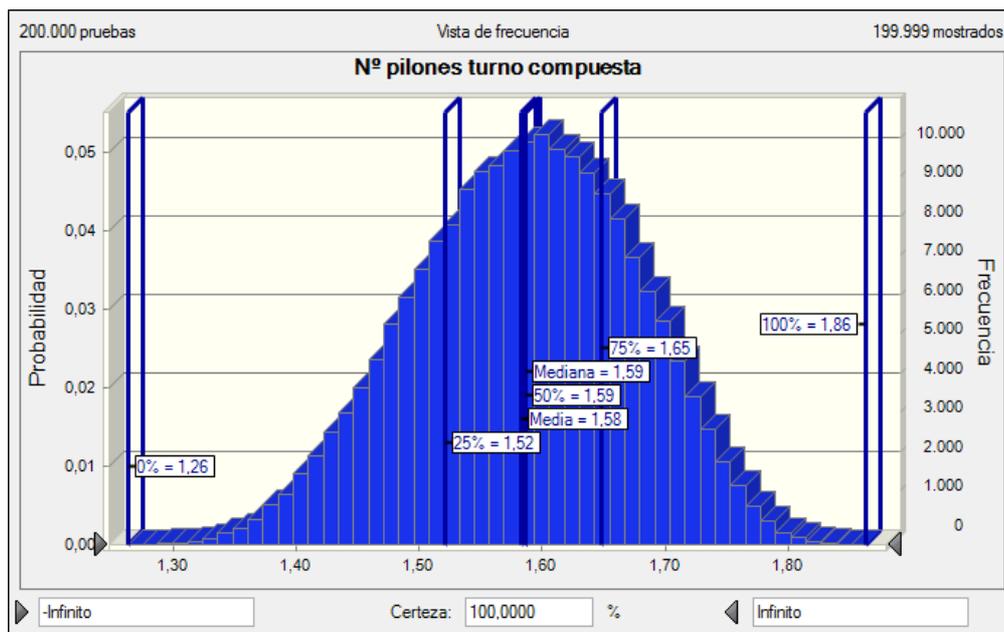


Figura 4-83 Pilones disponibles plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas

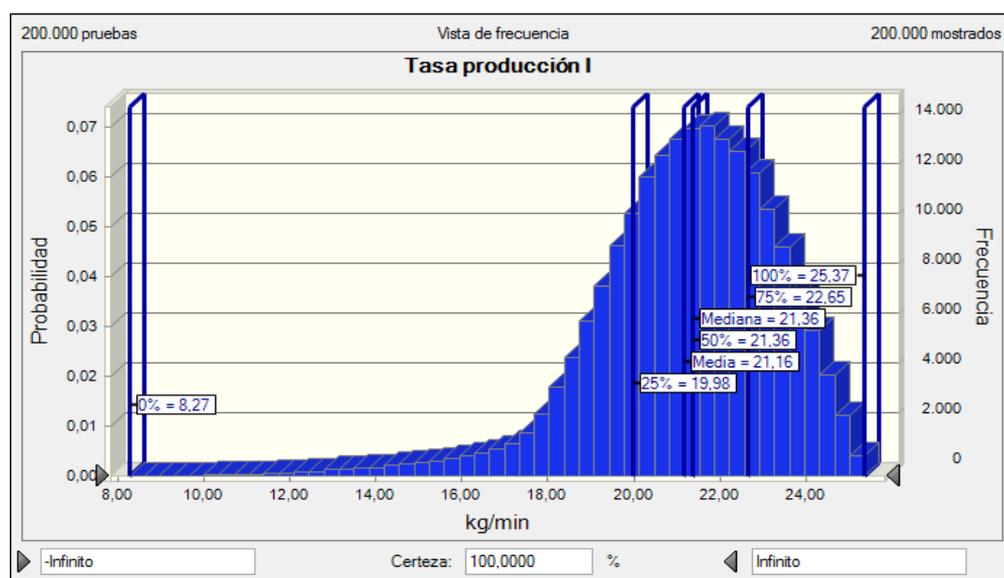


Figura 4-84 Tasa producción plan de producción 6 POUCH 33 OZ Rodajas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-47 Simulación plan producción 6

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
LT 5 KG lisas	116,87	4	0		16,04
FR QUART 995 ML desh.	46,66	11	17	2 3 4	28,09
POUCH 33 OZ rodajas	26,82	9	14	5 6	21,16

Tabla 4-48 Comparación plan producción 6

Tasa producción media global del sistema real (+lisas)	63,11	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 6	65,29	kg/min

4.5.7 Plan de producción 7

Este plan de producción consiste en producir en línea 1 el producto LT 2750 G “Lisas”, producir en línea 2 el producto LT ½ KG “Deshuesadas” y producir en línea 3 “Pouches” el producto Pouch 33 OZ “Rodajas”. A continuación se muestran algunos datos de la simulación de la producción de estos productos:

- **LT 2750 G LISAS**

Tabla 4-49 Pilones disponibles plan de producción 7 LT 2750 G Lisas

4 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	0,68
Más probable	0,724
75%	0,73

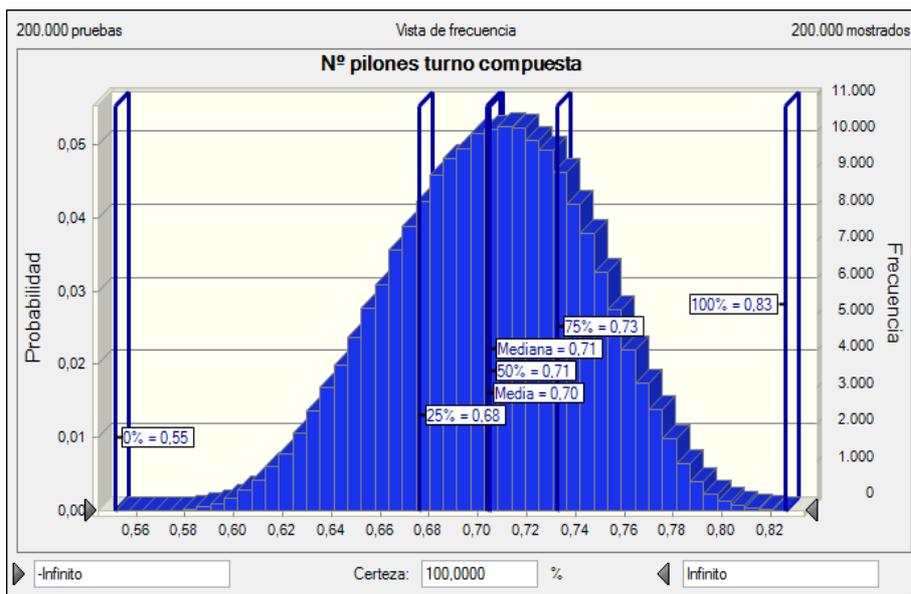


Figura 4-85 Pilones disponibles plan de producción 7 LT 2750 G Lisas

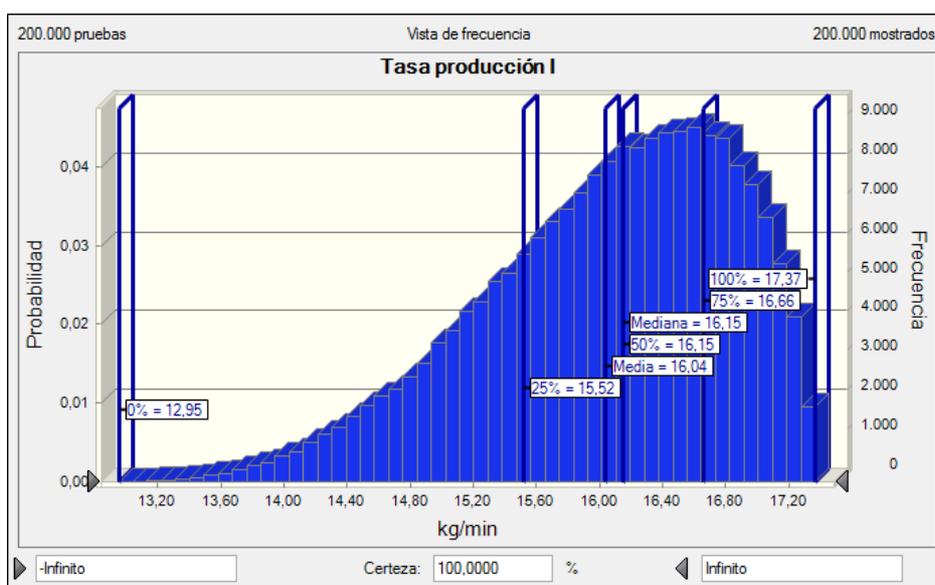


Figura 4-86 Tasa producción plan de producción 7 LT 2750 G Lisas

- **LT ½ KG DESHUESADAS**

Tabla 4-50 Pilones disponibles plan producción 7 LT ½ KG Deshuesadas

11 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,86
Más probable	1,992
75%	2,01

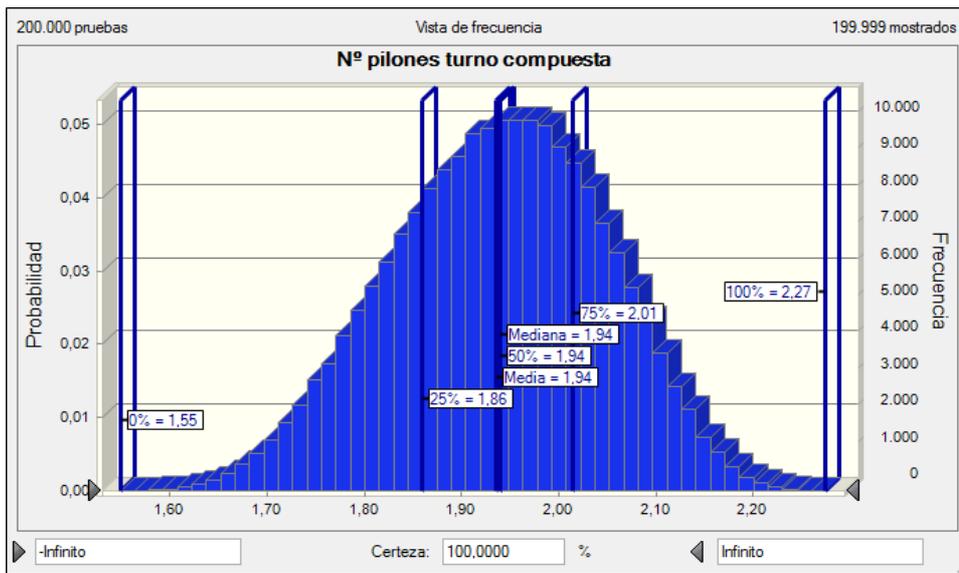


Figura 4-87 Pilones disponibles plan de producción 7 LT ½ KG Deshuesadas

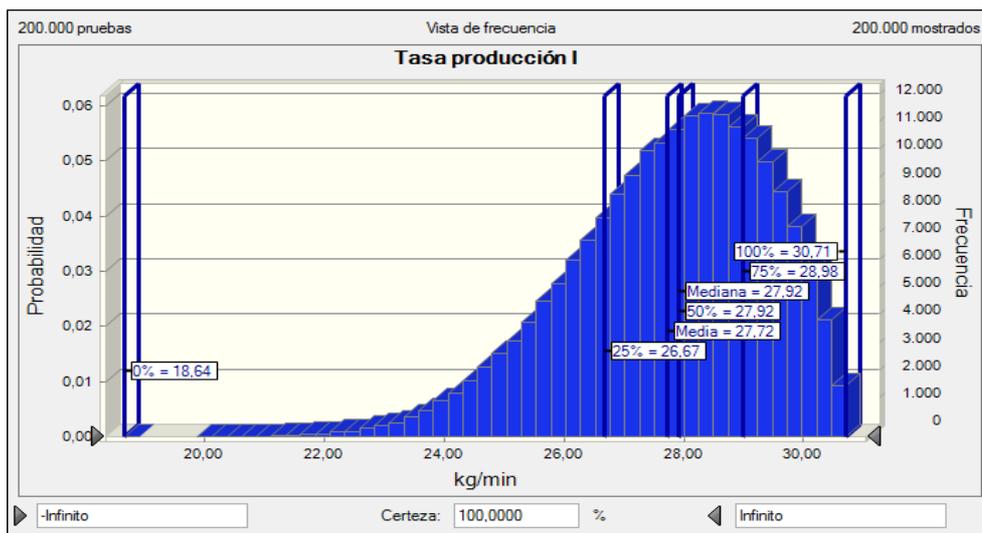


Figura 4-88 Tasa de producción plan de producción 7 LT ½ KG Deshuesadas

• **POUCH 33 OZ RODAJAS**

Tabla 4-51 Pilones disponibles plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas

9 pilones	
Estadístico	Nº pilones disponible
25%	1,52
Más probable	1,629
75%	1,65

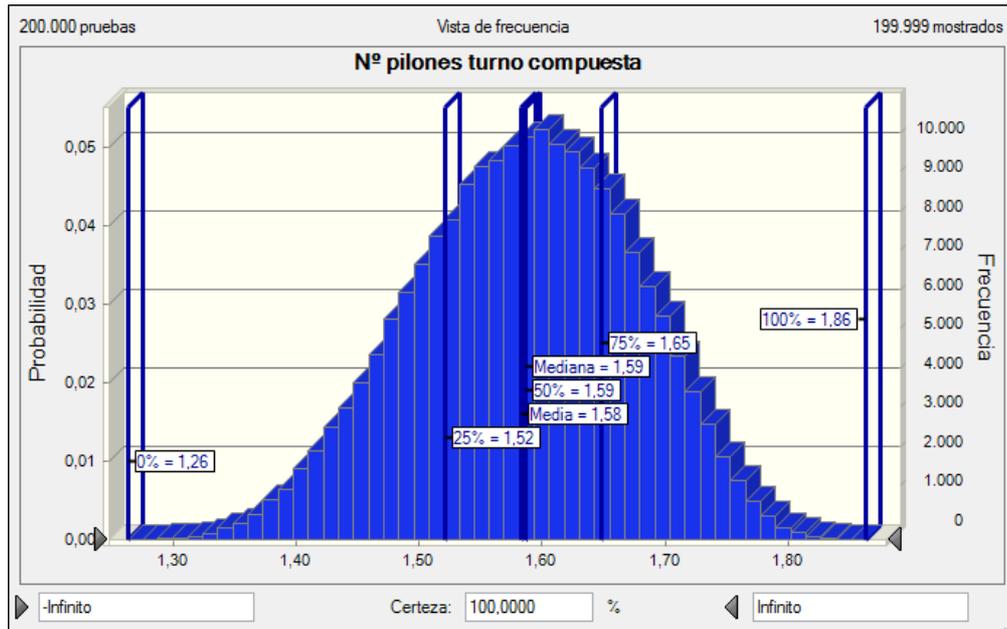


Figura 4-89 Pilones disponibles plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas

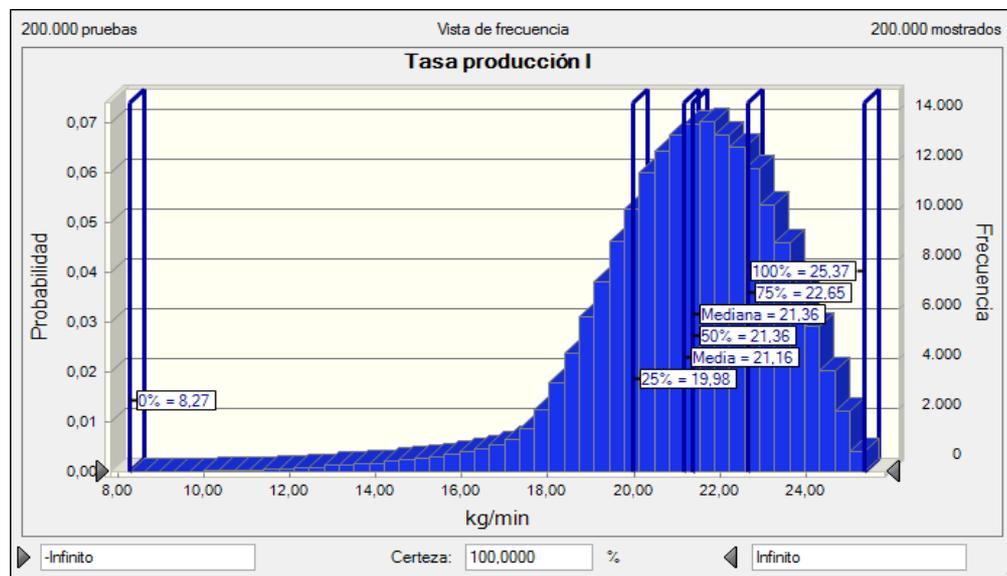


Figura 4-90 Tasa producción plan de producción 7 POUCH 33 OZ Rodajas

Finalmente se comparan los resultados de simular este plan de producción con la producción media real del sistema:

Tabla 4-52 Simulación plan producción 7

	Tasa prod.sist. Desacoplado [kg/min]	Pilones	Deshuesadoras	Líneas desh.	Tasa producción sist.completo [kg/min]
LT 2750 G lisas	94,82	4			16,03
LT 1/2 KG desh.	32,27	11	17	2 3 4	27,72
POUCH 33 OZ rodajas	26,82	9	14	5 6	21,16

Tabla 4-53 Comparación plan producción 7

Tasa producción media global del sistema real (+lisas)	63,11	kg/min
Tasa producción del sistema estimada bajo plan de producción 7	64,91	kg/min

5 RESULTADOS

En el capítulo anterior se muestra el modelo de simulación empleado y su utilidad. Este modelo permitió analizar el equilibrado de las líneas de producción y de esta manera saber la ampliación de la etapa de oxidación que optimizaba el incremento de las máquinas deshuesadora planteado por el cliente. Finalmente mediante la simulación de un conjunto de 7 planes de producción y su comparación con la producción real obtenida en el último año se pudo comprobar la validez del modelo. En este capítulo 5 se mostrarán los resultados ofrecidos al cliente para aumentar la capacidad productiva de la planta cubriendo las necesidades de producción según el incremento de la demanda esperado optimizando el rendimiento de todas las etapas del sistema. También se expresará la capacidad de absorción de alimentación externa del sistema en la actualidad que fue una petición expresa del cliente. Y por último una serie de aportaciones adicionales que nos ofrece el modelo para la mejora de la gestión de la planta de producción.

Una vez se dispone de un modelo validado se pueden hacer diversos análisis que ayuden a la toma de decisiones. En concreto, por parte del cliente se solicitó analizar la capacidad necesaria de oxidación y transformación, las capacidades individuales de las etapas de envasado/encajado, así como las holguras disponibles de cara a una posible alimentación externa.

5.1 Necesidades de oxidación y transformación

Las etapas de oxidación y deshuesado se encuentran actualmente equilibradas como se puede comprobar en el apartado 4.3.1 del presente documento. La capacidad necesaria en estas etapas de oxidación y transformación puede extraerse directamente de forma proporcional a partir de la previsión de demanda.

Tabla 5-1 Capacidad actual y necesaria futura etapas oxidación y deshuesado

	2014	2018
Tasa de oxidación (kg/min)	63,11	110,61
Tasa de transformación (kg/min)	57,82	101,91
Número de pilones	24	41-42
Número de máquinas deshuesadoras	36	62-63

El resultado es que para cubrir la demanda prevista en 2018 serán necesarios 41-42 pilones y 62-63 máquinas deshuesadoras.

5.2 Estudio de capacidad de atender las demandas individuales en 2018

Necesidades de ampliación de las líneas de envasado/encajado

En esta sección se muestran los resultados de la simulación para el caso de las etapas de envasado, esterilizado y encajado. Se denominará sistema desacoplado al sistema compuesto por las etapas de envasado, esterilizado y encajado, pero sin la influencia de las etapas de oxidación y transformación. La columna que indica « tasa media sistema completo máxima » se debe entender asumiendo que la transformación está dedicada exclusivamente (en la medida de lo que permite la instalación) a la línea y producto en particular. En estas tablas se pueden observar las holguras medias disponibles, dando una idea aproximada del margen que se dispone para alimentación externa. No obstante, para tomar decisiones sobre la alimentación externa a considerar en un hipotético pedido, se debe centrar la atención sobre la holgura que el sistema es capaz de asumir en un 90% de los casos, como se verá más adelante. La holgura media por tanto no es más que una aproximación a nivel macro, que da una idea de el consumo de alimentación externa que es capaz de asumir el sistema pero no permite planificar la alimentación externa diaria de una forma eficiente.

En la siguiente tabla las columnas han sido numeradas para disminuir su tamaño. Estas son las definiciones de cada una de ellas (el sistema desacoplado es el sistema formado, únicamente, por las etapas de envasado y encajado):

Tabla 5-2 Demandas y tasas medias actuales y futuras

			1	2	3	4	5	6
Línea 1	A-10	Rodajas	9.078.407,40	11.034.860,94	39,88	48,47	89,33	56,69
		Deshuesadas	1.454.317,28	1.767.731,74	39,88	48,47	83,07	61,16
		Lisas	224.165,88	272.475,03	39,88	48,47	103,67	93,88
	A-9	Rodajas	47.937,60	58.268,45	39,88	48,47	68,71	56,28
		Deshuesadas	14.400,00	17.503,29	39,88	48,47	68,75	60,31
		Lisas			39,88	48,47		
	LT 2750 G	Rodajas	137.800,07	167.496,84	39,88	48,47	77,14	56,67
		Deshuesadas	1.072.978,00	1.304.211,47	39,88	48,47	74,50	61,11
		Lisas	663.964,91	807.053,49	39,88	48,47	94,82	92,88
	LT 5 KG	Rodajas	6.296,06	7.652,90	39,88	48,47	93,14	56,66
		Deshuesadas	65.355,00	79.439,41	39,88	48,47	87,63	61,09
		Lisas	442.110,00	537.387,47	39,88	48,47	116,87	95,21
	GLOBAL	Rodajas	9.270.441,13	11.268.279,13	39,88	48,47		
		Deshuesadas	2.607.050,28	3.168.885,91	39,88	48,47		
		Lisas	1.330.240,79	1.616.916,00	39,88	48,47		
Línea 2	LT 1/2 KG	Rodajas	169.785,35	509.586,31	13,58	40,76	37,44	37,37
		Deshuesadas	792.864,00	2.379.667,28	13,58	40,76	32,27	32,27
		Lisas	61.356,29	184.152,09	13,58	40,76	42,45	42,45
	LT 1 KG	Rodajas	37.723,17	113.220,67	13,58	40,76	53,08	47,82
		Deshuesadas			13,58	40,76		
		Lisas			13,58	40,76		
	LT 350 G	Rodajas	38.671,09	116.065,73	13,58	40,76	32,86	32,85
		Deshuesadas	520.241,40	1.561.429,75	13,58	40,76	30,30	30,30
		Lisas	195.972,00	588.181,78	13,58	40,76	40,44	40,44

	LT 300 G	Rodajas			13,58	40,76		
		Deshuesadas	41.005,44	123.071,93	13,58	40,76	23,74	23,74
		Lisas	5.665,92	17.005,44	13,58	40,76	25,73	25,73
	LT 230 G BUFFET	Rodajas	102.477,31	307.570,92	13,58	40,76	21,82	21,82
		Deshuesadas	1.291,68	3.876,79	13,58	40,76	18,59	18,59
		Lisas			13,58	40,76		
	LT 300 G BAJO	Rodajas			13,58	40,76		
		Deshuesadas	103.819,94	311.600,62	13,58	40,76	18,10	18,10
		Lisas	3.967,92	11.909,14	13,58	40,76	22,24	22,24
	LT 200 G	Rodajas	10.771,20	32.328,21	13,58	40,76	15,98	15,98
		Deshuesadas	169.587,20	508.991,59	13,58	40,76	15,04	15,04
		Lisas	1.668,00	5.006,26	13,58	40,76	18,81	18,81
	LT 5 OZ	Rodajas	212.556,29	637.957,13	13,58	40,76	12,93	12,93
		Deshuesadas			13,58	40,76		
		Lisas			13,58	40,76		
	FR S370	Rodajas	39.867,04	119.655,19	13,58	40,76	22,90	22,90
		Deshuesadas	80.519,68	241.668,24	13,58	40,76	21,55	21,55
		Lisas	9.504,00	28.524,89	13,58	40,76	26,95	26,95
	FR QUART 995 ML	Rodajas	33.827,10	101.527,19	13,58	40,76	53,03	48,04
		Deshuesadas	384.333,85	1.153.522,77	13,58	40,76	46,66	46,57
		Lisas	17.744,30	53.256,96	13,58	40,76	57,64	57,64
	FR QUART 948 ML	Rodajas			13,58	40,76		
		Deshuesadas			13,58	40,76		
		Lisas	1.527,42	4.584,33	13,58	40,76	58,43	58,43
	FR POT 850	Rodajas			13,58	40,76		
		Deshuesadas	35.109,72	105.376,78	13,58	40,76	39,44	39,44
		Lisas			13,58	40,76		
FR B-375	Rodajas	19.099,14	57.323,33	13,58	40,76	25,08	25,08	
	Deshuesadas	10.688,64	32.080,43	13,58	40,76	21,63	21,63	
	Lisas	20.476,80	61.458,17	13,58	40,76	26,94	26,94	
FR 8 PAR (ø58)	Rodajas	19.893,60	59.707,78	13,58	40,76	17,09	17,09	
	Deshuesadas			13,58	40,76			
	Lisas			13,58	40,76			
FR 8 PAR (ø53)	Rodajas	38.998,08	117.047,13	13,58	40,76	17,10	17,10	
	Deshuesadas	185.910,27	557.982,93	13,58	40,76	15,15	15,15	
	Lisas	5.822,00	17.473,91	13,58	40,76	20,15	20,15	
FR 5 CYL	Rodajas			13,58	40,76			
	Deshuesadas	33.258,42	99.820,36	13,58	40,76	7,92	7,92	
	Lisas	28.625,28	85.914,66	13,58	40,76	10,00	10,00	
FR 16 PAR	Rodajas	178.244,58	534.975,48	13,58	40,76	30,99	30,99	
	Deshuesadas	73.605,20	220.915,44	13,58	40,76	30,58	30,58	
	Lisas	7.827,78	23.493,96	13,58	40,76	38,13	38,13	
FR 12 PAR	Rodajas	59.868,07	179.685,41	13,58	40,76	24,31	24,31	
	Deshuesadas	682.417,57	2.048.178,20	13,58	40,76	22,42	22,42	

		Lisas	61.292,28	183.959,96	13,58	40,76	27,39	27,39
	GLOBAL	Rodajas	961.782,03	2.886.650,47	13,58	40,76		
		Deshuesadas	3.114.653,01	9.348.183,12	13,58	40,76		
		Lisas	421.449,99	1.264.921,55	13,58	40,76		
Línea POUCHES	DOY PACK 33 OZ	Rodajas	3.450,15	6.900,30	10,69	21,38	18,90	18,90
		Deshuesadas			10,69	21,38		
		Lisas			10,69	21,38		
	POUCH 33 OZ	Rodajas	3.106.130,35	6.212.260,71	10,69	21,38	26,82	26,33
		Deshuesadas	430.984,00	861.968,00	10,69	21,38	24,39	24,39
		Lisas			10,69	21,38		
	GLOBAL	Rodajas	3.109.580,50	6.219.161,01	10,69	21,38		
		Deshuesadas	430.984,00	861.968,00	10,69	21,38		
		Lisas			10,69	21,38		

1. Demanda 2014 (kg); 2. Demanda 2018 (kg) ; 3. Tasa media demandada 2014 (kg/min)

4. Tasa media demandada 2018 (kg/min) ; 5. Tasa media sistema desacoplado 2014 (kg/min)

6. Tasa media sistema completo máxima 2014 (kg/min)

Comparando las tasas anteriores con las previsiones de demanda se tiene una idea de la necesidad de crecimiento. La siguiente tabla muestra el resumen para cada línea, al cual se llega tras ponderar producto a producto la tasa media demandada en 2014 y la prevista para 2018. Como puede observarse, se confirma que la línea 1 dispone de capacidad suficiente para absorber el crecimiento, que la línea 2 requiere de un crecimiento importante que obliga a considerar una nueva línea, y que la línea de pouches, si bien está cerca de tener capacidad, es recomendable incrementar su capacidad, en este caso actuando puntualmente sobre la línea existente, pero sin ser necesario añadir una nueva línea.

Tabla 5-3 Tasas medias actuales y necesarias a futuro

	Tasa media sistema desacoplado 2014 [kg/min]	Tasa media sistema completo máxima 2014 [kg/min]	Necesidad 2014 [kg/min]	Necesidad 2018 [kg/min]
Línea 1	91,51	63,28	39,88	48,47
Línea 2	31,24	31,14	13,58	40,76
Línea P	26,52	26,09	10,69	21,38

Para tener una visión global del sistema, se muestra la holgura media ponderada actualmente y la prevista para 2018. Para la holgura de 2018 se está en el supuesto de aumentar la capacidad de envasado lo estrictamente

necesario para cubrir la demanda, por lo que la holgura global realmente es la holgura vinculada a la línea 1 (y a la línea pouches aunque en una cantidad poco relevante), que es la única que no requiere de ampliación.

Tabla 5-4 Holguras medias actuales y futura

Holgura anual 2014	85,11	kg/min	122.563,92	kg/día
Holgura anual 2018	48,17	kg/min	69.371,35	kg/día

En el caso de la línea de POUCHES, la necesidad de ampliación de la línea es discutible desde un punto de vista meramente analítico pero existen una serie de consideraciones que llevan a considerar necesaria su ampliación. Sin ampliación, la línea de POUCHES necesitaría estar en uso de forma permanente para ser capaz de cubrir la demanda de 2018 y, en ese caso, la disponibilidad de la línea se vería reducida debido al efecto del mantenimiento preventivo que actualmente se lleva a cabo cuando la línea no se encuentra operativa y no repercute en las disponibilidades de las etapas de envasado y encajado.

Si se opta por ampliar la línea de POUCHES resulta necesario ampliar tanto la etapa de envasado como la de encajado ya que su capacidad es muy similar. Para su justificación, se ha estudiado mediante simulación el sistema desacoplado envasado-esterilización-encajado para analizar el cuello de botella y el nivel de equilibrado entre las 3 etapas. La etapa de esterilización no resulta ser jamás restrictiva (cuello de botella) y las etapas de envasado y encajado se muestran muy equilibradas entre sí, siendo la etapa de envasado algo más “lenta”. A continuación se muestran unas gráficas que reflejan esta situación (durante el análisis diferenciamos entre transformación tipo “rodajas” y “deshuesadas”, pero, al ser los resultados tan similares en este caso, sólo se muestran los resultados para la transformación tipo “rodajas”).

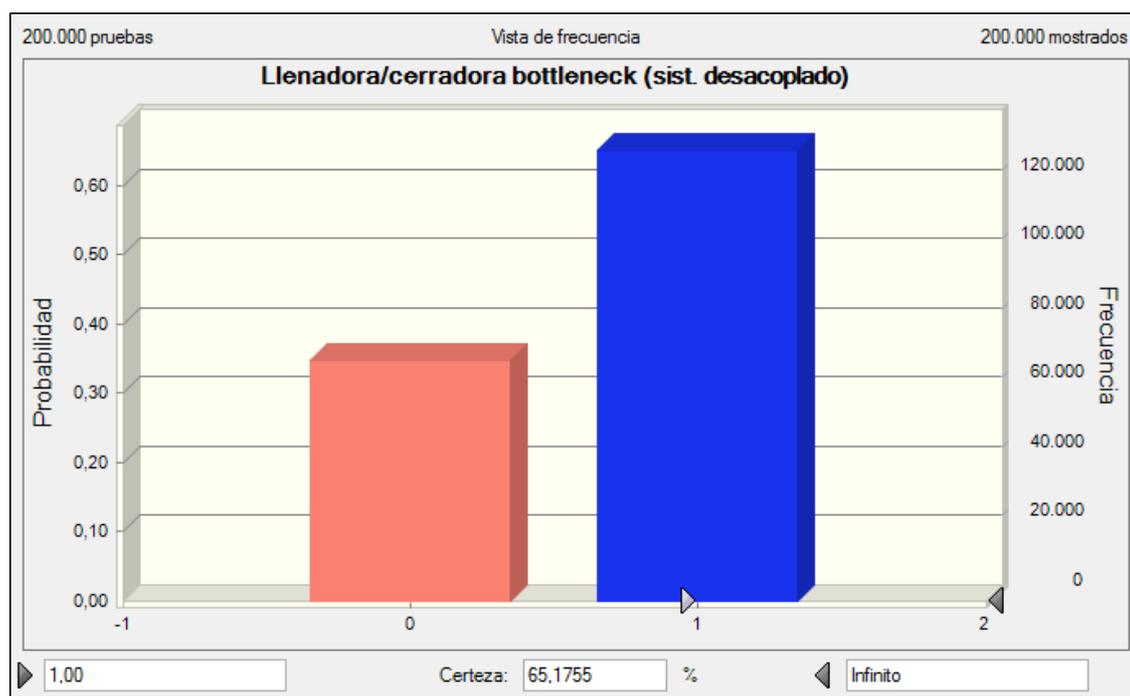


Figura 5-1 Probabilidad etapa envasado cuello de botella (sist. desacoplado)

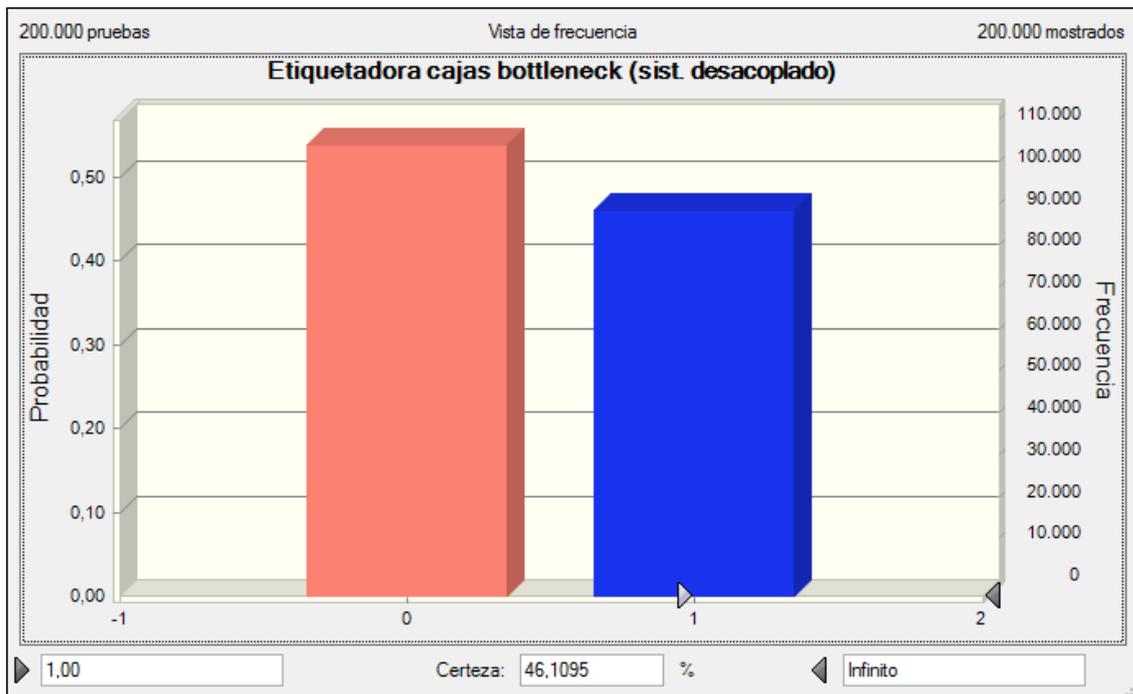


Figura 5-2 Probabilidad etapa encajado cuello de botella (sist. desacoplado)

Y por último, en la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento de la holgura entre la etapa de envasado y encajado. Los valores negativos de la holgura indican que la etapa de envasado tiene holgura sobre la etapa de encajado, y los valores positivos indican que es la etapa de encajado la que tiene holgura sobre el envasado. Como se puede observar, ambas etapas se encuentran muy parejas en su capacidad productiva.

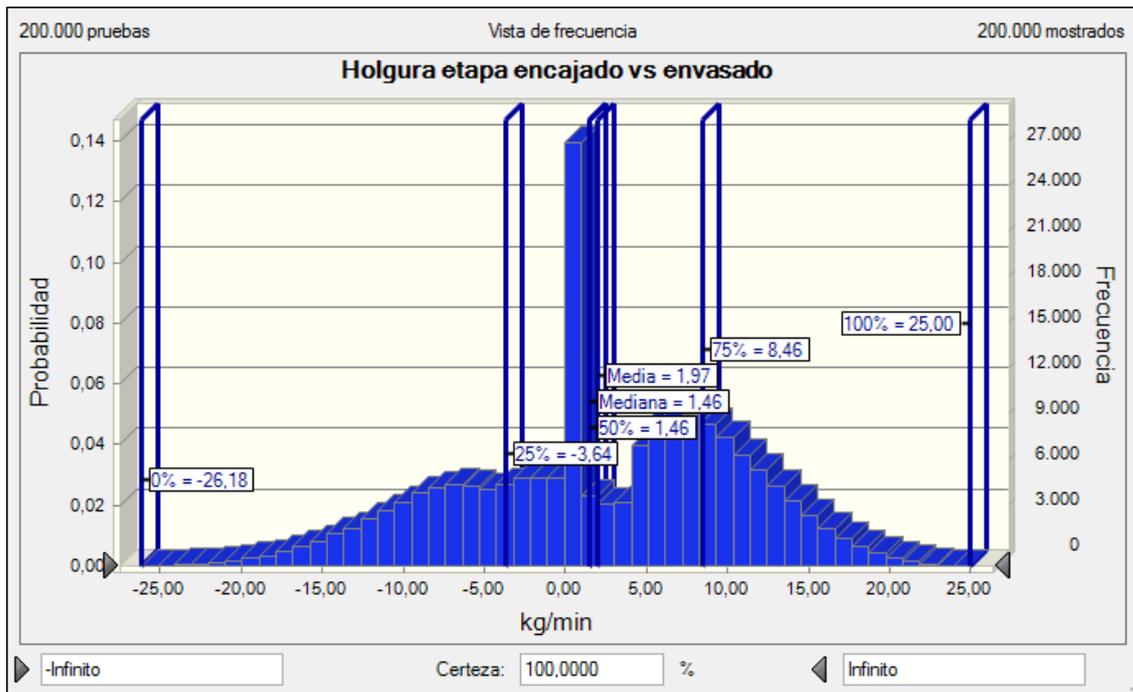


Figura 5-3 Holgura entre las etapas envasado y encajado

5.3 Capacidad alimentación externa

Para analizar la alimentación externa que actualmente tiene el sistema capacidad de absorber, se ha simulado el escenario de menor tasa productiva (en un 90% de probabilidad), comparándolo con la capacidad de transformación de la planta.

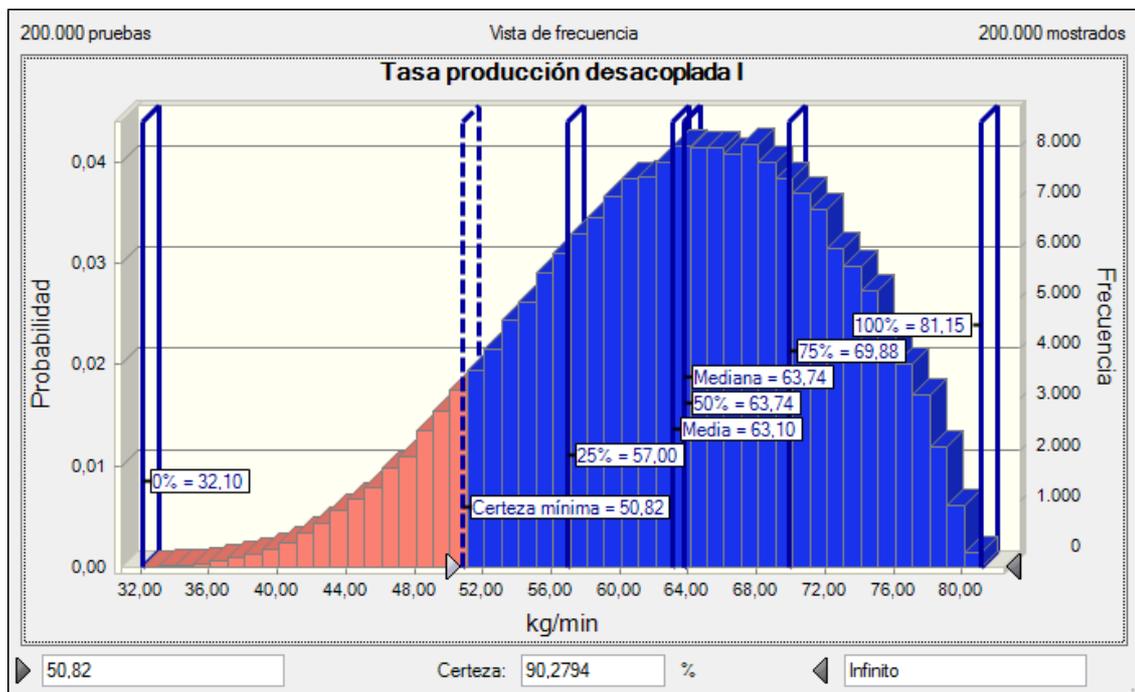


Figura 5-4 Tasa producción desacoplada A-9 Deshuesadas

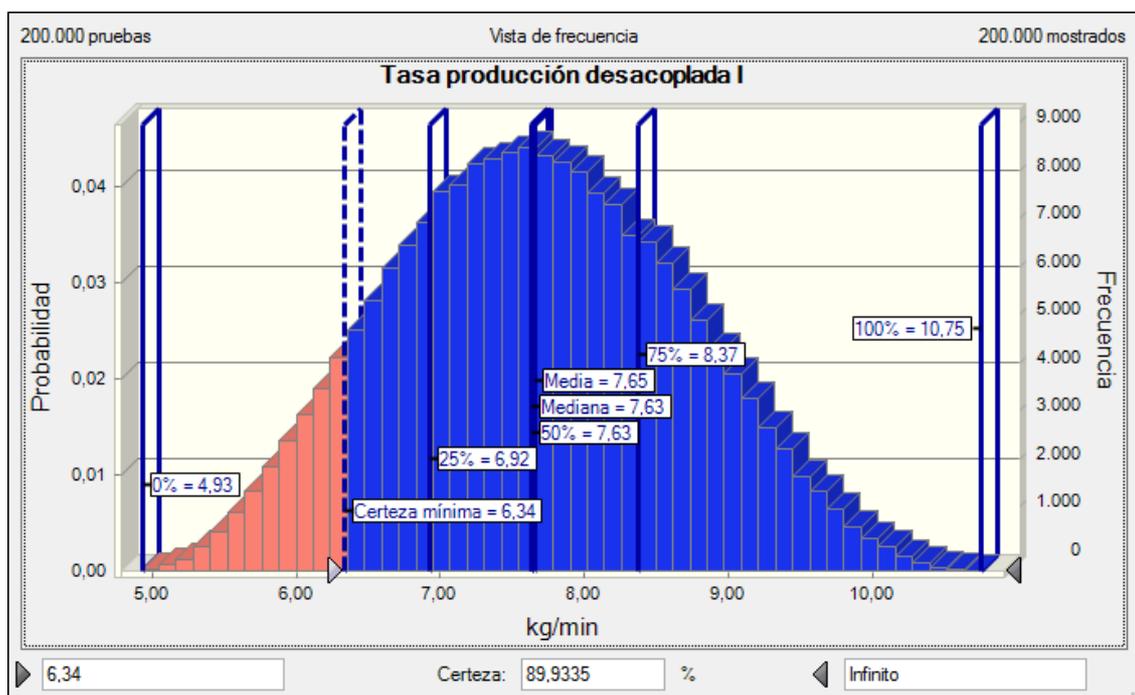


Figura 5-5 Tasa producción desacoplada FR 5 CYL Deshuesadas

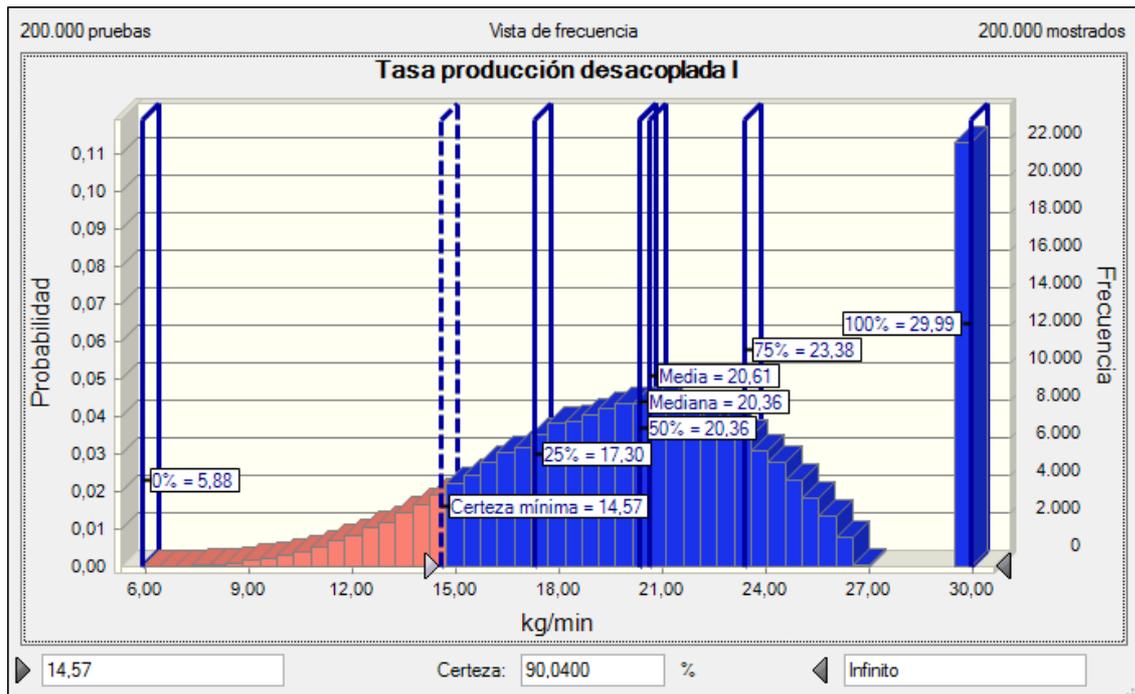


Figura 5-6 Tasa producción desacoplada Poch 33 OZ Deshuesadas

Tabla 5-5 Holgura mínima del sistema

Tasa que garantiza el 90% A-9 deshuesadas	58,42	kg/min
Tasa que garantiza el 90% FR 5 CYL desh.	6,57	kg/min
Tasa que garantiza el 90% POUCH 33 OZ desh.	18,05	kg/min
Escenario de menor tasa productiva	83,04	kg/min
Alimentación interna deshuesadas	61,19	kg/min
Holgura mínima sistema global	21,85	kg/min
	31.464,00	kg/día

5.4 Análisis esterilización

La etapa de esterilización da servicio a las 3 líneas de envasado-encajado. Por ello, su análisis resulta un tanto más complejo. Por poner un ejemplo, a día de hoy, es posible tener la planta produciendo a su máxima capacidad con tan sólo 4 autoclaves en uso si dedicamos todos los pilones y deshuesadoras a la línea 1 fabricando el producto A-10 rodajas. Y de la misma manera, si se elige otro programa de producción que realiza un uso menos eficiente de las autoclaves, no sería suficiente con 6 autoclaves para dar servicio a las 3 líneas.

Para ahondar más en la eficiencia en el uso de las autoclaves es necesario elaborar tablas para cada tipo de producto (formato+tipo de transformación) como la mostrada en el apartado (5.4.2) y de esta forma observar que combinaciones, que planes de producción, son factibles o no debido al número de autoclaves disponibles.

Es bueno incidir en que ser capaz de llevar a cabo todos los planes de producción posible no es sinónimo de optimalidad. Todo lo contrario, de ser así estaríamos ante una clara sobrecapacidad de la etapa de esterilización. Debemos evitar, en la medida de lo posible, aquellos planes de producción que realizan un uso poco eficiente de los recursos disponibles.

Por otro lado, si se estudia el número de autoclaves necesarias para poder dar uso a las 3 líneas trabajando a su máxima capacidad (con la alimentación externa que sea necesaria para que esto ocurra) se observa que para algún plan de producción serían necesarias hasta 14 autoclaves en la situación actual (2014) y se elevaría este número hasta las 16 en el escenario futuro (2018) asumiendo sólo la ampliación mínima necesaria de la línea 2. Debe tenerse en cuenta que se estaría produciendo hasta un 33% aprox. más de lo demandado a priori en 2018.

A continuación se muestra la tabla que indica cuantas autoclaves son necesarias para esterilizar la cantidad fabricada de un producto concreto utilizando toda la capacidad productiva de la línea a la que pertenezca dicho producto (formato + tipo de transformación).

Tabla 5-6 Autoclaves necesarias por producto dedicación completa capac. productiva

			Tasa producción sist. Desacoplado [kg/min]	Tasa esterilización [kg/min] (6 autoclaves)	Tasa esterilización [kg/min] (8 autoclaves)	Nº autoclaves necesarias	Tasa esterilización con nº autoclaves necesarias
Línea 1	A-10	Rodajas	82,03	104,58	139,44	5	87,15
		Deshuesadas	76,27	97,21	129,61	5	81,01
		Lisas	95,19	121,33	161,77	5	101,11
	A-9	Rodajas	63,08	80,45	107,27	5	67,04
		Deshuesadas	63,05	80,45	107,27	5	67,04
		Lisas					
	LT 2750 G	Rodajas	75,28	77,94	103,92	6	77,94
		Deshuesadas	72,73	75,27	100,36	6	75,27
		Lisas	92,58	95,82	127,76	6	95,82
	LT 5 KG	Rodajas	85,72	100,55	134,07	6	100,55
		Deshuesadas	80,67	94,61	126,15	6	94,61
		Lisas	107,58	126,15	168,20	6	126,15

Línea 2	LT 1/2 KG	Rodajas	36,22	98,83	131,77	3	49,42
		Deshuesadas	31,23	85,18	113,57	3	42,59
		Lisas	41,09	112,08	149,44	3	56,04
	LT 1 KG	Rodajas	51,66	88,38	117,84	4	58,92
		Deshuesadas					
		Lisas					
	LT 350 G	Rodajas	31,79	78,70	104,93	3	39,35
		Deshuesadas	29,33	72,60	96,80	3	36,30
		Lisas	39,10	96,79	129,05	3	48,40
	LT 300 G	Rodajas					
		Deshuesadas	22,94	66,37	88,49	3	33,19
		Lisas	24,85	71,91	95,88	3	35,96
	LT 230 G BUFFET	Rodajas	21,12	74,67	99,56	2	24,89
		Deshuesadas	17,99	63,61	84,81	2	21,20
		Lisas					
	LT 300 G BAJO	Rodajas					
		Deshuesadas	17,50	68,12	90,83	2	22,71
		Lisas	21,50	83,66	111,55	2	27,89
	LT 200 G	Rodajas	15,42	64,65	86,20	2	21,55
		Deshuesadas	14,50	60,84	81,12	2	20,28
		Lisas	18,14	76,05	101,40	2	25,35
	LT 5 OZ	Rodajas	12,51	70,79	94,39	2	23,60
		Deshuesadas					
		Lisas					
	FR S370	Rodajas	22,14	66,33	88,44	3	33,17
		Deshuesadas	20,85	62,34	83,12	3	31,17
		Lisas	26,06	77,93	103,91	3	38,97
	FR QUART 995 ML	Rodajas	51,43	68,69	91,59	5	57,24
		Deshuesadas	45,30	60,45	80,60	5	50,38
		Lisas	55,90	74,66	99,55	5	62,22
	FR QUART 948 ML	Rodajas					
		Deshuesadas					
Lisas		56,67	75,71	100,95	5	63,09	
FR POT 850	Rodajas						
	Deshuesadas	38,24	51,08	68,11	5	42,57	
	Lisas						
FR B-375	Rodajas	24,26	72,53	96,71	3	36,27	
	Deshuesadas	20,94	62,55	83,40	3	31,28	
	Lisas	26,07	77,93	103,91	3	38,97	
FR 8 PAR	Rodajas	16,50	50,10	66,80	2	16,70	
	Deshuesadas						

	(ø58)	Lisas						
	FR 8 PAR (ø53)	Rodajas	16,49	50,10	66,80	2	16,70	
		Deshuesadas	14,63	44,43	59,24	2	14,81	
		Lisas	19,45	59,07	78,76	2	19,69	
	FR 5 CYL	Rodajas						
		Deshuesadas	7,65	52,50	70,00	1	8,75	
		Lisas	9,65	66,24	88,32	1	11,04	
	FR 16 PAR	Rodajas	29,99	76,85	102,47	3	38,43	
		Deshuesadas	29,58	75,81	101,08	3	37,91	
		Lisas	36,88	94,52	126,03	3	47,26	
	FR 12 PAR	Rodajas	23,46	68,02	90,69	3	34,01	
		Deshuesadas	21,62	62,70	83,60	3	31,35	
		Lisas	26,42	76,59	102,12	3	38,30	
	Línea 3	DOY PACK 33 OZ	Rodajas	17,20	67,15	89,53	2	22,38
			Deshuesadas					
Lisas								
POUCH 33 OZ		Rodajas	22,64	67,15	89,53	3	33,58	
		Deshuesadas	20,61	61,04	81,39	3	30,52	
		Lisas						

5.5 Aportaciones adicionales del modelo de simulación

El conjunto de ecuaciones creadas para la simulación del comportamiento de la planta, así como, el tratamiento de la información aportada por el cliente y obtenida durante el transcurso del proyecto nos permite generar otras herramientas y decisiones de gestión que optimicen el actual sistema de producción. Se mostraron al cliente algunas de las posibilidades.

5.5.1 Planificación del almacén: análisis de flujos de inventario

La herramienta generada permite, introduciendo un plan de producción y un plan de ventas determinado, definir las necesidades de almacenamiento a lo largo de un horizonte temporal concreto. Por ejemplo, en el siguiente gráfico se muestra la evolución del inventario de 2014 (en kg de aceituna envasada) bajo la hipótesis de tasa de producción constante, variando por tanto la entrada de producto a almacén exclusivamente en función del número de horas productivas disponibles. Las salidas de almacén se han hecho coincidir con el registro de ventas 2014. La diferencia entre entrada y salida correspondería con el nivel de inventario necesario en cada momento.

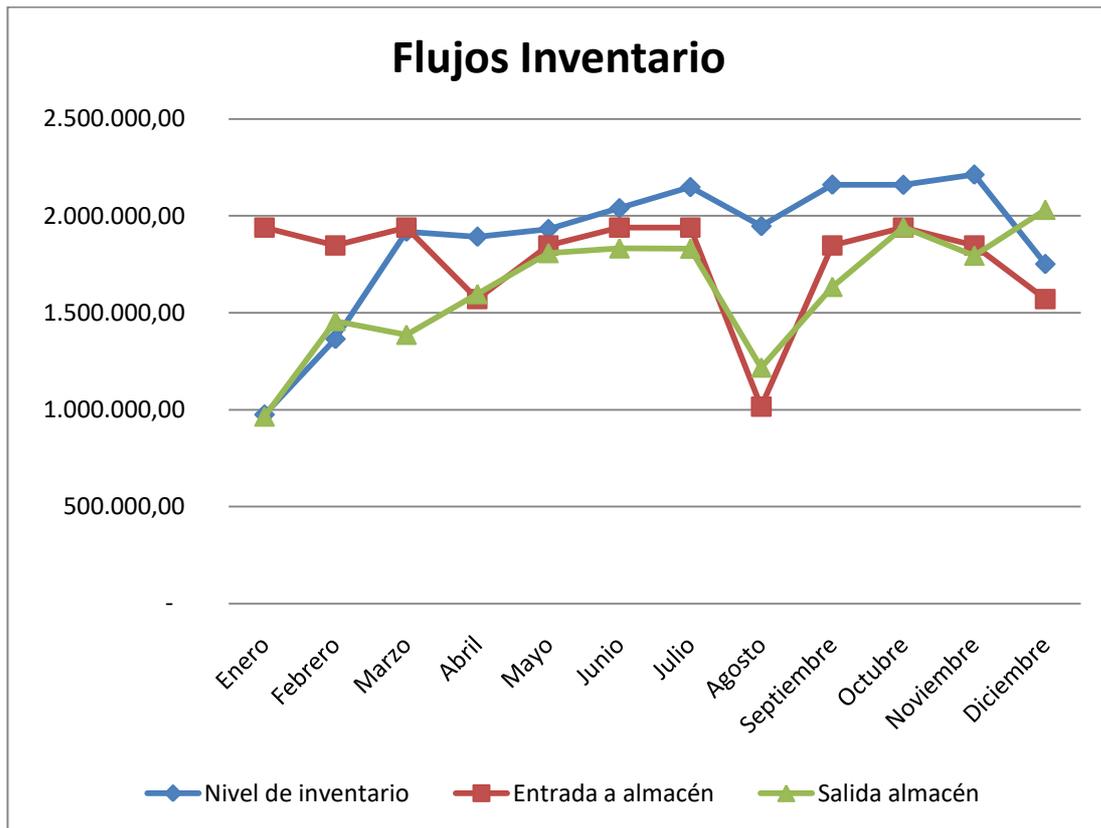


Figura 5-7 Flujos de inventario

Si se sustituye la hipótesis anterior por la previsión de demanda desagregada del próximo año, así como el plan de producción previsto en la planta, se obtendría el dato de entrada necesario para el diseño del almacén futuro.

5.5.2 Planificación de la producción: capacidad productiva de combinaciones del sistema

El modelo posibilita simular las distintas combinaciones que se pueden dar en el sistema productivo, de cara a decidir qué plan de producción encaja de forma más eficiente con la demanda requerida y las necesidades de producción puntuales. Se muestra a continuación un ejemplo de la información que podría generarse para el formato A-10 rodajas, con las distintas combinaciones que en las etapas de oxidación y deshuesado el escenario actual permite y la eficiencia en la asignación de recursos (pilones, deshuesadoras y autoclaves).

Tabla 5-7 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (1)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	% recursos desh. Utilizados	% recursos oxid. Utilizados
1	5	3	13,89%	12,50%

		4		16,67%
1-2	10	6	27,78%	25,00%
		7		29,17%
1-2-3	16	10	44,44%	41,67%
		11		45,83%
1-2-3-4	22	14	61,11%	58,33%
		15		62,50%
1-2-3-4-5	30	19	83,33%	79,17%
		20		83,33%
		21		87,50%
1-2-3-4-5-6	36	23	100,00%	95,83%
		24		100,00%

Tabla 5-8 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (2)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	Tasa media producción [kg/min]	Tasa diaria mínima (90% confianza) [kg/min]	Tasa diaria máxima (10% confianza) [kg/min]
1	5	3	7,49	6,87	8,08
		4	8,13	6,97	9,43
1-2	10	6	14,92	13,61	16,17
		7	15,96	13,95	18
1-2-3	16	10	24,47	22,14	26,7
		11	25,44	22,29	28,51
1-2-3-4	22	14	33,98	30,55	37,2
		15	34,91	30,65	39,07
1-2-3-4-5	30	19	46,21	41,63	50,6
		20	47,23	41,8	52,49

		21	47,93	41,81	54,07
1-2-3-4-5-6	36	23	55,62	49,98	61,03
		24	56,59	50,11	62,85

Tabla 5-9 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (3)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	Tasa media deshuesado [kg/min]	Tasa media oxidación [kg/min]	Tasa alimentación interna [kg/min]
1	5	3	8,15	7,72	7,49
		4	8,15	10,26	8,13
1-2	10	6	16,29	15,35	14,92
		7	16,29	17,89	15,96
1-2-3	16	10	26,06	25,62	24,47
		11	26,06	28,15	25,44
1-2-3-4	22	14	35,84	35,88	33,98
		15	35,84	38,51	34,91
1-2-3-4-5	30	19	48,88	48,68	46,21
		20	48,88	51,23	47,23
		21	48,88	53,85	47,94
1-2-3-4-5-6	36	23	58,66	58,93	55,7
		24	58,66	61,48	56,69

Tabla 5-10 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (4)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	Holgura media línea [kg/min]	Holgura 90% confianza línea [kg/min]	% ocupación media de la línea
1	5	3	74,55	58,77	9,33%

		4	73,89	58,07	10,12%
1-2	10	6	67,08	51,22	18,58%
		7	66,08	50,18	19,88%
1-2-3	16	10	57,51	41,63	30,49%
		11	56,51	40,49	31,72%
1-2-3-4	22	14	48,05	32,01	42,31%
		15	47,09	30,87	43,51%
1-2-3-4-5	30	19	35,81	19,50	57,56%
		20	34,76	18,28	58,85%
		21	34,10	17,37	59,68%
1-2-3-4-5-6	36	23	26,37	9,75	69,26%
		24	25,42	8,45	70,44%

Tabla 5-11 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (5)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	Eficiencia uso recursos etapa oxidación	Eficiencia uso recursos etapa deshuesado	Eficiencia uso alim. Interna	Eficiencia combinada (pilones-deshuesadora)
1	5	3	97,14%	92,80%	100,00%	89,94%
		4	79,37%	99,84%	100,00%	79,21%
1-2	10	6	97,24%	92,39%	100,00%	89,63%
		7	89,40%	98,30%	100,00%	87,70%
1-2-3	16	10	95,68%	94,63%	100,00%	90,31%
		11	90,51%	97,97%	100,00%	88,48%
1-2-3-4	22	14	94,83%	95,46%	100,00%	90,29%
		15	90,90%	97,81%	100,00%	88,71%
1-2-3-4-5	30	19	95,07%	95,15%	99,99%	90,22%
		20	92,38%	97,07%	99,99%	89,45%

		21	89,21%	98,36%	99,98%	87,57%
1-2-3-4-5-6	36	23	94,50%	95,49%	99,87%	90,01%
		24	92,10%	96,97%	99,81%	89,10%

Tabla 5-12 Herramienta para la asignación eficiente de recursos en línea 1 para A-10 Rodajas (6)

Líneas asignadas	Nº de máq. deshues.	Nº de pilones	Autoclaves necesarias	Tasa media esterilización	Eficiencia uso esterilización	Eficiencia combinada (pilones-desh-autoclaves)
1	5	3	1	17,43	42,97%	38,65%
		4	1	17,43	46,64%	36,95%
1-2	10	6	1	17,43	85,60%	76,72%
		7	1	17,43	91,57%	80,30%
1-2-3	16	10	2	34,86	70,20%	63,39%
		11	2	34,86	72,98%	64,57%
1-2-3-4	22	14	2	34,86	97,48%	88,01%
		15	3	52,29	66,76%	59,22%
1-2-3-4-5	30	19	3	52,29	88,37%	79,73%
		20	3	52,29	90,32%	80,79%
		21	3	52,29	91,66%	80,27%
1-2-3-4-5-6	36	23	4	69,72	79,78%	71,81%
		24	4	69,72	81,17%	72,32%

Si se cuenta con todas las tablas para cada producto, se puede elegir el plan de producción en función de las tasas de fabricación necesarias (kg/min) de los productos que se vayan a fabricar ese día y con el objetivo permanente de intentar usar los recursos de la forma más eficiente y que resulte factible. Esto llevaría a producir de una forma más óptima y eficiente y, por consiguiente, reducir los costes de producción unitarios.

Como resultado, se obtendría un aumento en el margen de beneficio con su impacto correspondiente en el resultado de explotación. Todo lo anterior se resume en un aumento de la competitividad y la capacidad de llevar a cabo estrategias de mercado más agresivas con el objetivo de aumentar la cuota de mercado y mejorar el posicionamiento de la empresa en el sector.

6 CONCLUSIONES

En el anterior capítulo se mostraron los resultados ofrecidos al cliente y algunas sugerencias para la generación de herramientas para la mejora de la gestión del sistema a futuro. En este sexto capítulo se mostrarán, a modo de resumen, las conclusiones finales extraídas del estudio y análisis del sistema de producción.

6.1 Conclusiones

En función de los resultados obtenidos se desprenden las siguientes conclusiones:

- Para cubrir internamente la demanda de 2018 es necesario ampliar el número de pilones hasta las 42/43 unidades y el número de deshuesadoras hasta las 62/64 unidades (8 líneas de deshuesado con 8 máquinas deshuesadoras cada una)
- La línea 1 de envasado/encajado es capaz de absorber la demanda de 2018. No resulta necesario ampliarla. Cabe resaltar que la holgura de la línea provoca un coste unitario superior al deseable, o dicho de otra manera, el incremento de la demanda, por ejemplo mediante la bajada del precio del producto, podría ser rentable. Se recomienda por tanto estudiar la forma de incentivar el aumento de la demanda de productos de línea 1.
- La línea 2 no es capaz de absorber la demanda de 2018 por lo que resulta necesario su ampliación y completo rediseño. La ampliación necesaria ronda el 50%, se recomienda ajustar el aumento de capacidad en torno al nivel de demanda esperado, en lugar de plantear incrementos de capacidad muy por exceso. De esta manera, ajustando la dupla capacidad-demanda, se minimiza el coste unitario del producto.
- La línea pouches se encuentra al límite, para absorber la demanda de 2018 tiene que trabajar de forma permanente a lo largo de todo el año. Se recomienda estudiar la situación porque abordar su ampliación conlleva ampliar tanto la etapa de envasado como la de encajado. Por otro lado, incidir en que saturar una línea implica reestudiar la disponibilidad ya que comenzarían a afectar las labores de mantenimiento preventivo al no disponer de tiempos muertos
- Para que la planta de fabricación de aceitunas negras pueda gestionar de manera eficiente su capacidad de alimentación externa, es necesario la elaboración de unas tablas producto a producto (tipo de formato+tipo de transformación) que permitan mejorar la programación de la producción y a su vez conocer, para el horizonte temporal planificado, la capacidad de alimentación externa de una manera más precisa

- Con los resultados obtenidos se puede abordar el estudio de eficiencia en la asignación de la alimentación interna a cada línea de envasado/encajado. Es decir, estudiar de manera individualizada (para cada tipo de producto) que producción obtenemos según el número de líneas deshuesadoras y pilones asignados a la línea de envasado/encajado a estudiar. Obteniendo las distintas tasas de producción y su eficiencia. Esta información es especialmente relevante si se busca optimizar el sistema y en este caso reducir el coste unitario de producción. Se trata de la creación de una herramienta de soporte para programar la producción de una forma más eficiente. Esta información es especialmente relevante si se busca optimizar el sistema y en este caso reducir el coste unitario de producción. Se recomienda profundizar y crear una herramienta de soporte para programar la producción de una forma más eficiente. Como resultado, se obtendría un aumento en el margen de beneficio con su impacto correspondiente en el resultado de explotación. Todo lo anterior se resume en un aumento de la competitividad y la capacidad de llevar a cabo estrategias de mercado más agresivas con el objetivo de aumentar la cuota de mercado y mejorar el posicionamiento de la empresa en el sector.

- El sistema presenta un alto nivel de variabilidad y debería reducirse. Las fuentes de esta variabilidad son:
 - El alto número de productos que son fabricados.
 - La variación del calibre de las aceitunas (la materia prima del sistema)
 - Fallos en la automatización de procesos o ausencia de la misma

- Formas de reducir la variabilidad del sistema:
 - Mejora en la automatización de procesos.
 - Planes de producción más óptimos. Buscando la minimización del número de cambios o setups a realizar.
 - Reducción de la cartera de productos.
 - Mejorar las disponibilidades de las etapas de envasado y encajado mediante un sistema más optimizado de suministro de materias primas/consumibles a las distintas máquinas que conforman dichas etapas

Sería muy útil ahondar en el conocimiento del sistema para llegar a ser capaces de acometer un análisis a un mayor nivel de detalle. Para ser capaces de realizar un análisis a ese nivel de detalle, se hace necesario la mejora de la monitorización del sistema. Es decir, la implantación de sistemas de toma de datos donde sea necesario. De esta manera, se podrían estimar los costes de producción unitarios de cada producto según el plan de producción bajo el cual han sido procesados, llegando a calcular los márgenes de venta de cada tipo de producto y finalmente poder eliminar aquellos productos cuya fabricación carezca de sentido. Esto parece lógico cuando el 14% de los productos que conforman la cartera son el 80% del total fabricado.

7 ANEXO

7.1 Experimento “pérdida de masa debido al proceso de deshuesado”

Experimento para el estudio de la pérdida de masa debido al proceso de deshuesado. Existe a su vez una ganancia de masa que se debe a la absorción de salmuera por la aceituna tras el deshuesado. Para el estudio se han pesado un conjunto de aceitunas antes y después del deshuesado. Se han seleccionado aceitunas hojiblanca del calibre 380/400 y los resultados se han extrapolado al resto de calibres. A priori, no es esperable variaciones significativas del porcentaje de pérdida de masa al variar el calibre de la aceituna manteniéndose la variedad de la misma (la planta de negras trabaja con la variedad hojiblanca en un 70%).

Tabla de datos:

Tabla 7-1 Masa aceitunas antes y después del deshuesado en gramos

	LISAS	DESHUESADAS
1	2,5	2,1
2	2,9	1,7
3	2,5	2
4	2,5	2
5	2,7	1,9
6	2,8	2
7	3	1,7
8	2,8	1,7
9	2,9	1,9
10	2,5	2
11	2,5	1,7
12	2,7	1,7
13	2,9	1,8
14	2,4	1,8
15	2,4	1,7
16	2,3	1,8
17	2,4	2

18	2,8	1,8
----	-----	-----

Tabla 7-2 Masa medias deshuesadas y sin deshuesar

Masa media lisas (Hojiblanca 380/400) (gr)	2,638888889
Masa media deshuesadas (Hojiblanca 380/400) (gr)	1,85
N° experimentos	18

Tabla 7-3 Valor máximo, medio y esperado según calibre

Valor medio esperado según calibre (gr)	2,564102564
Valor máximo esperado según calibre (gr)	2,631578947
Valor mínimo esperado según calibre (gr)	2,5

Tabla 7-4 Otros valores estadísticos

% aceitunas fuera rango teórico	66,67%
Valor máximo aceptando 10% error (gr)	2,887989204
Valor mínimo aceptando 10% error (gr)	2,243589744
% aceitunas fuera rango II	0,00%

Finalmente concluimos que el porcentaje de merma debido al proceso de deshuesado es del **29.89%**

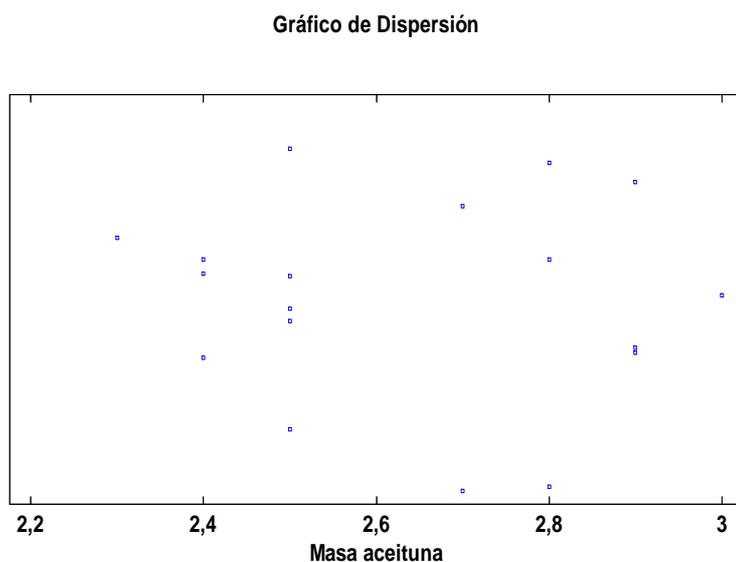


Figura 7-1 Gráfico de dispersion masa aceitunas sin deshuesar o lisas

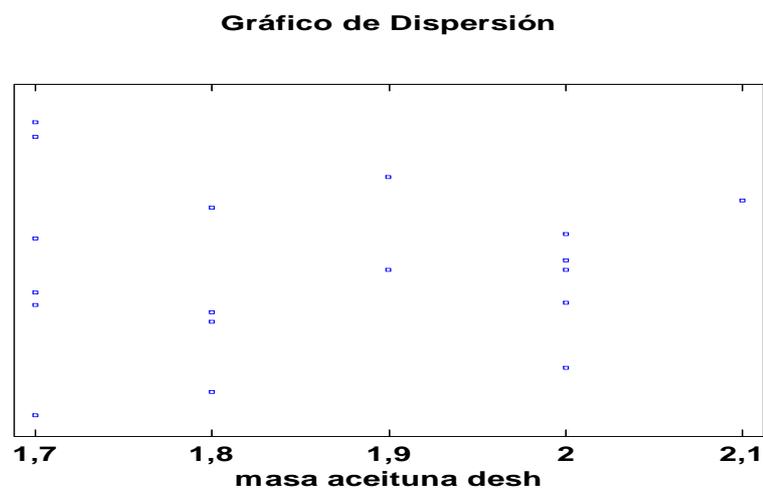


Figura 7-2 Gráfico de dispersion masa aceitunas deshuesadas

En el siguiente gráfico se remarca la variedad contemplada en el presente experimento dentro del muestreo llevado a cabo en el estudio “Variabilidad de la aceituna en el banco de germoplasma mundial de oliva del IFAPA”.

Se muestra peso medio, relación pulpa/hueso y el porcentaje de aceite, para una muestra de 398 variedades plantadas entre 1987 y 1999 y en condiciones de riego durante el período 189/90-2005/06, remarcando en rojo donde situaría la variedad hojiblanca de calibre 380/400, que dentro de las procesadas en la fábrica ha sido la más empleada para el presente estudio (en la planta se procesan dos variedades de aceitunas, hojiblanca y manzanilla, en una relación 70% hojiblanca y 30% manzanilla). Con ello simplemente se pretende situar esta aceituna dentro del espectro mundial de aceitunas:

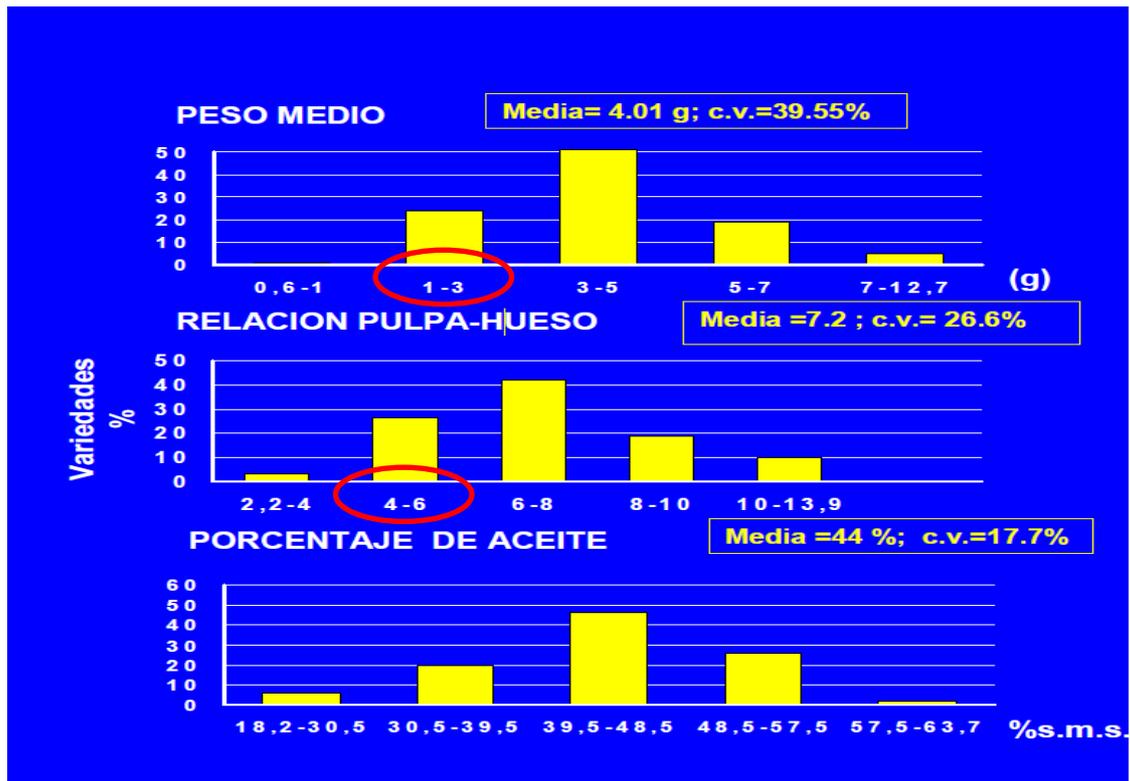


Figura 7-3 Variabilidad de la aceituna

7.2 Análisis de la etapa de oxidación

Se realizan dos análisis distintos, uno para la situación actual con 24 pilones y otro para la posible situación futura con 32 pilones. Cada uno de los análisis, a su vez, se dividirá en 3 partes:

- Oxidación con un lavado (oxidación con lavado simple)
- Oxidación con doble lavado
- Oxidación compuesta: 70% lavado simple, 30% doble lavado

Tabla 7-5 Datos entrada análisis etapa oxidación

O.E.E (etapa OXID.)	92,20%
Nº horas/turno	8
Capacidad pilón [kg]	13200
Merma total ponderada sistema	46,89%

7.2.1 Oxidación con un lavado (oxidación con lavado simple)

Para realizar este análisis se ha descompuesto la etapa en 17 sub-etapas facilitando de esta manera la estimación de tiempos por parte de los profesionales que trabajan en el área. La estimación de tiempos se ha realizado de la siguiente manera, como muestra la siguiente tabla:

Tiempos expresados en minutos

Tabla 7-6 Sub-etapas de la etapa de oxidación y duración (oxidación con lavado simple)

Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista
1	Llenado previo	10	12	15
2	Llenado del pilón	60	80	120
3	Extracción de salmuera	25	30	35
4	Llenado con sosa caústica	30	35	40
5	Cocido	180	240	360
6	Vaciado de sosa	30	32	35
7	Llenado agua de lavado	20	22	30
8	Lavado 1 parte I	90	120	180
9	Lavado 1 parte II	870	1080	1920
10	Vaciado agua lavado	30	32	35
11	Enjuague	3	4	5
12	Llenado agua	20	22	30
13	Fijación color I	20	25	30
14	Fijación color II	6	7	10
15	Fijación color III	75	90	120
16	Fijación color IV	240	240	240
17	Trasvase a tolva desh.	92,47	92,47	92,47

Análisis determinista

Tabla 7-7 Análisis determinista (oxidación con lavado simple)

Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista	Duración media	Desviación típica
1	Llenado previo	10	12	15	12,17	0,83
2	Llenado del pilon	60	80	120	83,33	10,00
3	Extracción de salmuera	25	30	35	30,00	1,67
4	Llenado con sosa caústica	30	35	40	35,00	1,67
5	Cocido	180	240	360	250,00	30,00
6	Vaciado de sosa	30	32	35	32,17	0,83
7	Llenado agua de lavado	20	22	30	23,00	1,67
8	Lavado 1 parte I	90	120	180	125,00	15,00
9	Lavado 1 parte II	870	1080	1920	1185,00	175,00
10	Vaciado agua lavado	30	32	35	32,17	0,83
11	Enjuague	3	4	5	4,00	0,33
12	Llenado agua	20	22	30	23,00	1,67
13	Fijación color I	20	25	30	25,00	1,67
14	Fijación color II	6	7	10	7,33	0,67
15	Fijación color III	75	90	120	92,50	7,50
16	Fijación color IV	240	240	240	240,00	0,00
17	Trasvase a tolva desh	92,47	92,47	92,47	92,47	0,00

Los resultados obtenidos son:

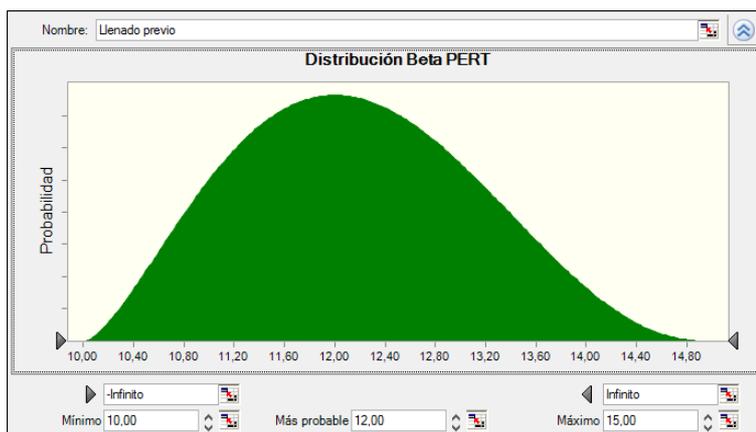
Tabla 7-8 Resultados análisis etapa oxidación (lavado simple)

Duración media de la etapa	2292,14	minutos
Desviación típica de la etapa	178,67	minutos
Nº pilones medio/hora	0,579	
Nº pilones medio/turno	4,634	

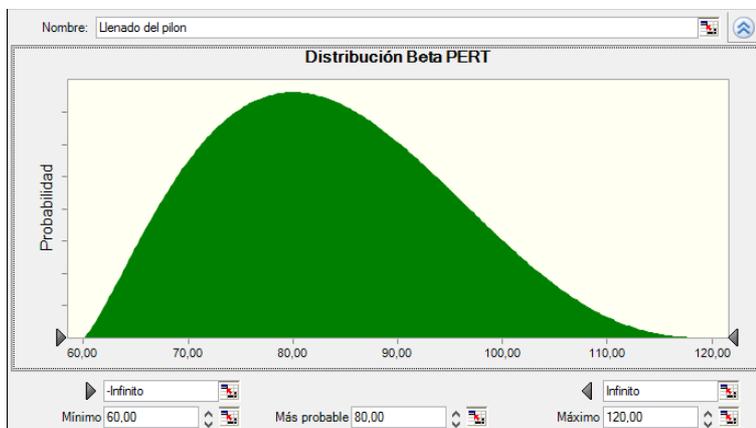
Análisis estocástico

Definición de suposiciones:

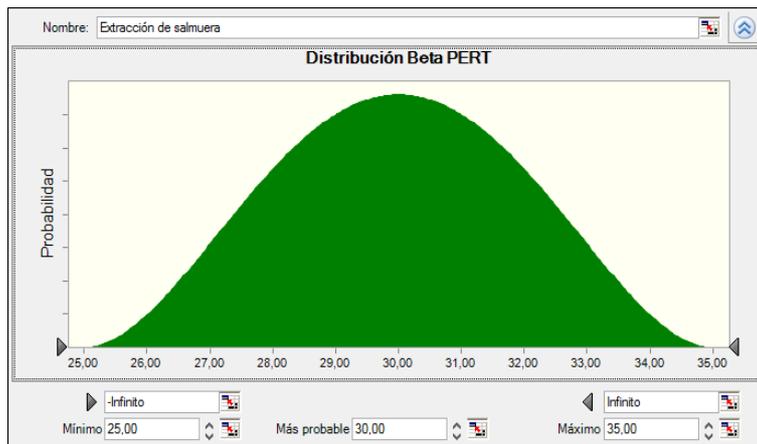
- **Llenado previo:**



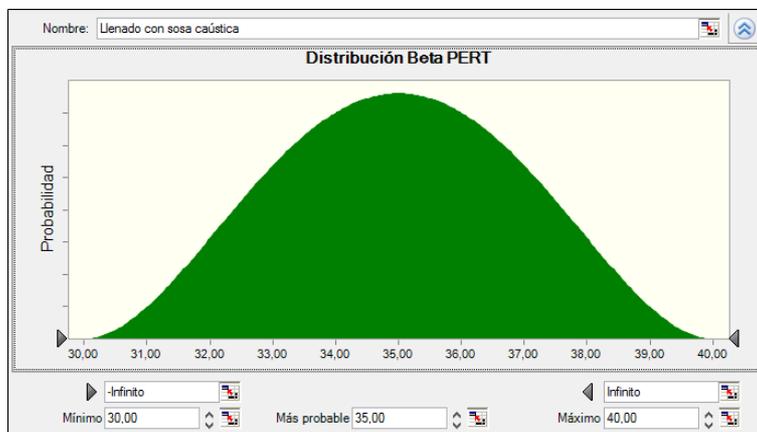
- **Llenado del pilón:**



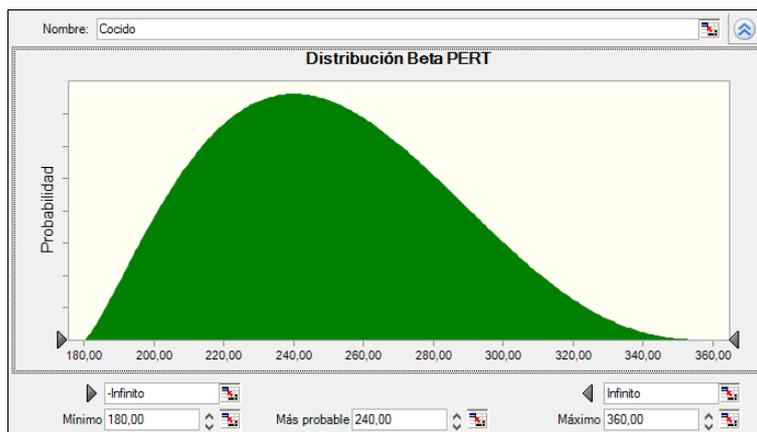
- **Extracción de salmuera:**



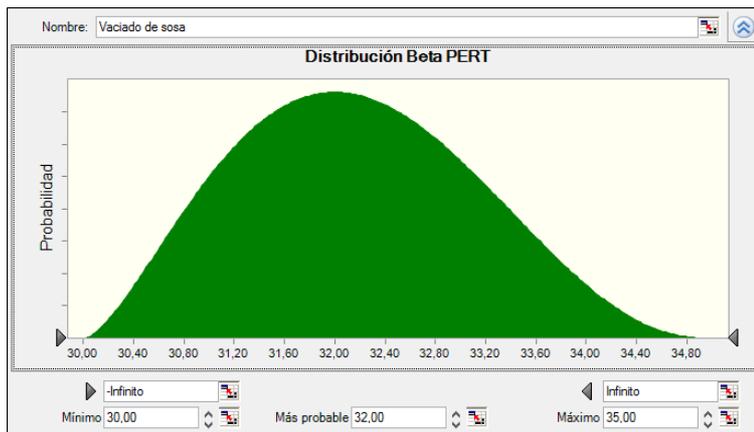
- **Llenado con sosa cáustica:**



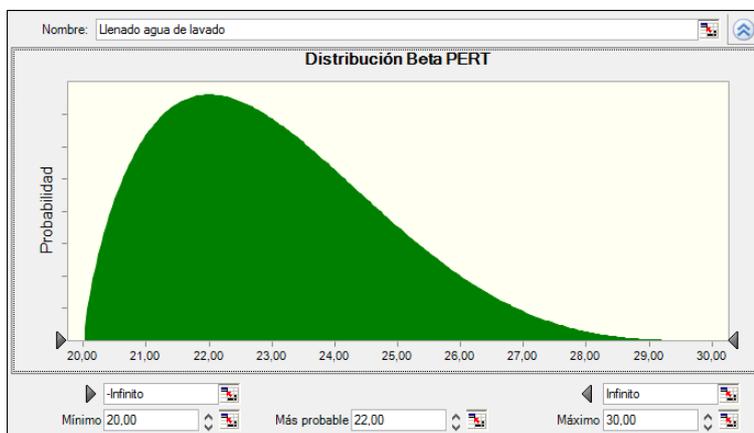
- **Cocido:**



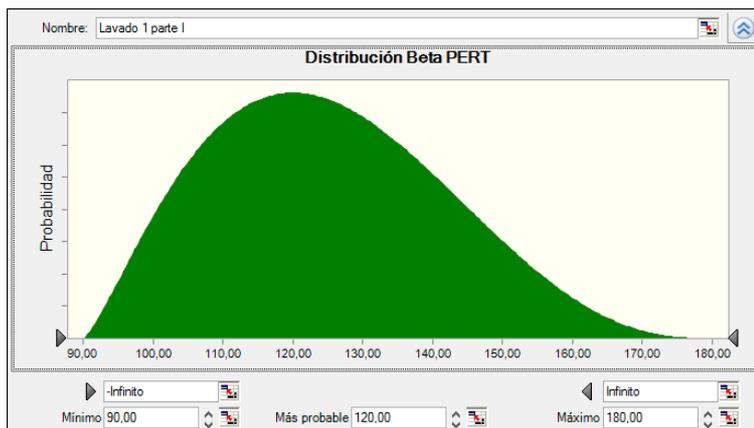
- **Vaciado de sosa:**



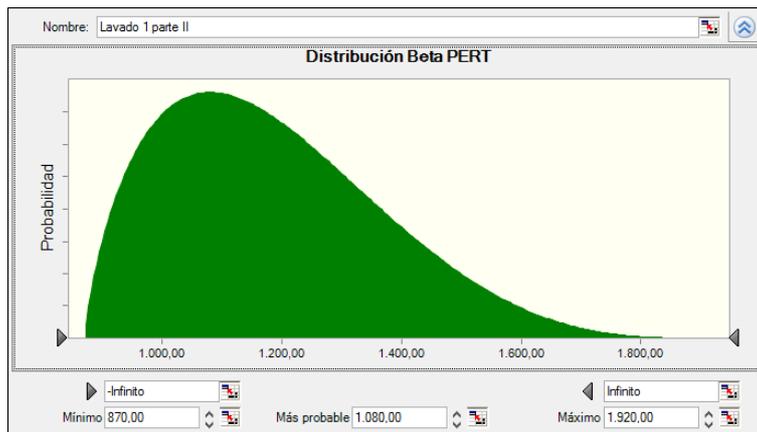
- **Llenado agua de lavado:**



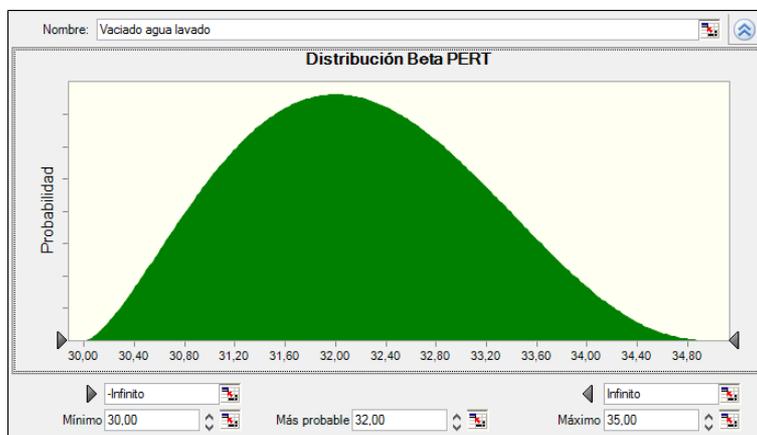
- **Lavado 1 parte I:**



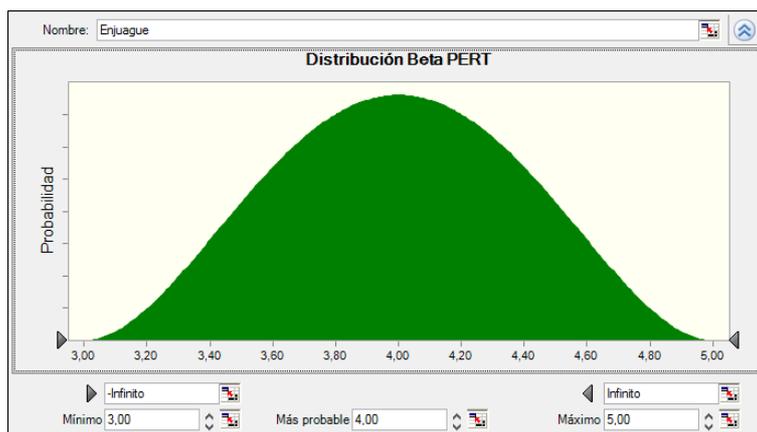
- **Lavado 1 parte II:**



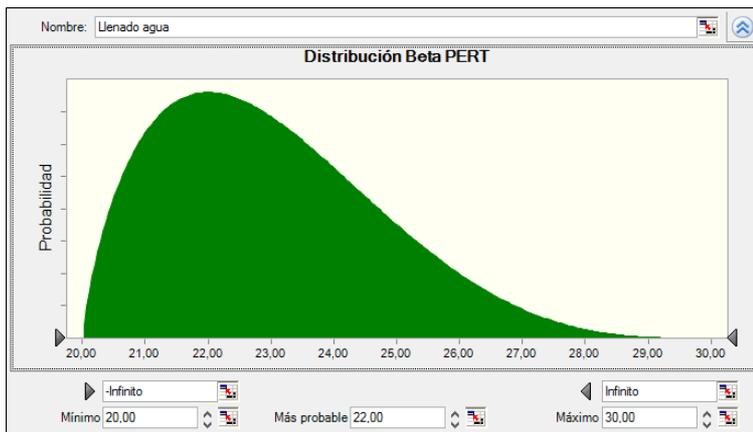
- **Vaciado agua lavado:**



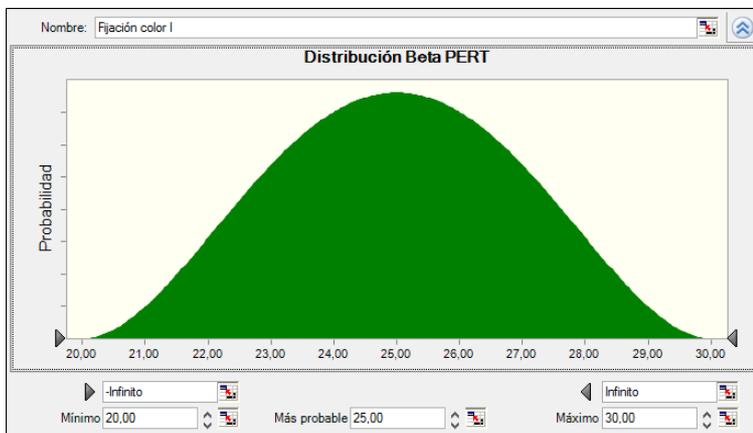
- **Enjuague:**



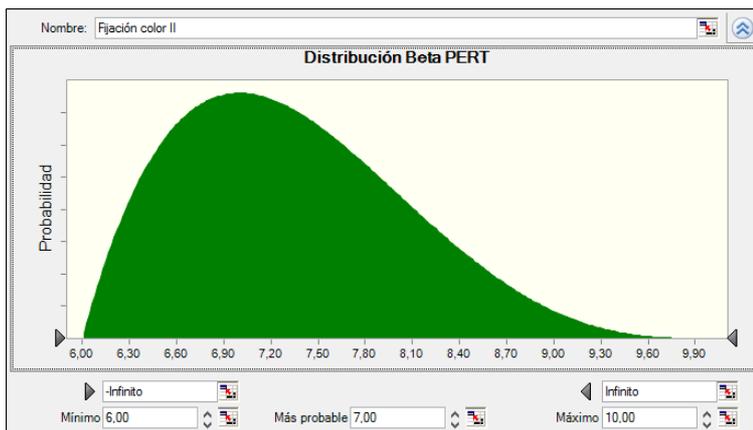
- **Llenado agua:**



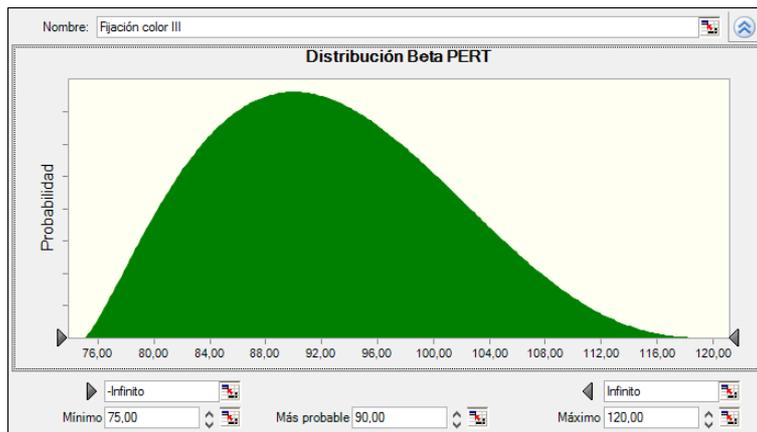
- **Fijación color I:**



- **Fijación color II:**



- **Fijación color III:**



- **Fijación color IV:** Consideramos un tiempo fijo para esta etapa de **240 minutos (4 horas)**
- **Trasvase a tolva desh:** Para la estimación del tiempo de esta sub-etapa, ante la incapacidad del personal de la planta de estimar esta duración, se realizó un experimento consistente en el llenado de una tolva de deshuesado desde un pilón concreto. Para poder extrapolar los datos de este experimento concreto al comportamiento general del trasvase de aceitunas desde los pilones se hicieron una serie de suposiciones que permitieron la simplificación del cálculo que de forma exacta resultaba desde un punto de vista físico muy complejo debido a las condiciones de este sub-proceso.

El desarrollo del cálculo se encuentra desarrollado en el **apartado 7.6**.

Tiempo estimado: 92,47 minutos

Los resultados obtenidos para la etapa de oxidación con lavado simple fueron:

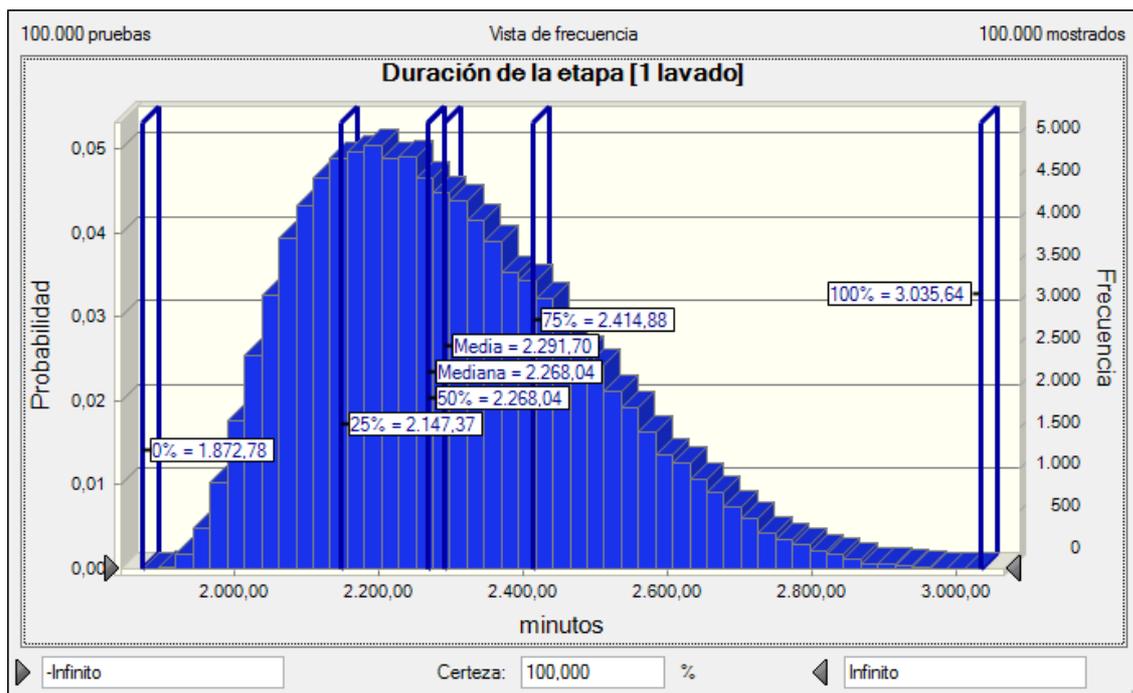


Figura 7-4 Resultados duración etapa de oxidación lavado simple

La duración más probable es 2.211,1 minutos (36,85 horas)

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación simple:

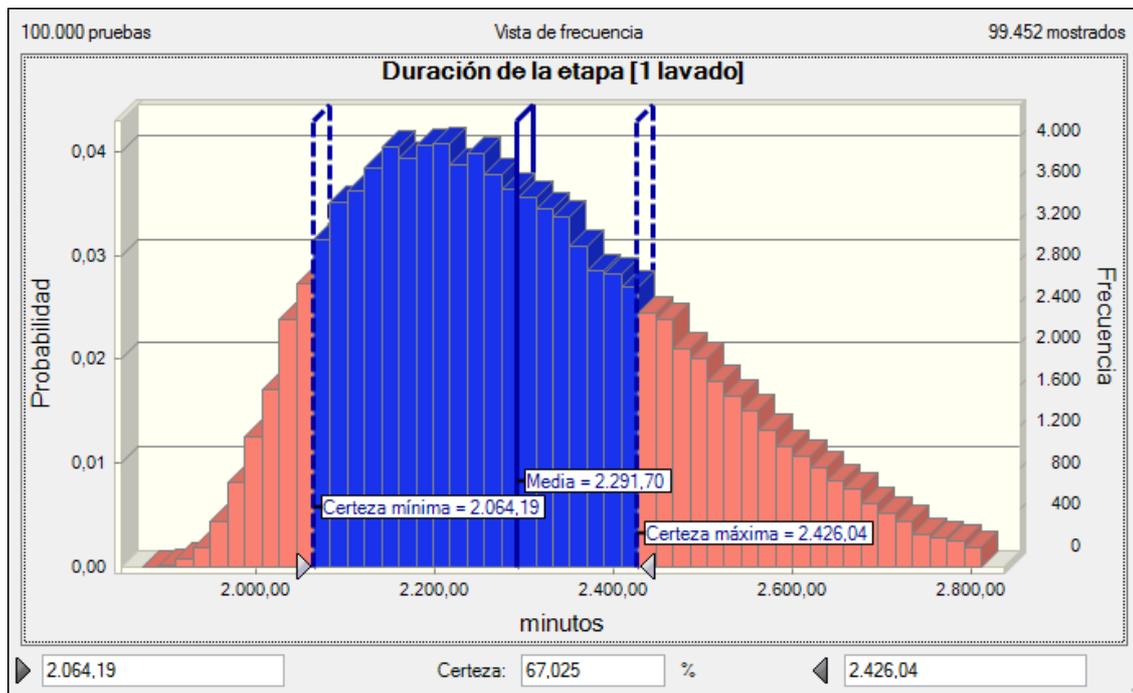


Figura 7-5 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple

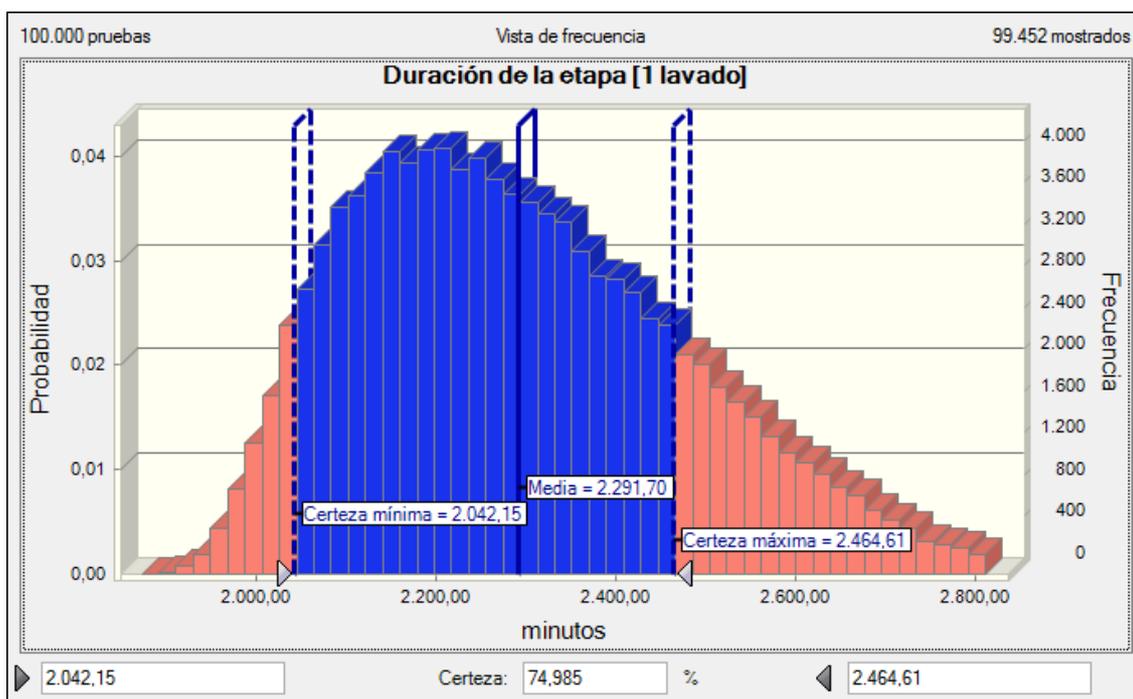


Figura 7-6 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple

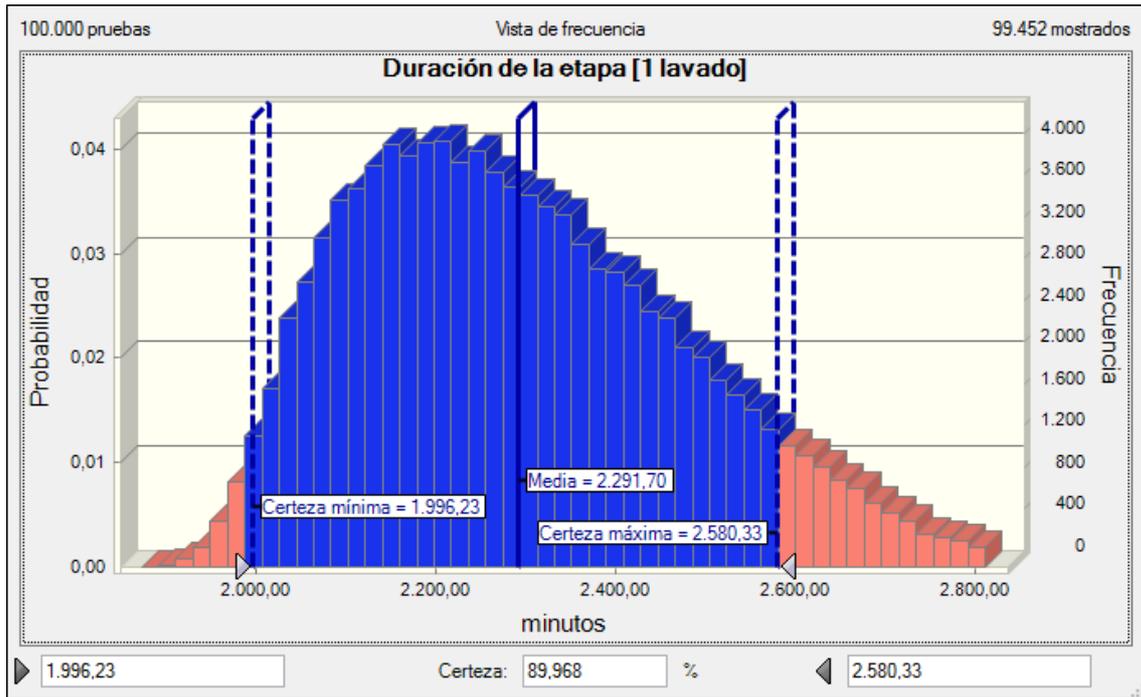


Figura 7-7 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple

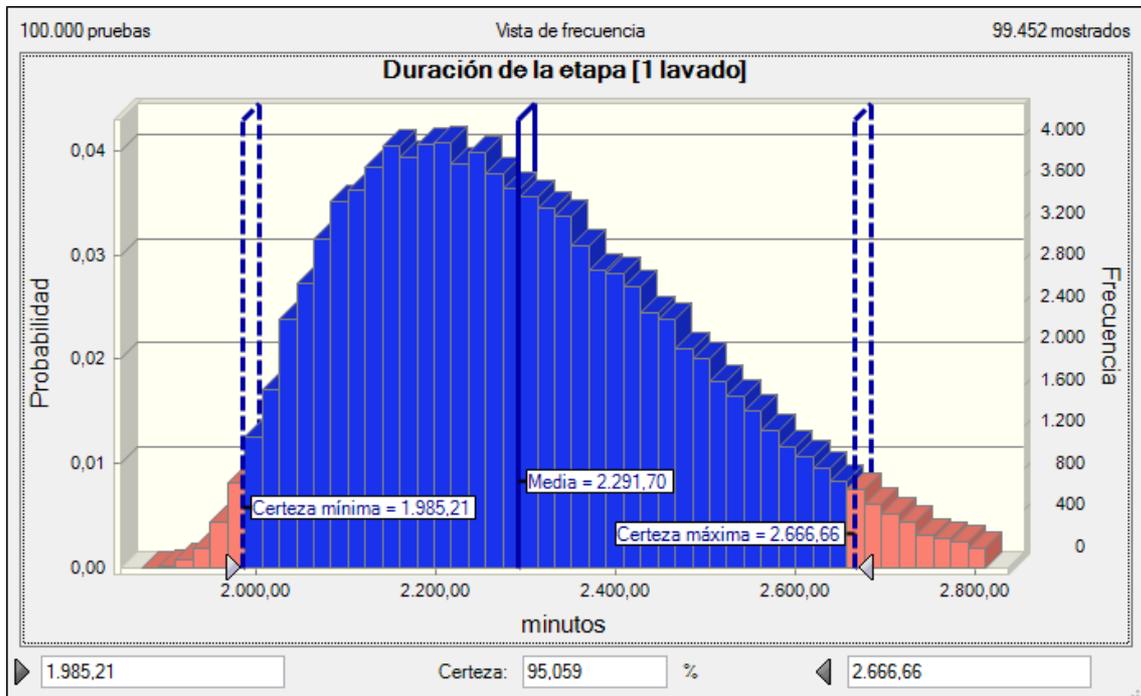


Figura 7-8 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple

Nº pilones por turno [1 lavado]: (Depende del número de pilones)**1. Situación actual (24 pilones):**

Tabla 7-9 Datos entrada etapa oxidación simple 24 pilones

DATOS	
O.E.E (etapa OXID.)	92,20%
Nº pilones	24
Nº horas/turno	8

Resultado:

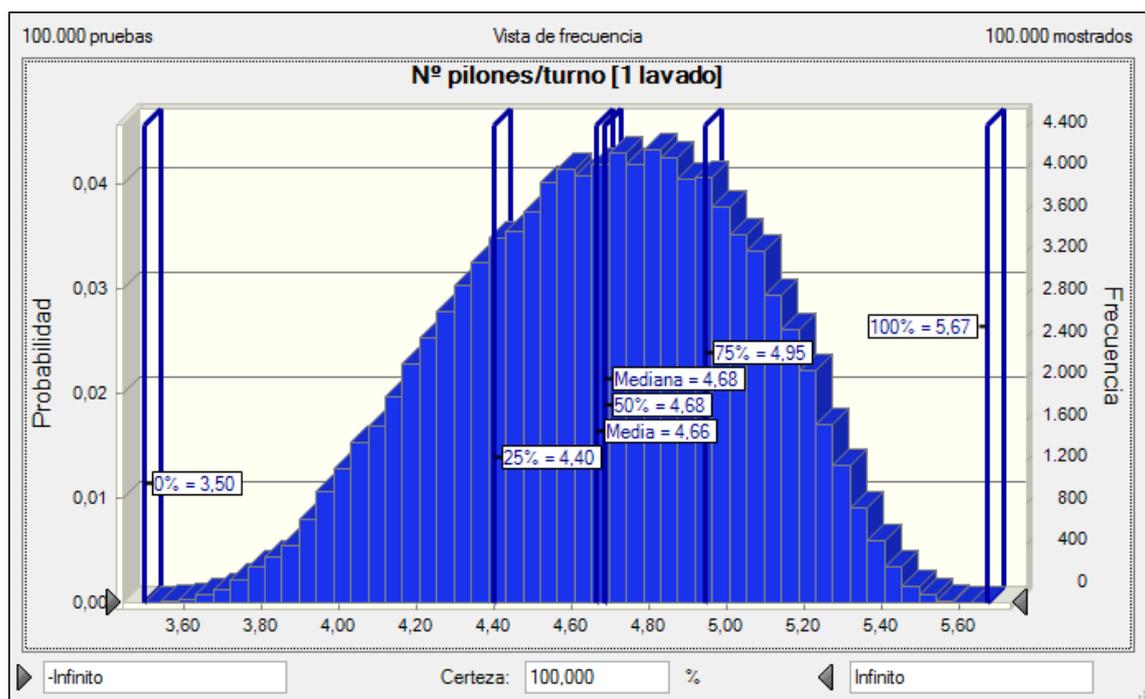


Figura 7-9 Nº pilones por turno oxidación simple

El número de pilones por turno más probable es **4,804**.

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación simple:

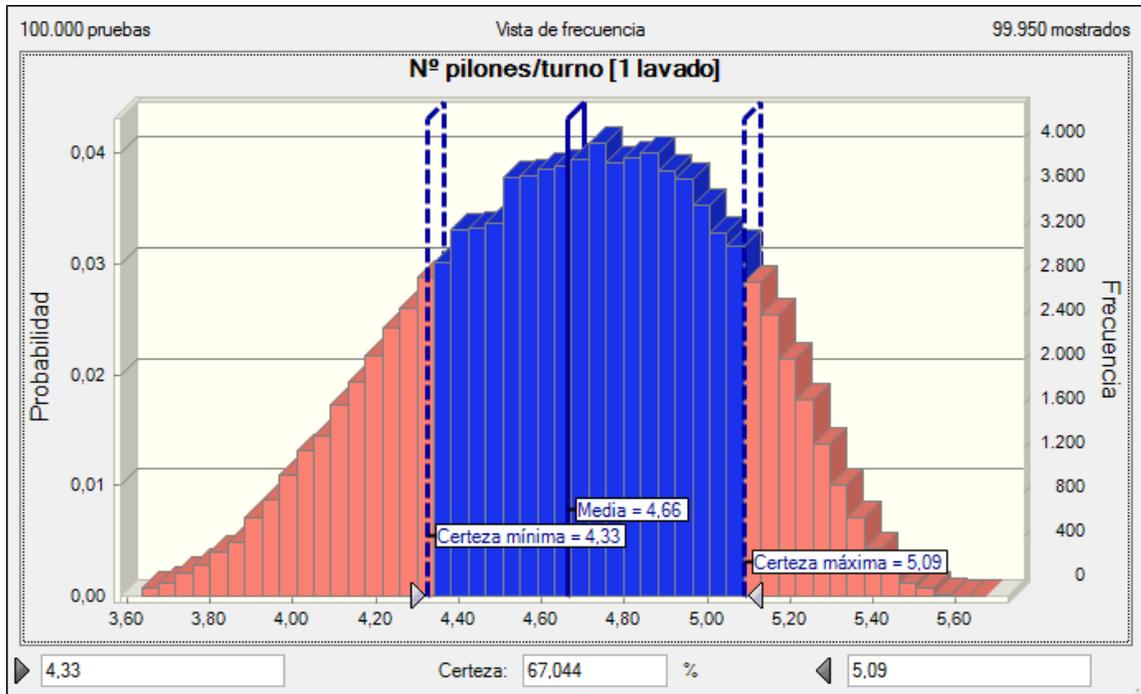


Figura 7-10 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple

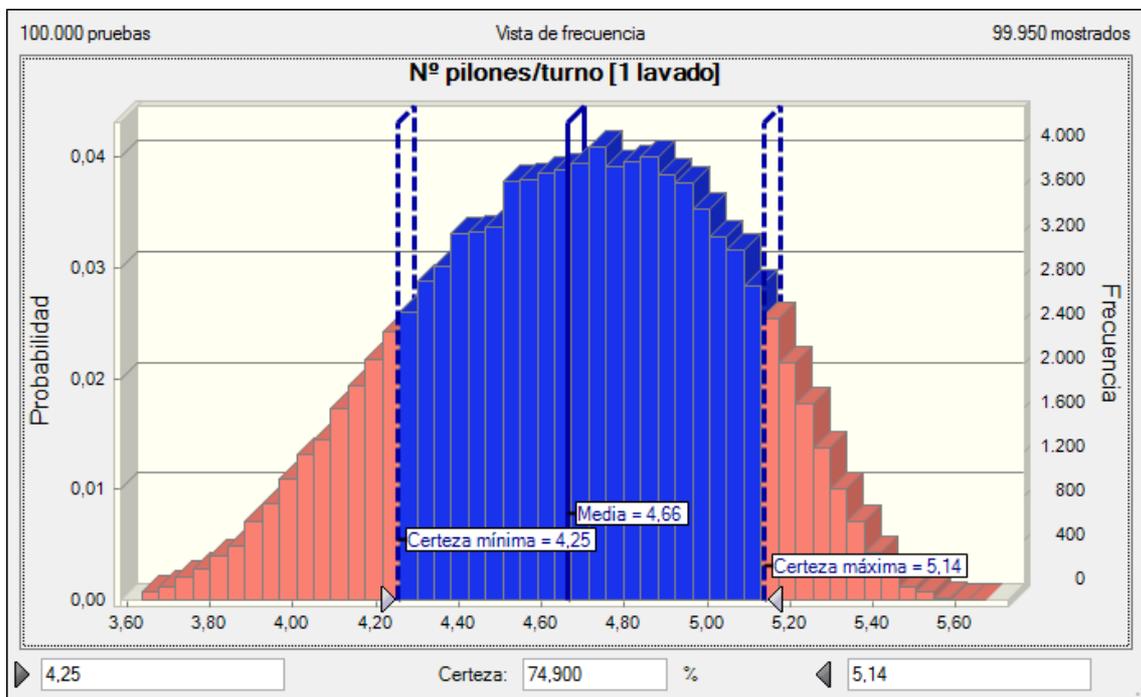


Figura 7-11 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple

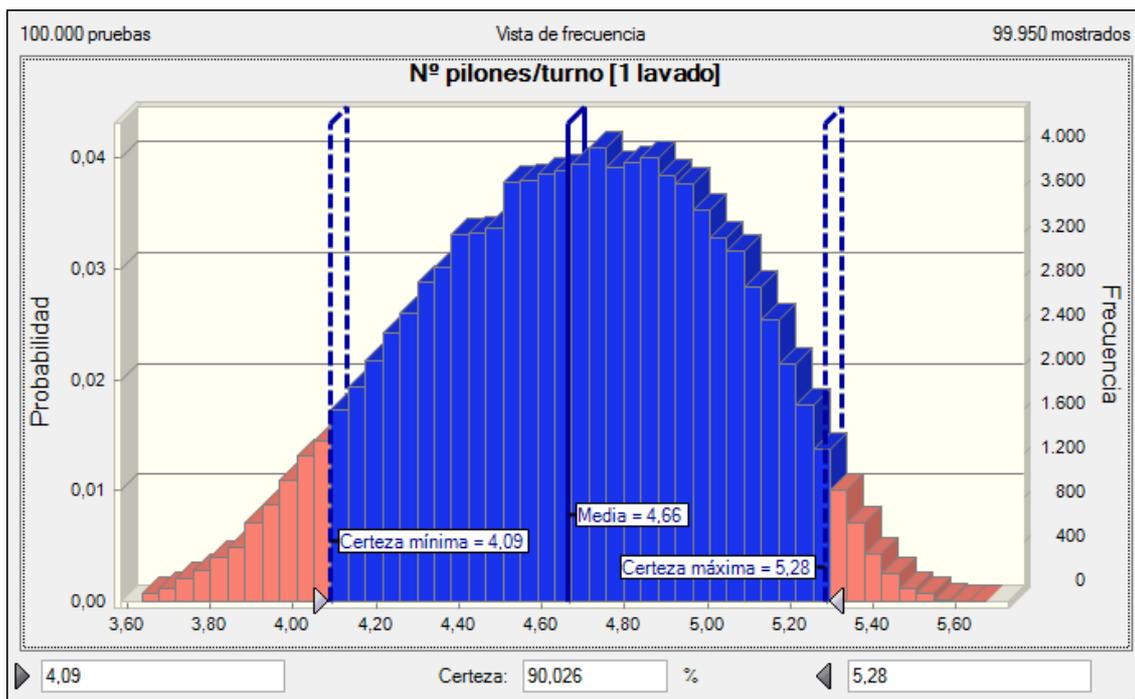


Figura 7-12 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple

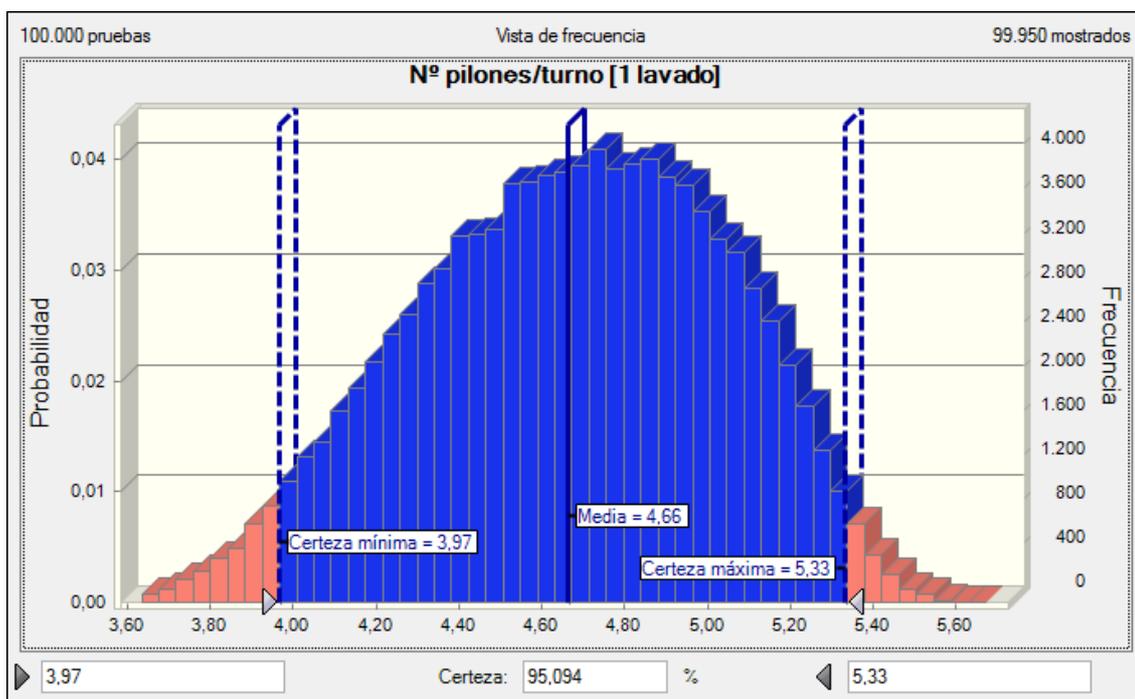


Figura 7-13 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple

Probabilidad de que el nº de pilones por turno sea mayor de:

De 3,5 pilones por turno:

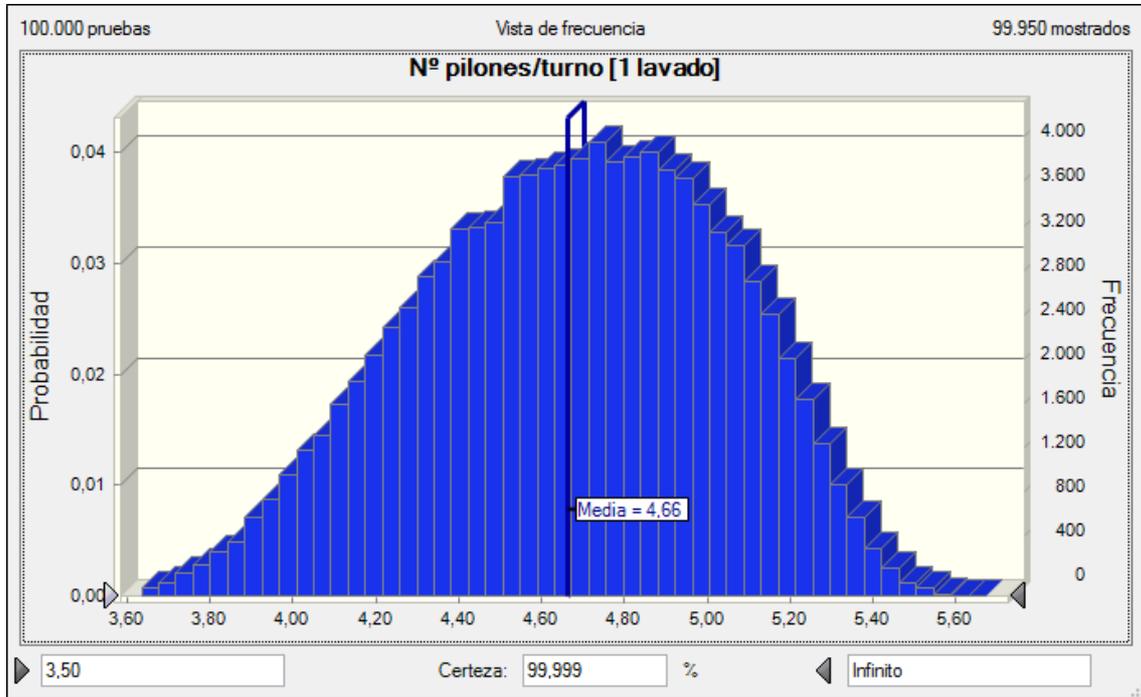


Figura 7-14 Probabilidad nº pilones por turno superior a 3,5

De 4 pilones por turno:

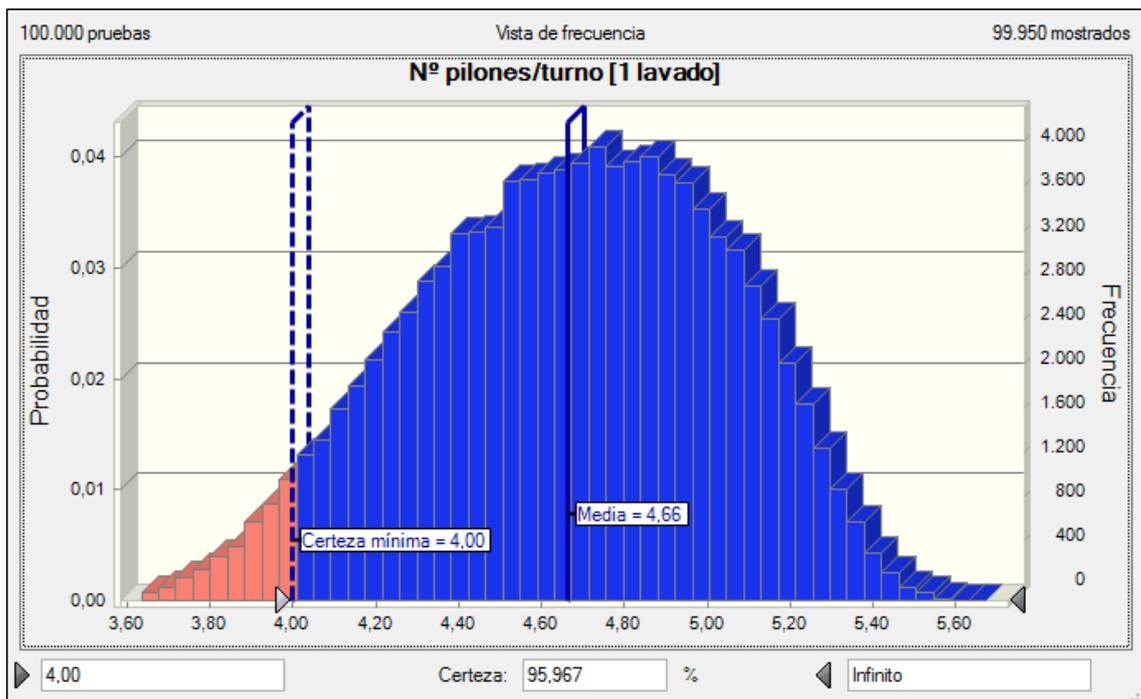


Figura 7-15 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4

De 4,5 pilones por turno:

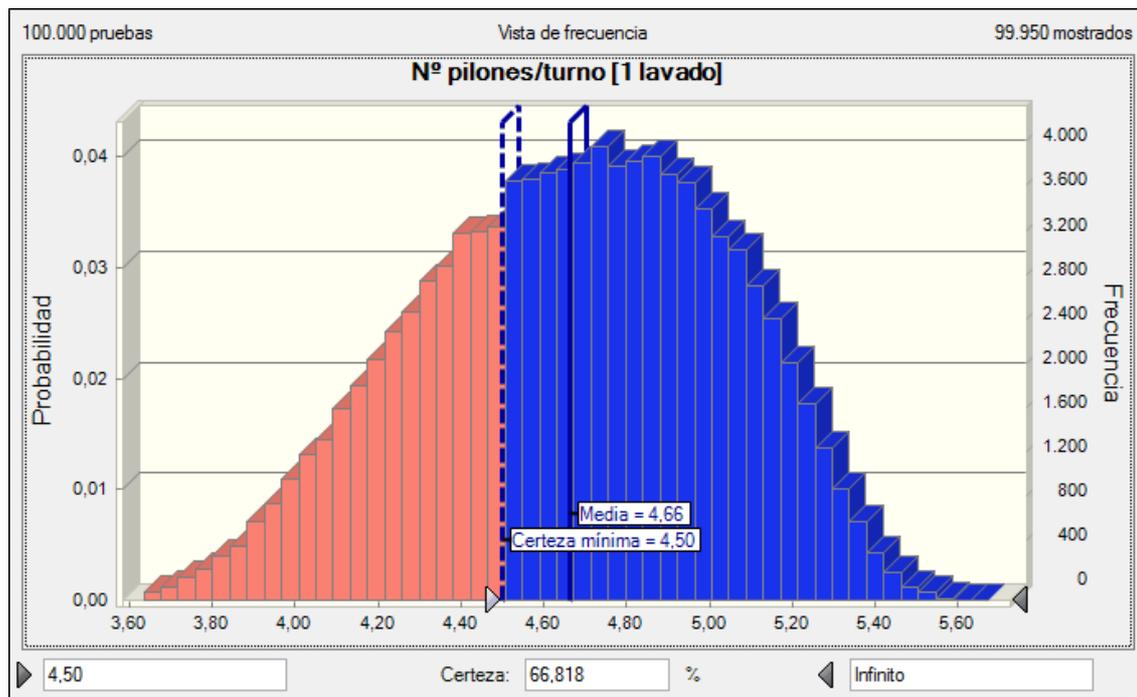


Figura 7-16 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4,5

De 5 pilones por turno:

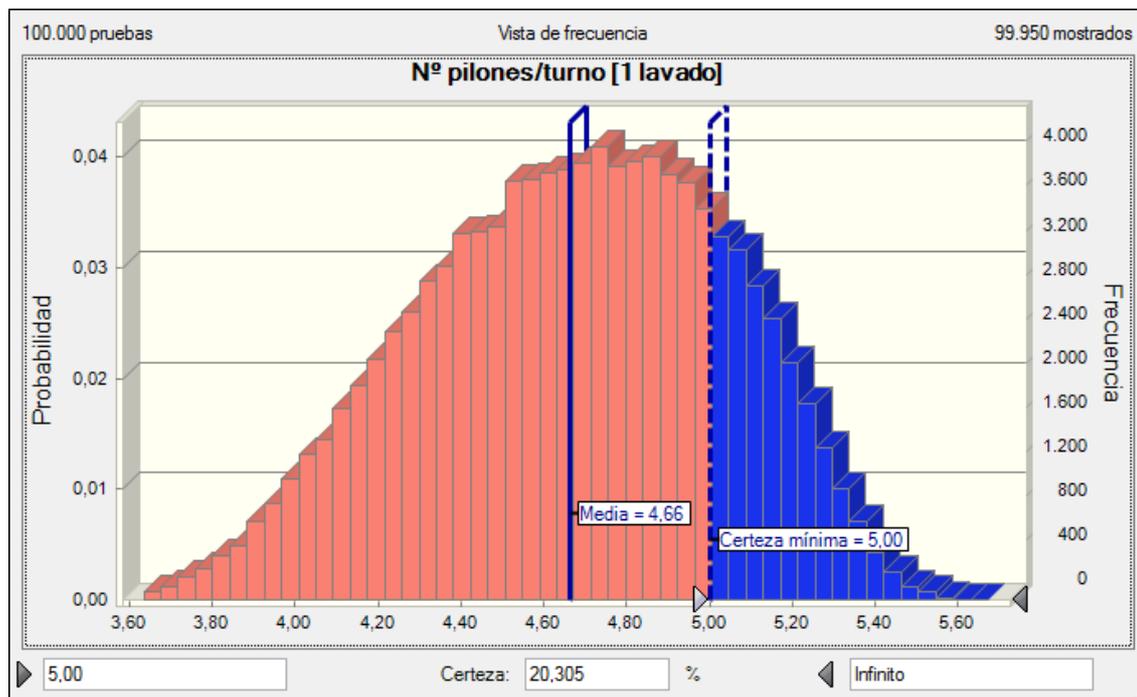


Figura 7-17 Probabilidad nº pilones por turno superior a 5

De 5,5 pilones por turno:

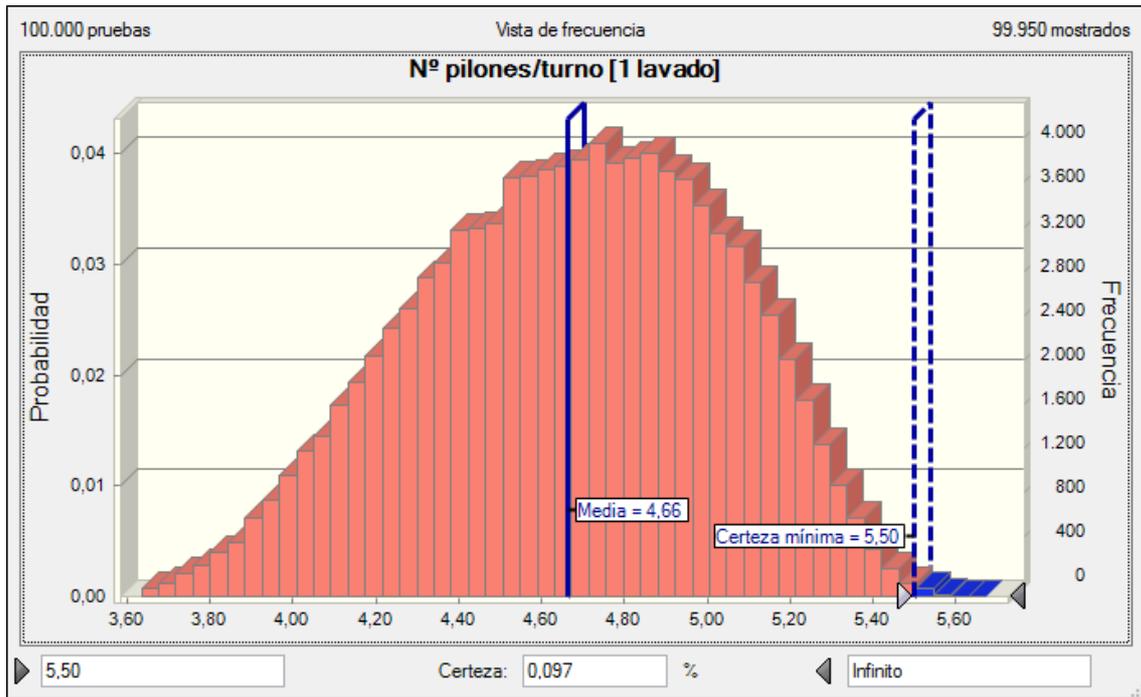


Figura 7-18 Probabilidad nº pilones por turno superior a 5,5

2. Situación futura propuesta (32 pilones):

Tabla 7-10 Datos entrada etapa oxidación simple 32 pilones

DATOS	
O.E.E (etapa OXID.)	92,20%
Nº pilones	32
Nº horas/turno	8

Resultado:

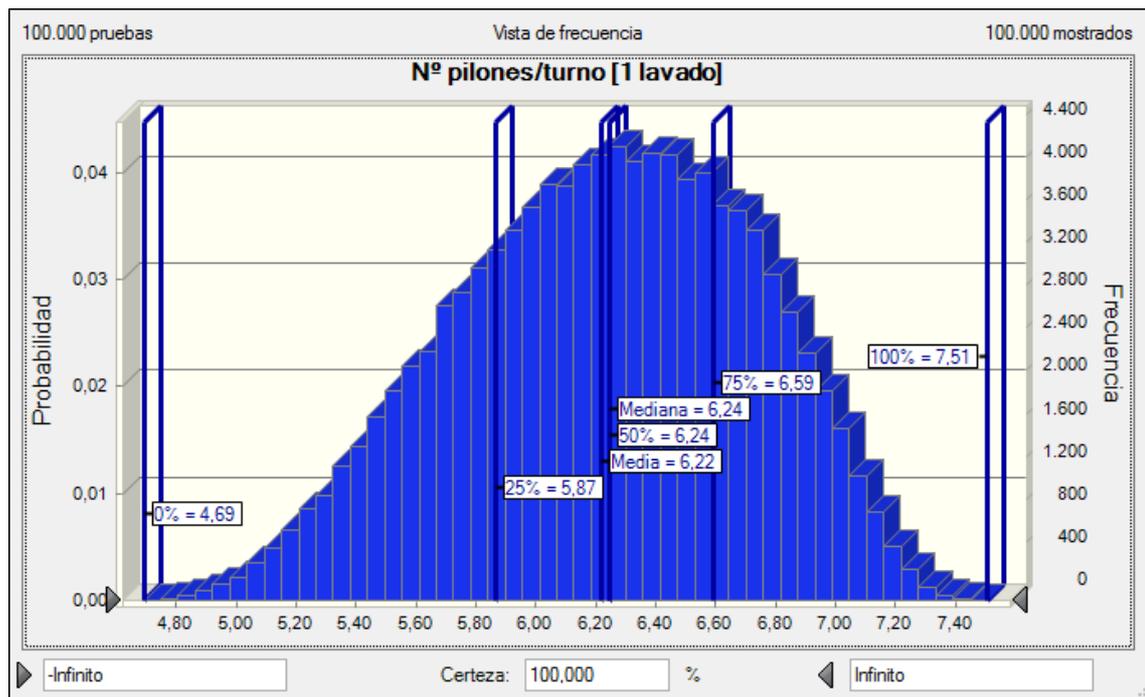


Figura 7-19 Nº pilones por turno oxidación simple 32 pilones

El número de pilones por turno más probable es **6,405**.

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación simple:

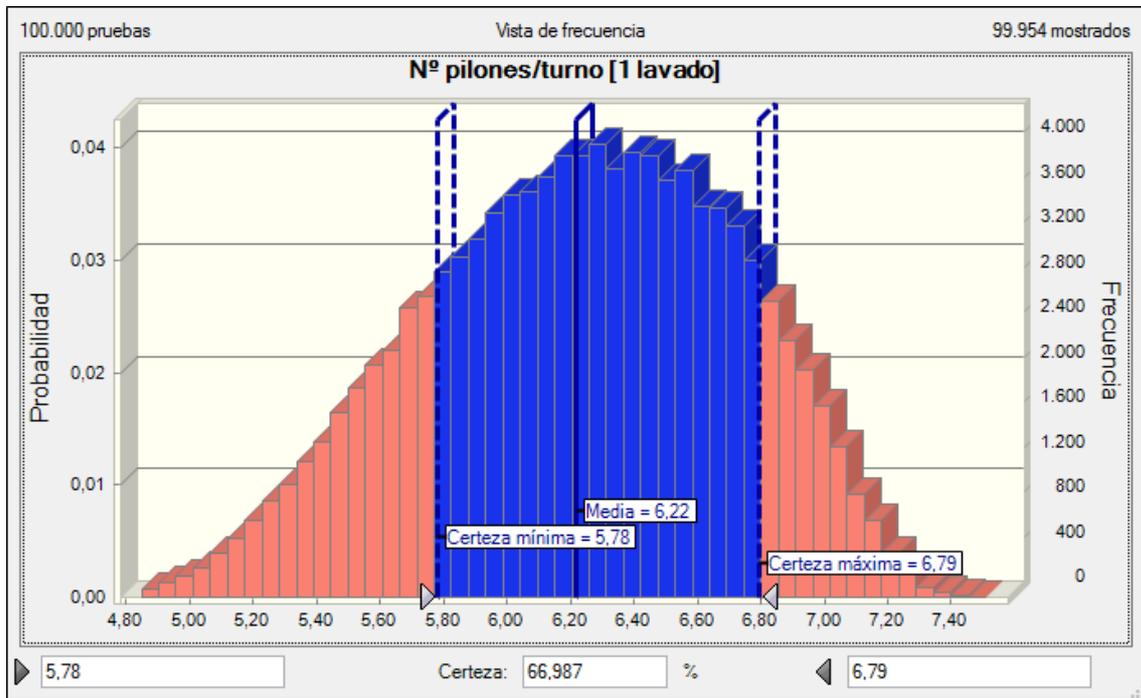


Figura 7-20 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación simple 32 pilones

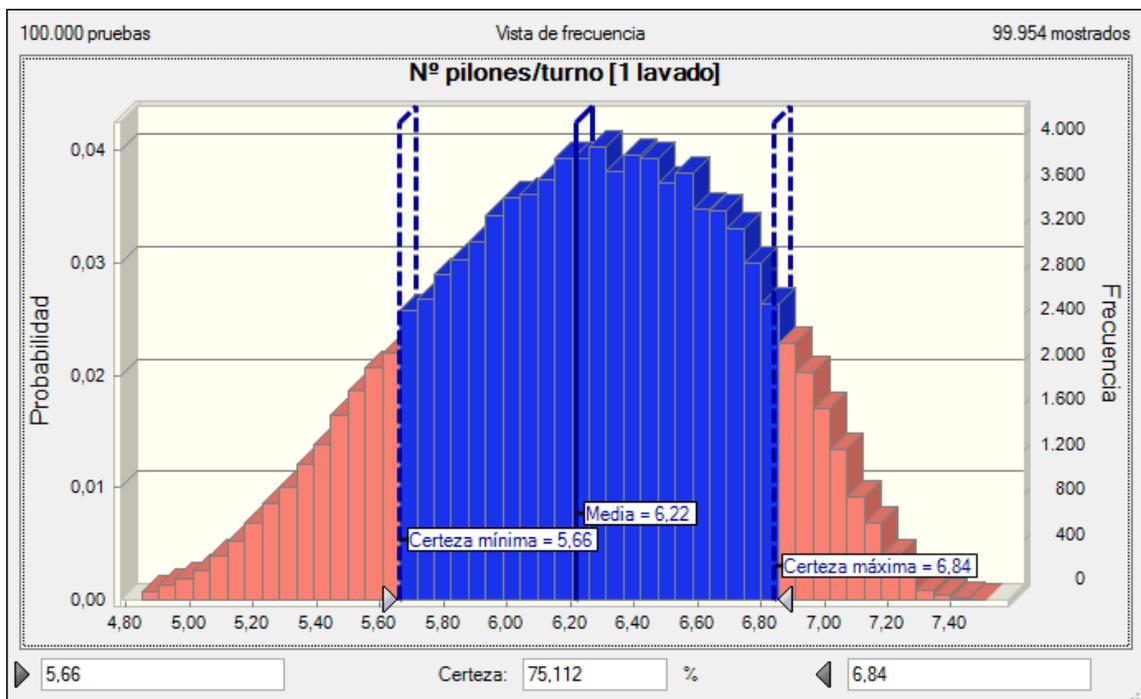


Figura 7-21 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación simple 32 pilones

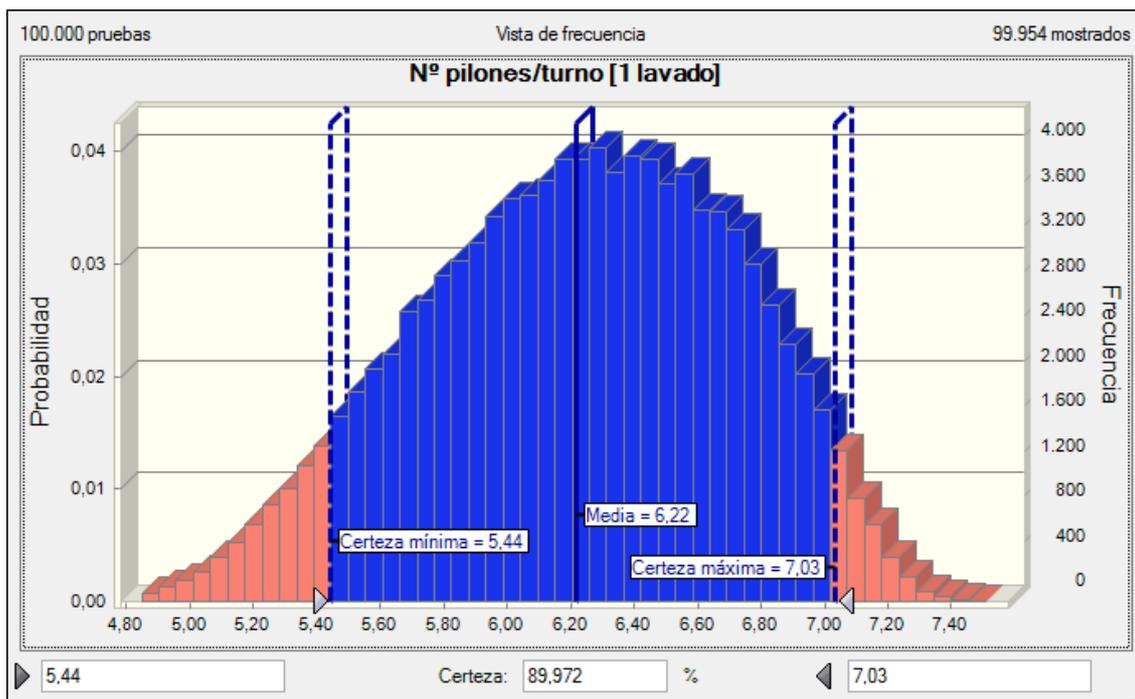


Figura 7-22 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación simple 32 pilones

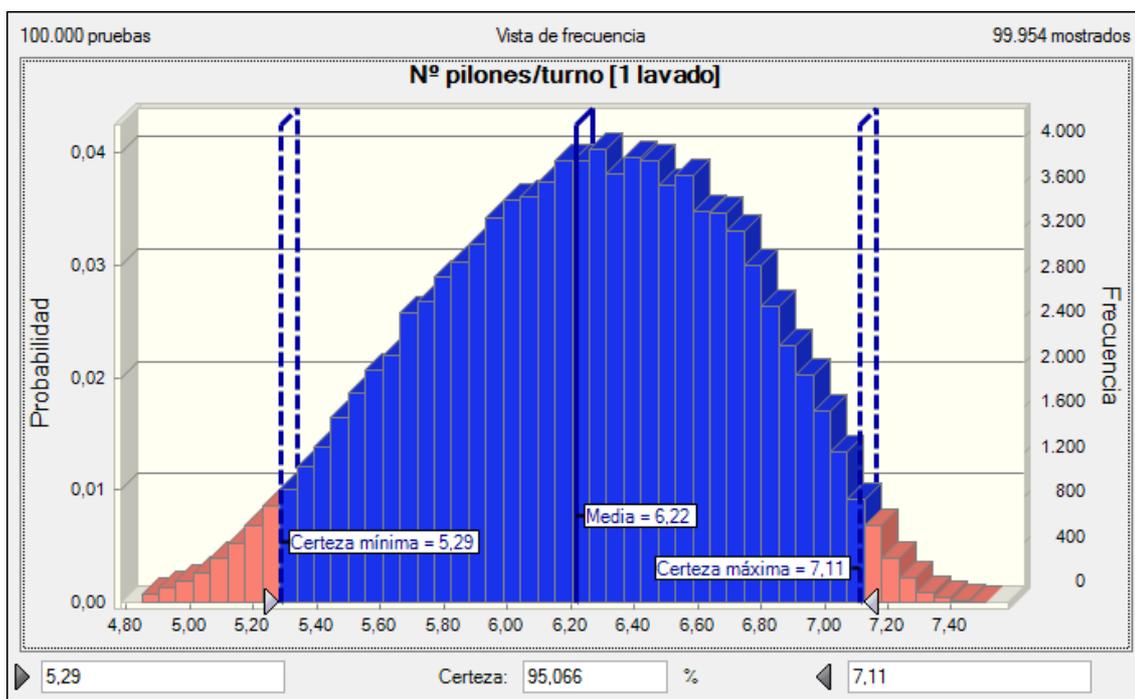


Figura 7-23 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación simple 32 pilones

Probabilidad de que el nº de pilones por turno sea mayor de:

De 5 pilones por turno:

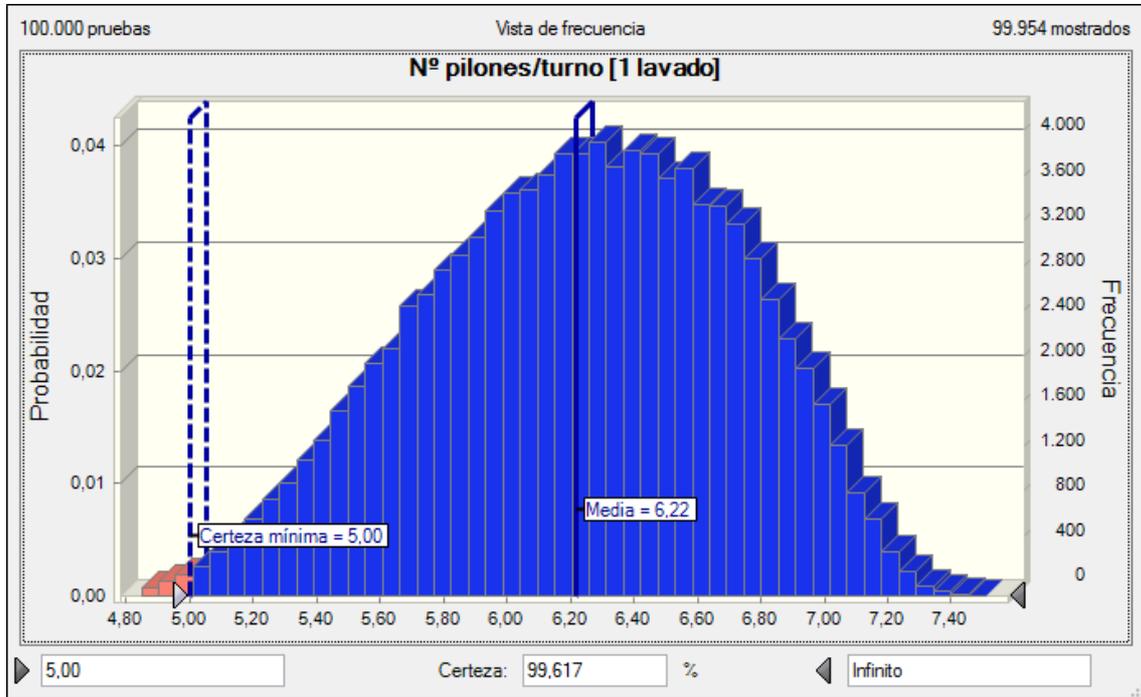


Figura 7-24 Probabilidad nº pilones por turno superior a 5 con 32 pilones

De 5,5 pilones por turno:

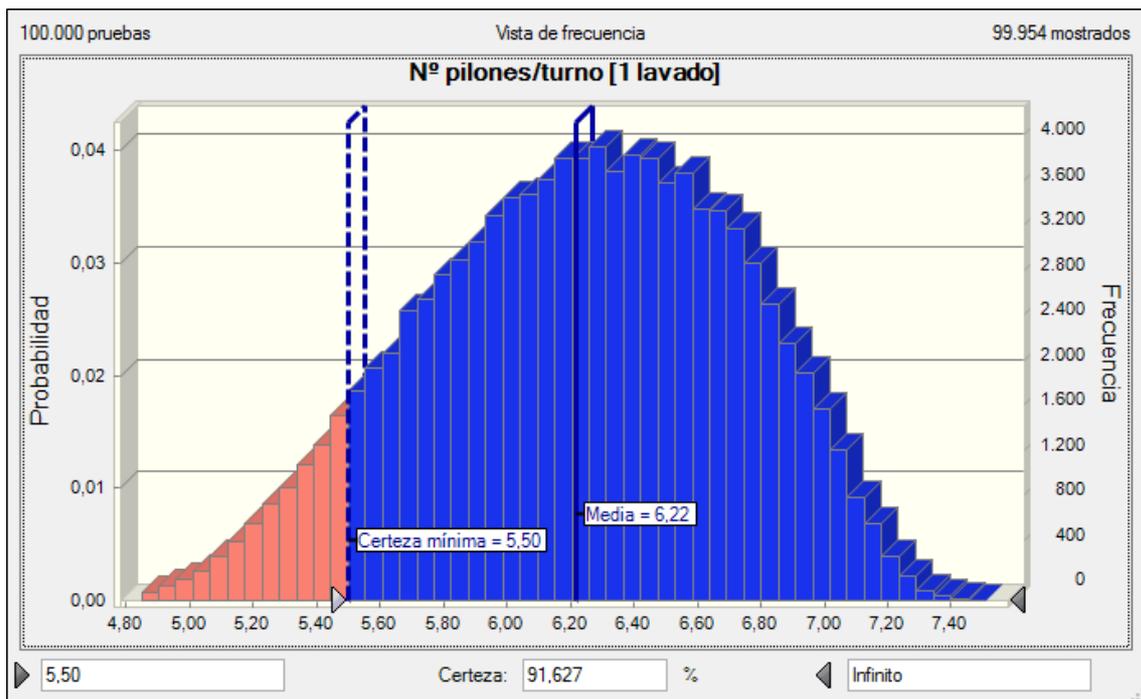


Figura 7-25 Probabilidad nº pilones por turno superior a 5,5 con 32 pilones

De 6 pilones por turno:

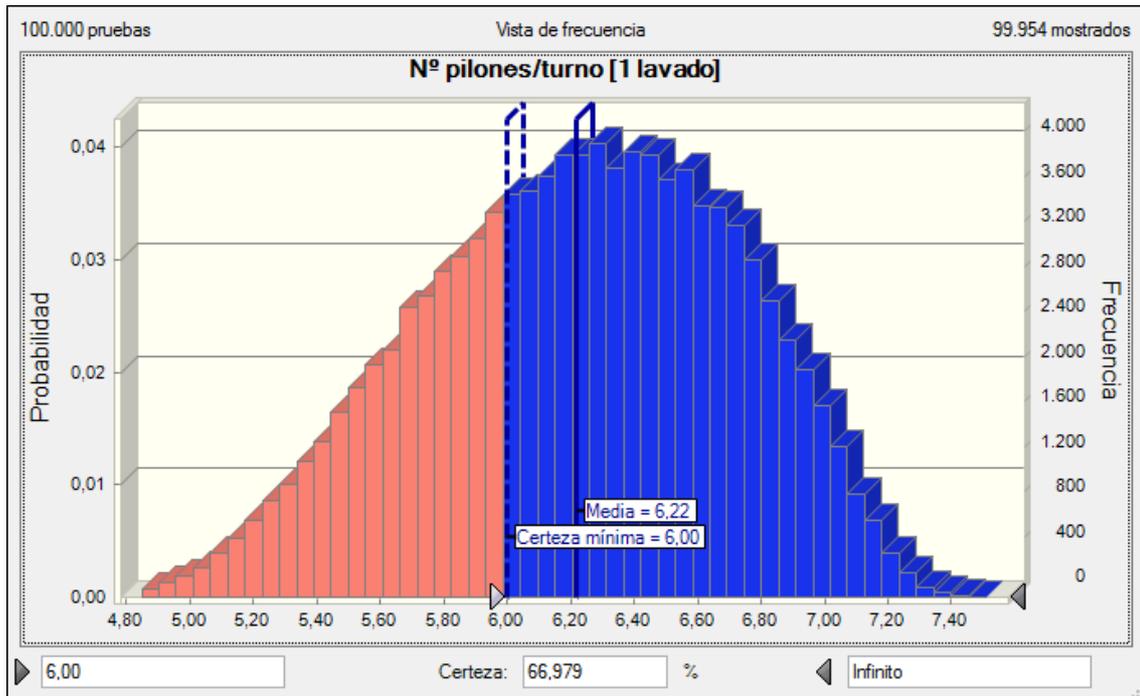


Figura 7-26 Probabilidad nº pilones por turno superior a 6 con 32 pilones

De 6,5 pilones por turno:

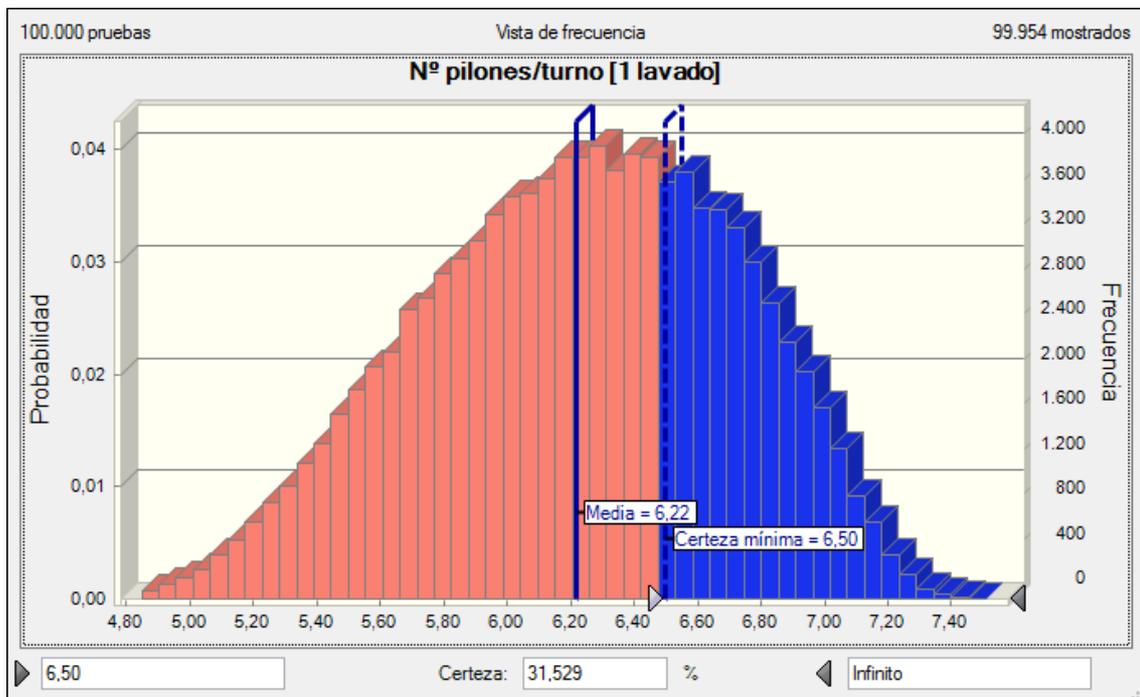


Figura 7-27 Probabilidad nº pilones por turno superior a 6,5 con 32 pilones

De 7 pilones por turno:

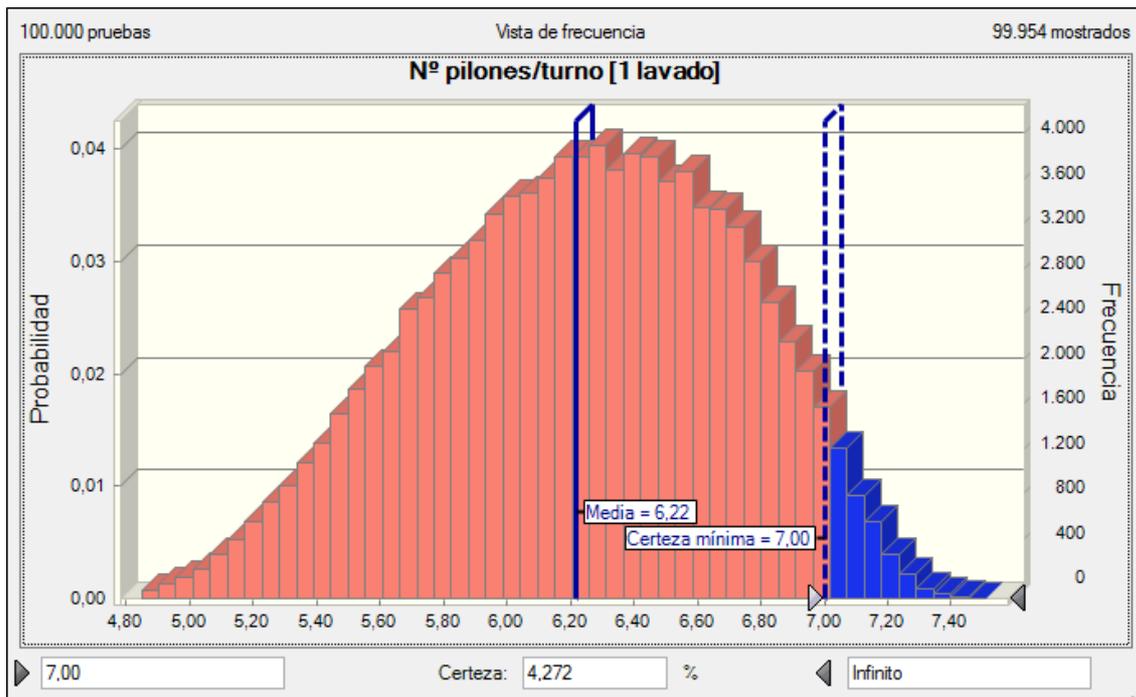


Figura 7-28 Probabilidad nº pilones por turno superior a 7 con 32 pilones

De 7,5 pilones por turno:

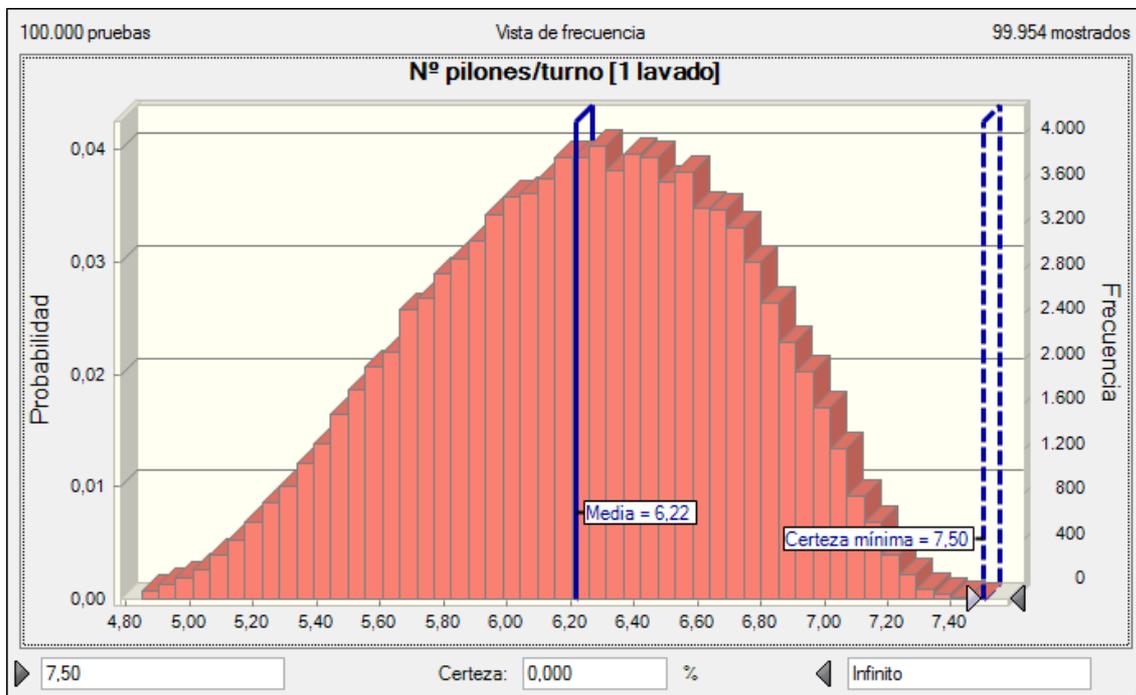


Figura 7-29 Probabilidad nº pilones por turno superior a 7,5 con 32 pilones

Para la realización del proyecto se realizaron simulaciones para conocer el comportamiento de la etapa de oxidación en los escenarios futuros de 30 y 40 pilones. No se incluyen en el presente documento porque no se considera relevante ni necesario para entender el proyecto de optimización del sistema de producción.

7.2.2 Oxidación con doble lavado

Descomposición en sub-etapas: (tiempos en minutos)

Tabla 7-11 Duración sub-etapas oxidación con doble lavado

Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista
1	Llenado previo	10	12	15
2	Llenado del pilon	60	80	120
3	Extracción de salmuera	25	30	35
4	Llenado con sosa caústica	30	35	40
5	Cocido	180	240	360
6	Vaciado de sosa	30	32	35
7	Llenado agua de lavado	20	22	30
8	Lavado 1 parte I	90	120	180
9	Lavado 1 parte II	435	540	960
10	Vaciado agua lavado	30	32	35
11	Llenado agua de lavado II	20	22	30
12	Lavado 2 parte I	90	120	180
13	Lavado 2 parte II	870	1080	1920
14	Vaciado agua lavado II	30	32	35
15	Enjuague	3	4	5
16	Llenado agua	20	22	30
17	Fijación color I	20	25	30
18	Fijación color II	6	7	10
19	Fijación color III	75	90	120
20	Fijación color IV	240	240	240
21	Trasvase a tolva desh	92,47	92,47	92,47

Análisis determinista

Tabla 7-12 Análisis determinista oxidación con doble lavado

Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista	Duración media	Desviación típica
1	Llenado previo	10	12	15	12,17	0,83
2	Llenado del pilón	60	80	120	83,33	10,00
3	Extracción de salmuera	25	30	35	30,00	1,67
4	Llenado con sosa caústica	30	35	40	35,00	1,67
5	Cocido	180	240	360	250,00	30,00
6	Vaciado de sosa	30	32	35	32,17	0,83
7	Llenado agua de lavado	20	22	30	23,00	1,67
8	Lavado 1 parte I	90	120	180	125,00	15,00
9	Lavado 1 parte II	435	540	960	592,50	87,50
10	Vaciado agua lavado	30	32	35	32,17	0,83
11	Llenado agua de lavado II	20	22	30	23,00	1,67
12	Lavado 2 parte I	90	120	180	125,00	15,00
13	Lavado 2 parte II	870	1080	1920	1185,00	175,00
14	Vaciado agua lavado II	30	32	35	32,17	0,83
15	Enjuague	3	4	5	4,00	0,33
16	Llenado agua	20	22	30	23,00	1,67
17	Fijación color I	20	25	30	25,00	1,67
18	Fijación color II	6	7	10	7,33	0,67
19	Fijación color III	75	90	120	92,50	7,50
20	Fijación color IV	240	240	240	240,00	0,00
21	Trasvase a tolva desh	92,47	92,47	92,47	92,47	0,00

Los resultados obtenidos son:

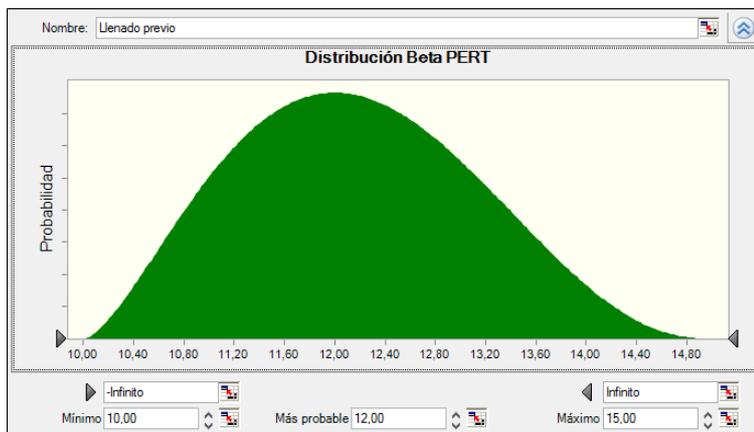
Tabla 7-13 Resultados análisis etapa oxidación (doble lavado)

Duración media de la etapa	3064,8	minutos
Desviación típica de la etapa	199,5	minutos
Nº pilones medio/hora	0,433	
Nº pilones medio/turno	3,466	

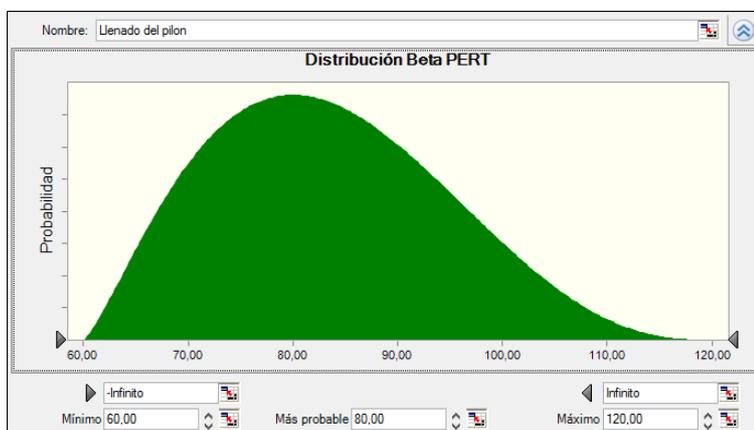
Análisis estocástico

Definición de suposiciones:

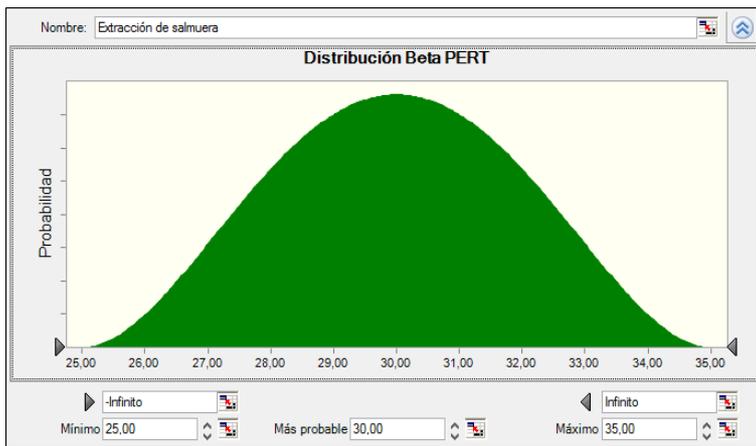
- **Llenado previo:**



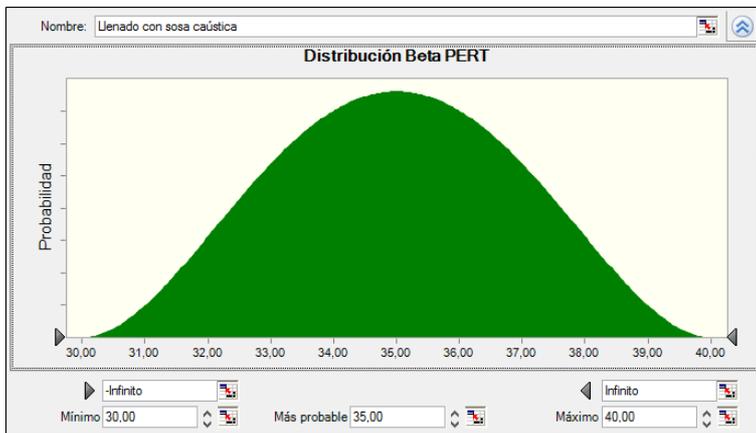
- **Llenado del pilón:**



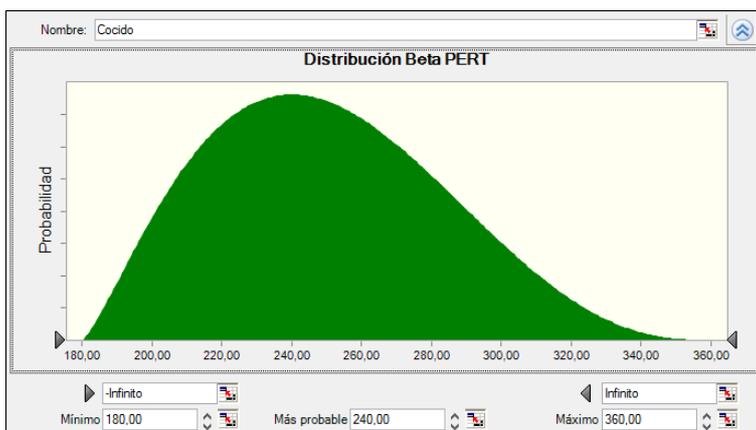
- **Extracción de salmuera:**



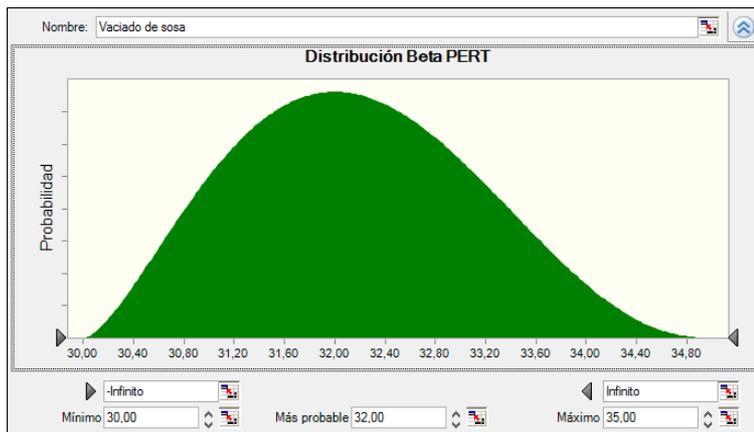
- **Llenado con sosa cáustica:**



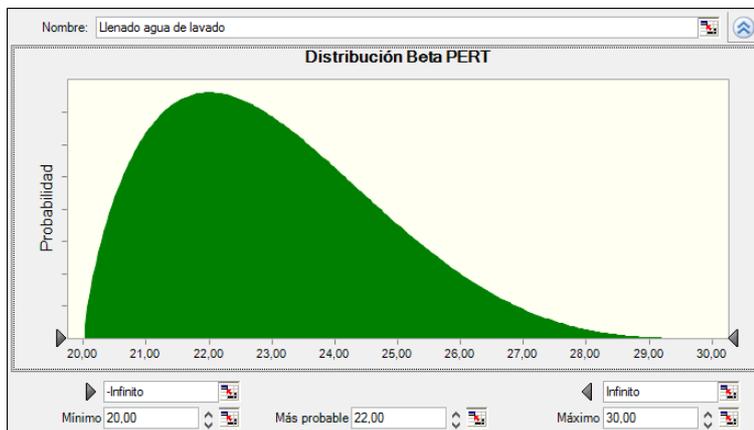
- **Cocido:**



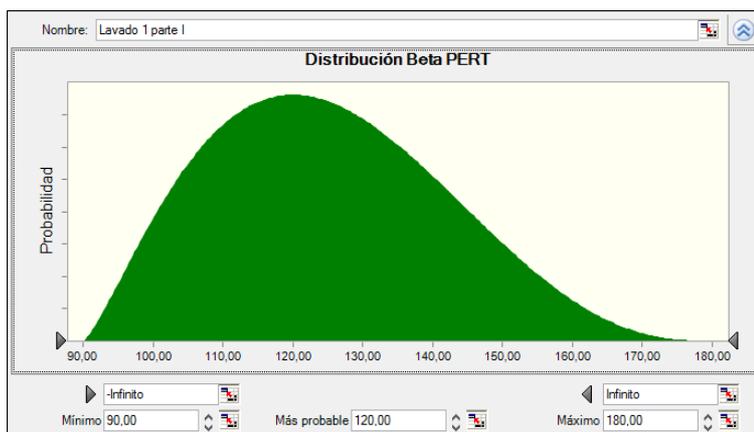
- **Vaciado de sosa:**



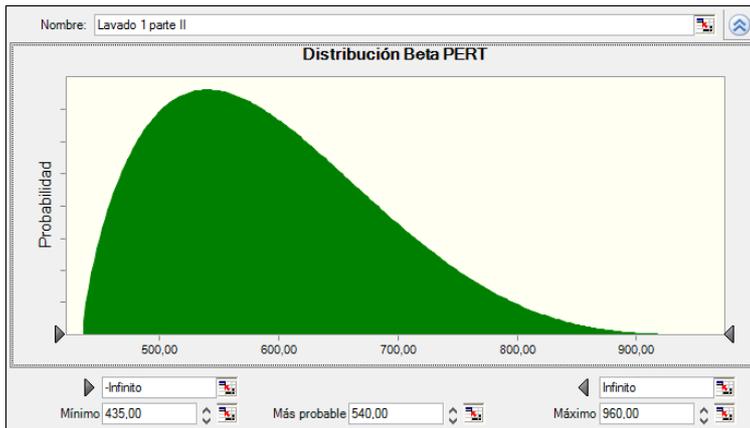
- **Llenado agua de lavado:**



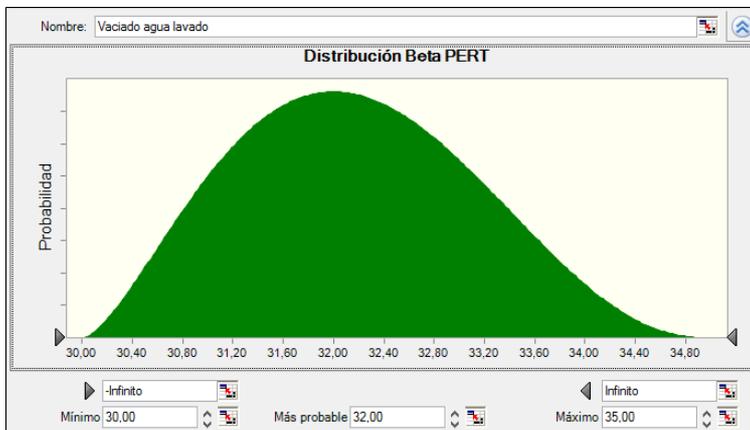
- **Lavado 1 parte I:**



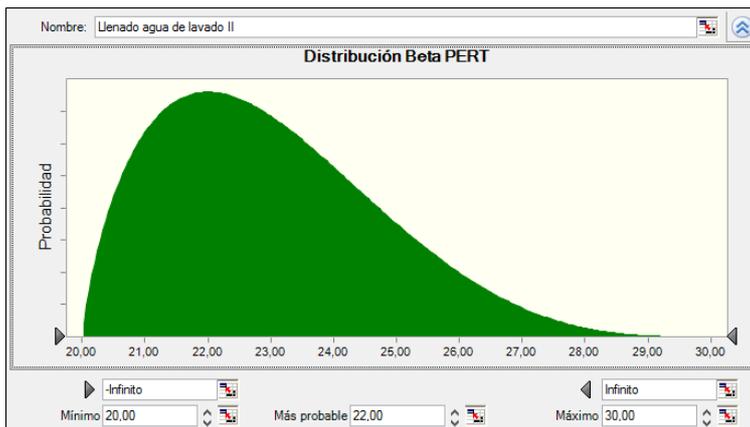
- **Lavado 1 parte II:**



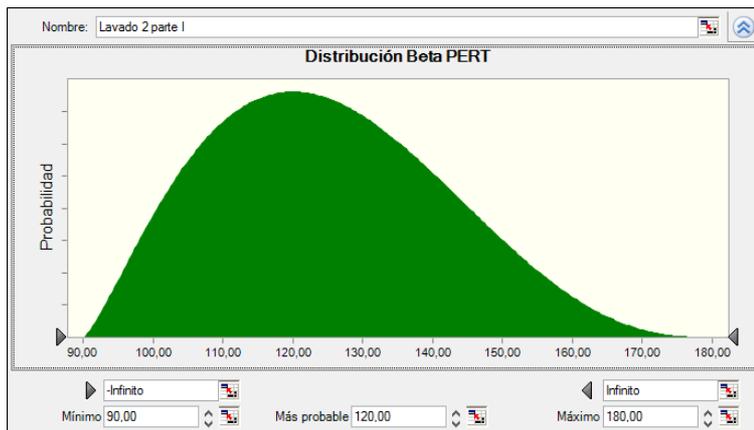
- **Vaciado agua lavado:**



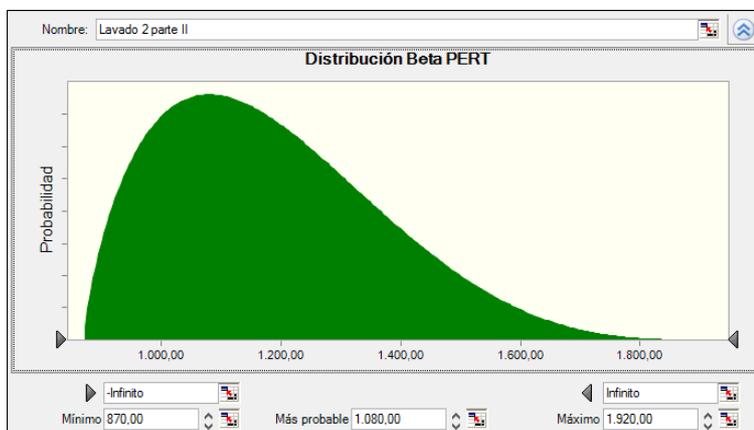
- **Llenado agua de lavado II**



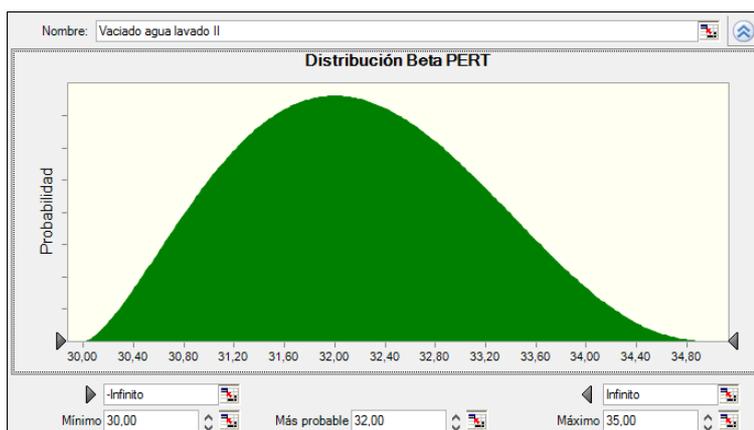
- **Lavado 2 parte I**



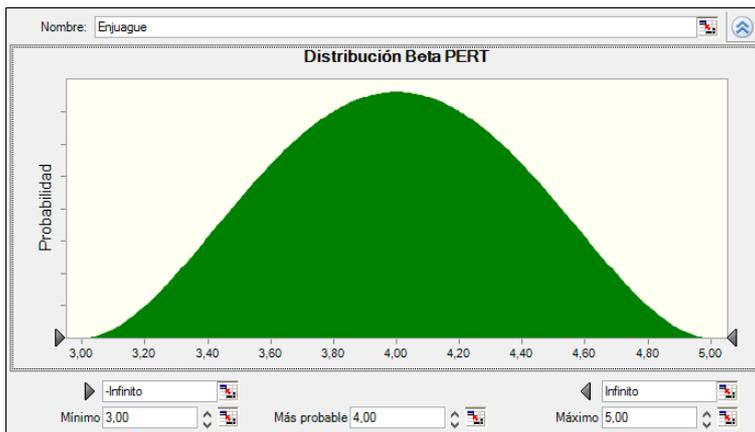
- **Lavado 2 parte II**



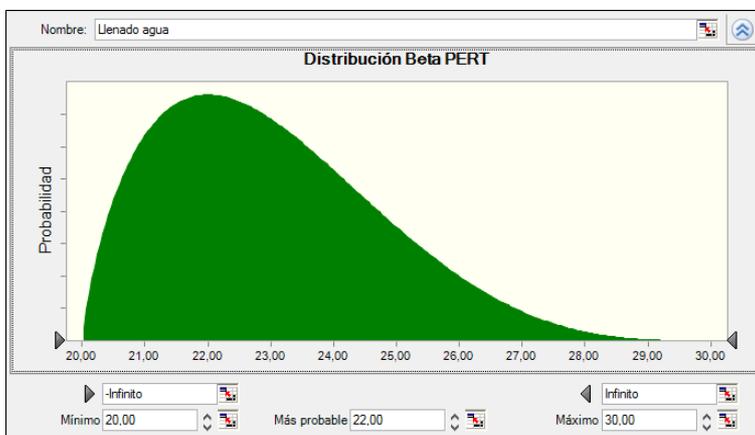
- **Vaciado agua lavado II**



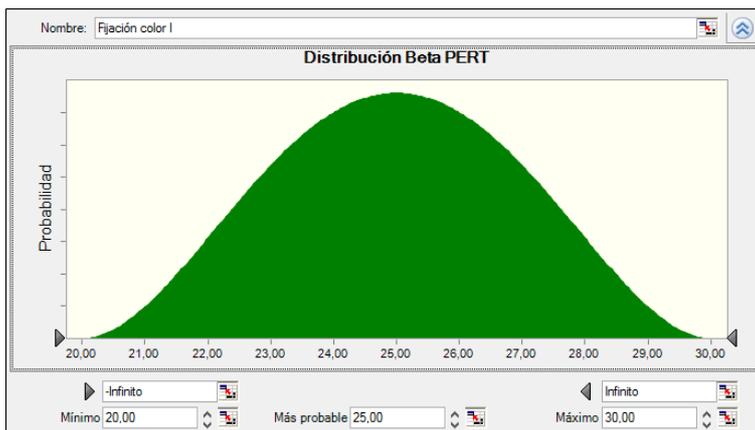
- **Enjuague:**



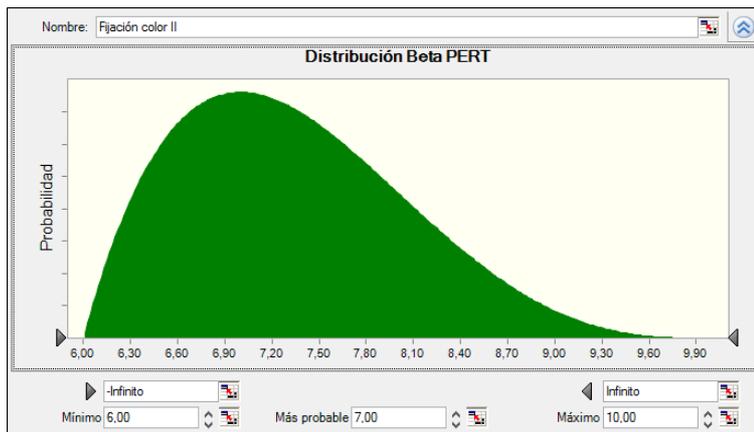
- **Llenado agua:**



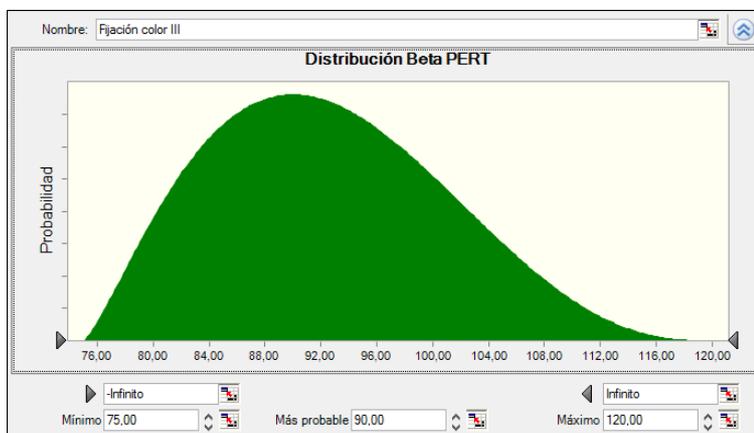
- **Fijación color I:**



- **Fijación color II:**



- **Fijación color III:**



- **Fijación color IV:** Consideramos un tiempo fijo para esta etapa de **240 minutos (4 horas)**

- **Trasvase a tolva desh:** Para la estimación del tiempo de esta sub-etapa, ante la incapacidad del personal de la planta de estimar esta duración, se realizó un experimento consistente en el llenado de una tolva de deshuesado desde un pilón concreto. Para poder extrapolar los datos de este experimento concreto al comportamiento general del trasvase de aceitunas desde los pilones se hicieron una serie de suposiciones que permitieron la simplificación del cálculo que de forma exacta resultaba desde un punto de vista físico muy complejo debido a las condiciones de este sub-proceso.

El desarrollo del cálculo se encuentra desarrollado en el **apartado 7.6.**

Tiempo estimado: 92,47 minutos

Los resultados obtenidos para la etapa de oxidación con doble lavado fueron:

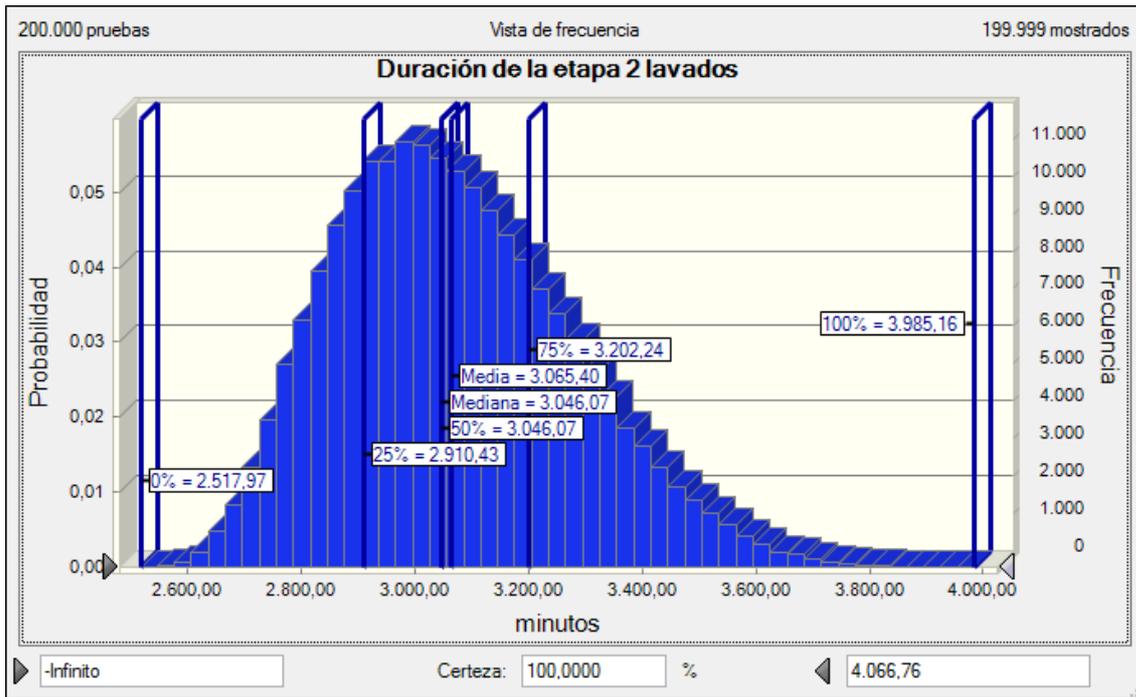


Figura 7-30 Resultados duración etapa de oxidación doble lavado

La duración más probable es 2,971,42 minutos (49,52 horas)

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación con doble lavado:

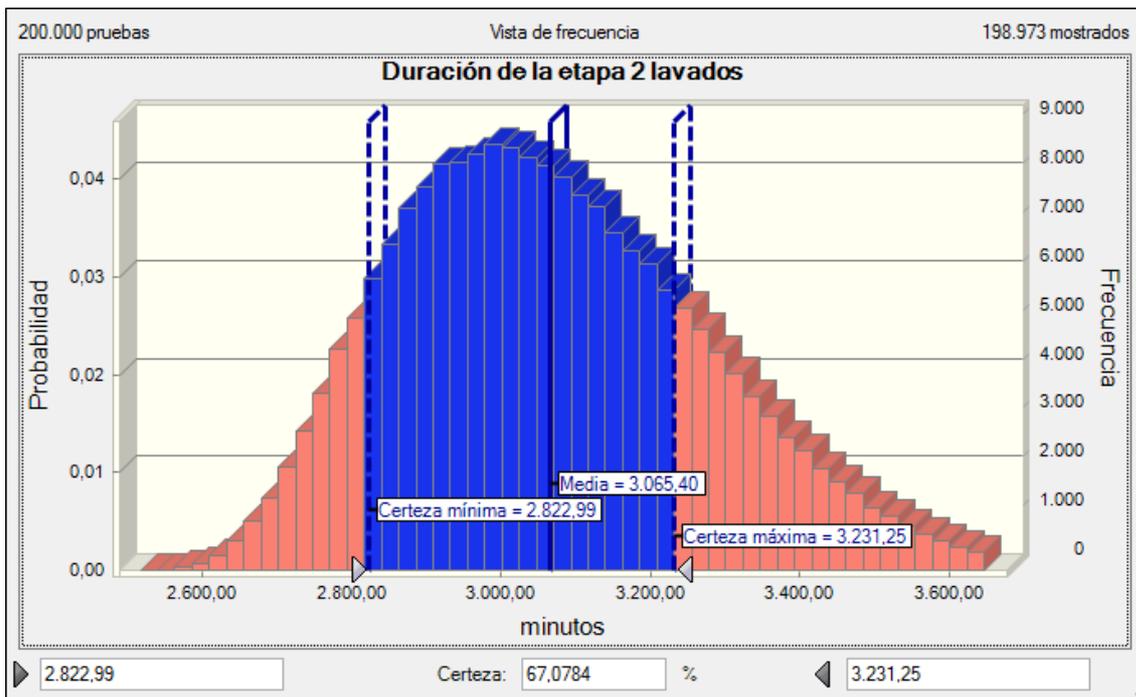


Figura 7-31 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación doble lavado

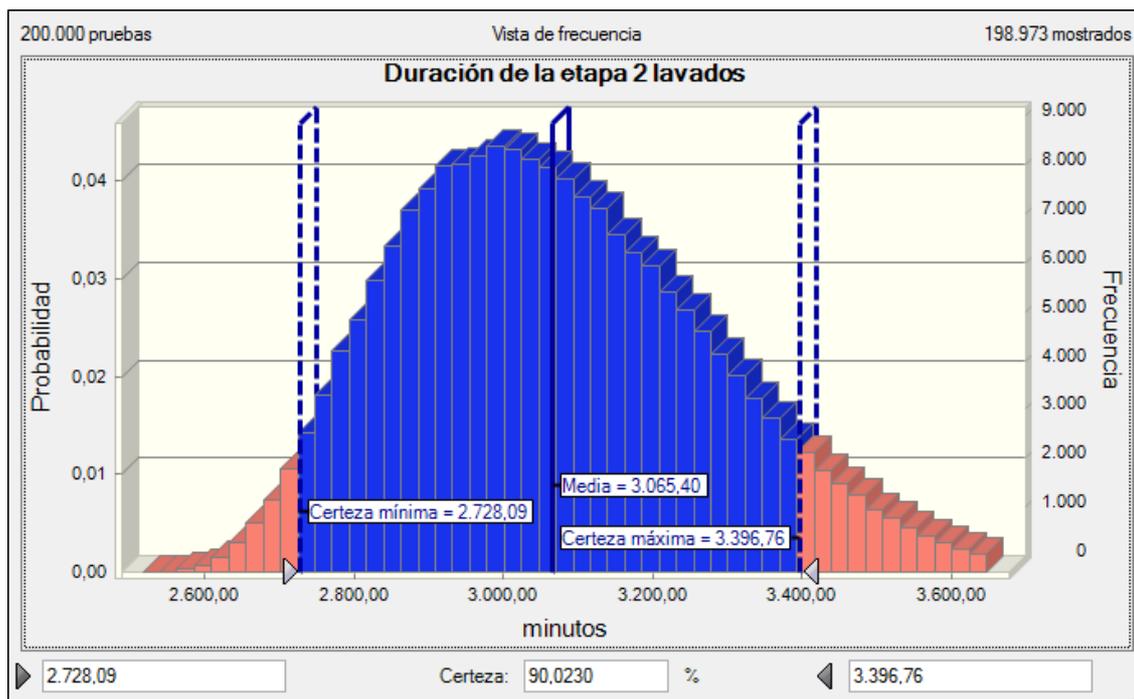


Figura 7-32 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación doble lavado

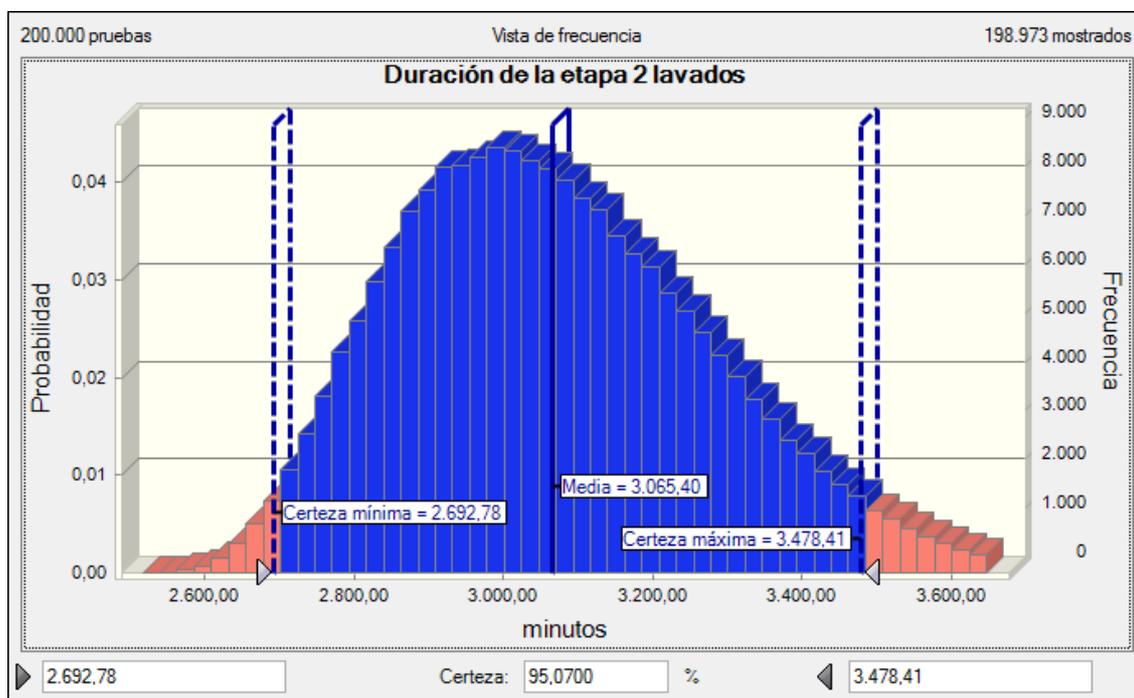


Figura 7-33 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación doble lavado

Nº pilones por turno [2 lavados]: (Depende del número de pilones)

1. Situación actual (24 pilones):

Tabla 7-14 Datos entrada etapa oxidación simple 24 pilones

DATOS	
O.E.E (etapa OXID.)	92,20%
Nº pilones	24
Nº horas/turno	8

Resultado:

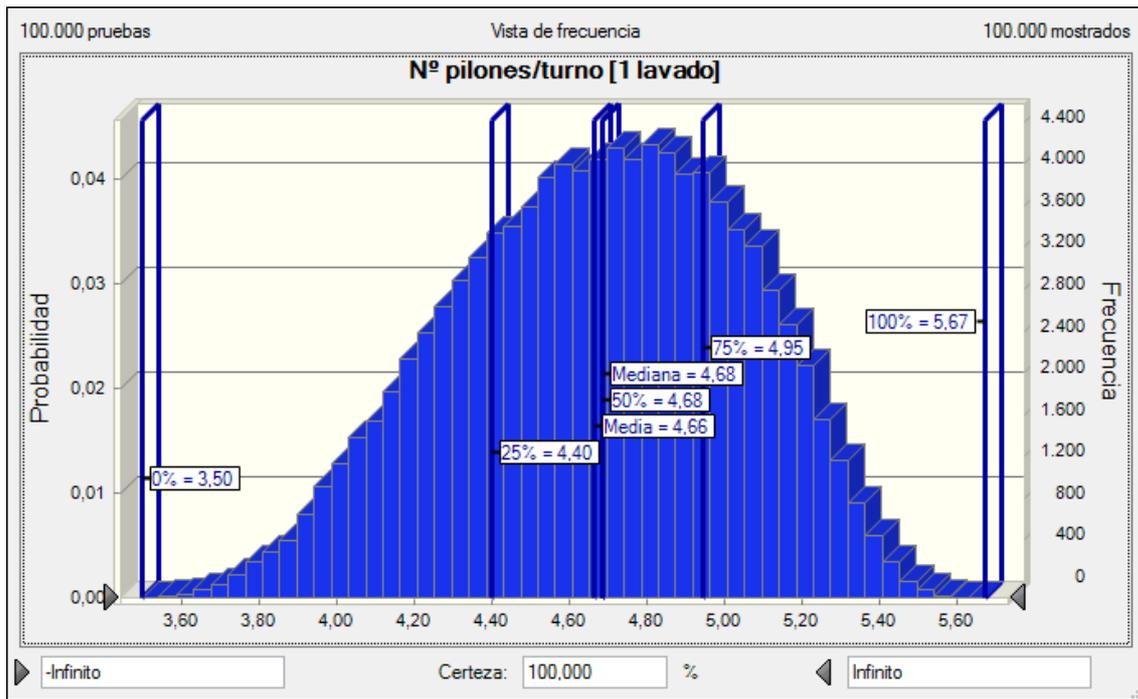


Figura 7-34 Nº pilones por turno oxidación doble lavado 24 pilones

El número de pilones por turno más probable es **3,575**.

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación doble lavado:

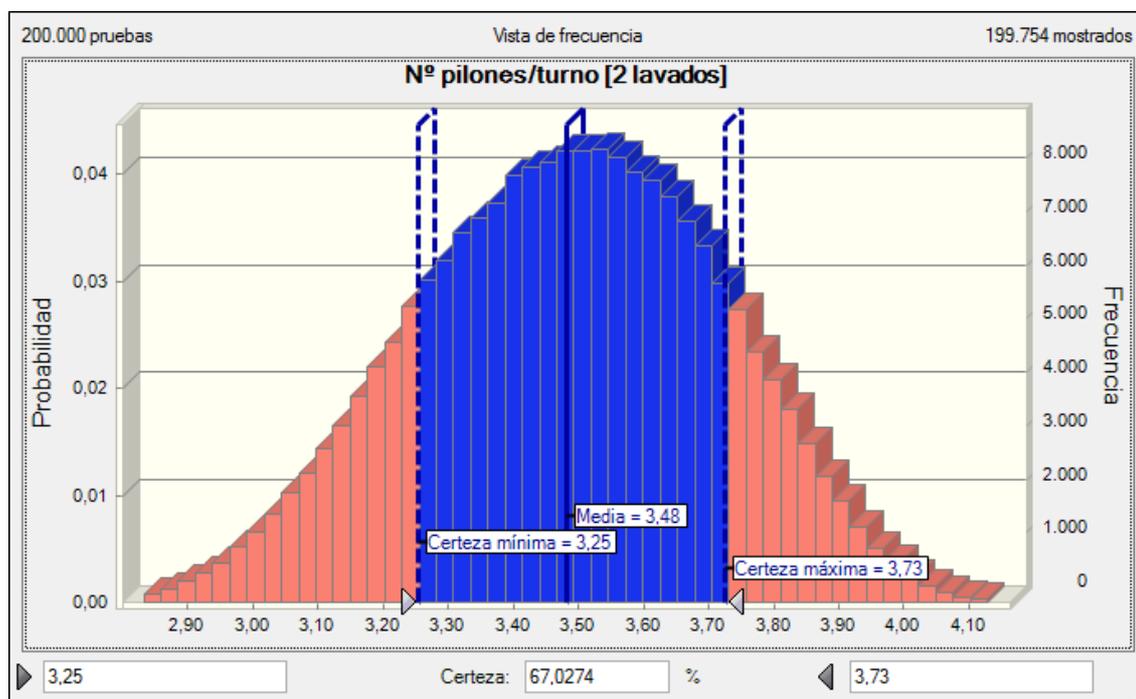


Figura 7-35 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones

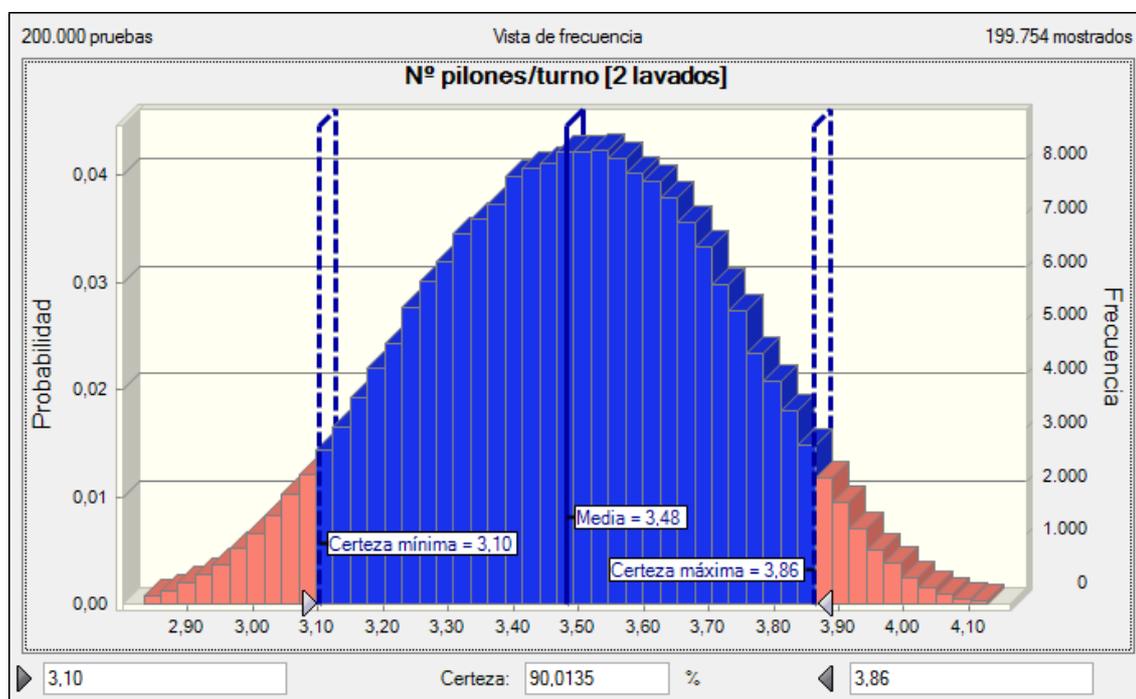


Figura 7-36 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones

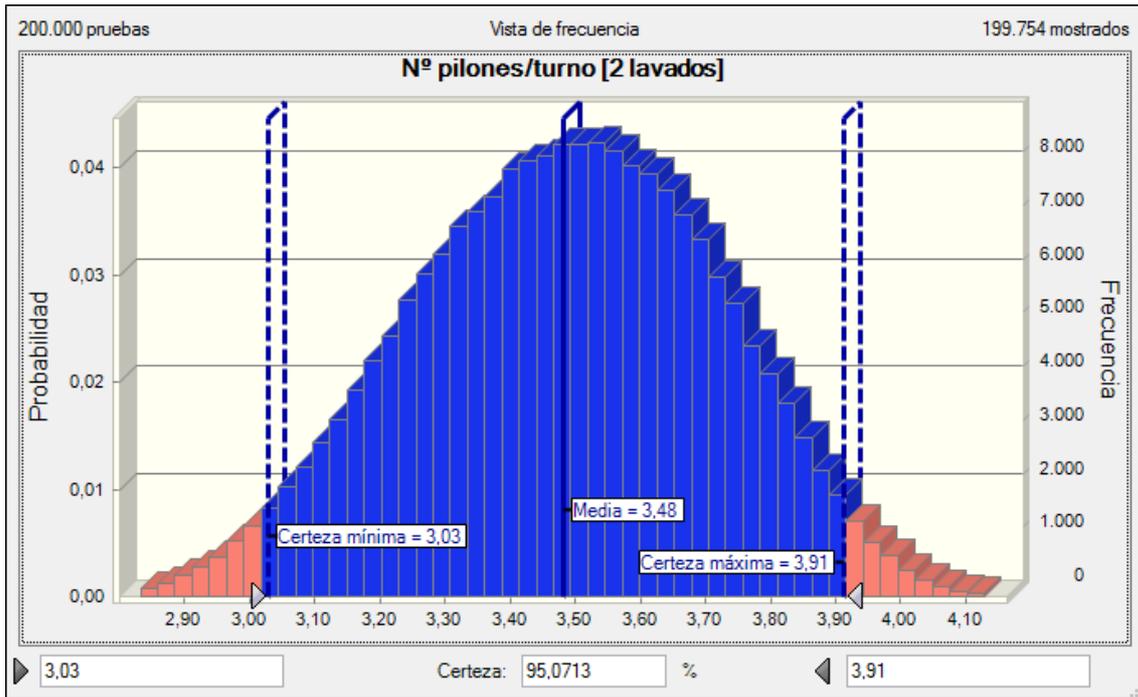


Figura 7-37 Intervalo de confianza del 95% de la etapa de oxidación doble lavado 24 pilones

Probabilidad de que el n° de pilones por turno sea mayor de:

De 2 pilones por turno:

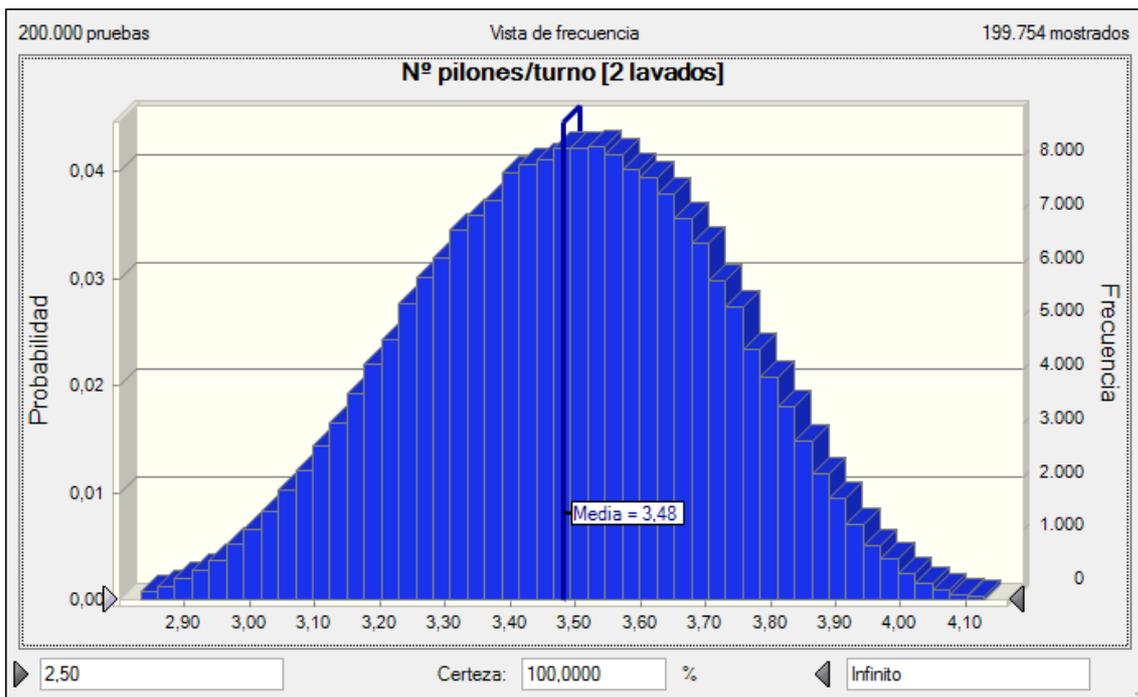


Figura 7-38 Probabilidad n° pilones por turno superior a 2 (doble lavado 24 pilones)

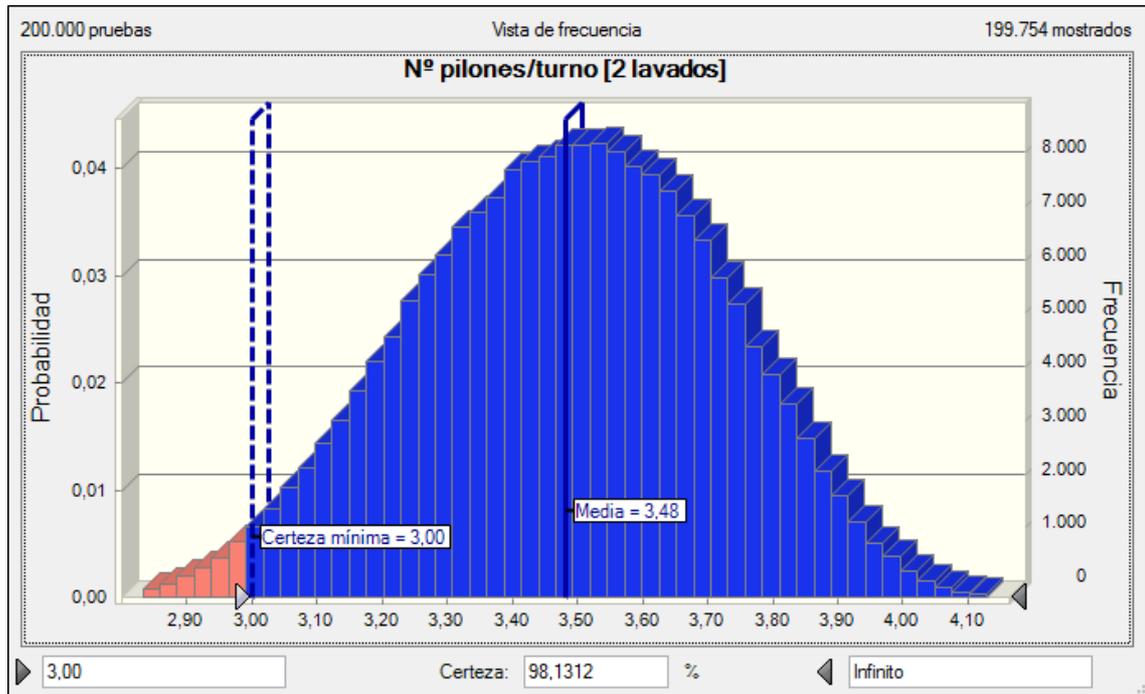
De 3 pilones por turno:

Figura 7-39 Probabilidad nº pilones por turno superior a 3 (doble lavado 24 pilones)

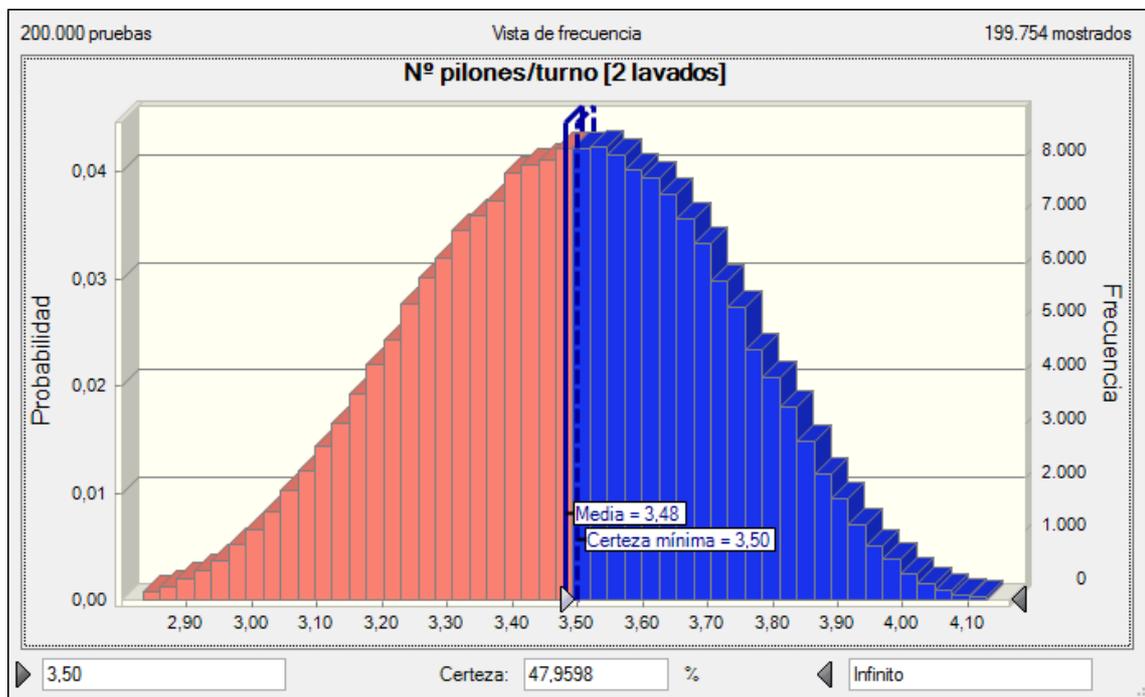
De 3,5 pilones por turno:

Figura 7-40 Probabilidad nº pilones por turno superior a 3,5 (doble lavado 24 pilones)

De 4 pilones por turno:

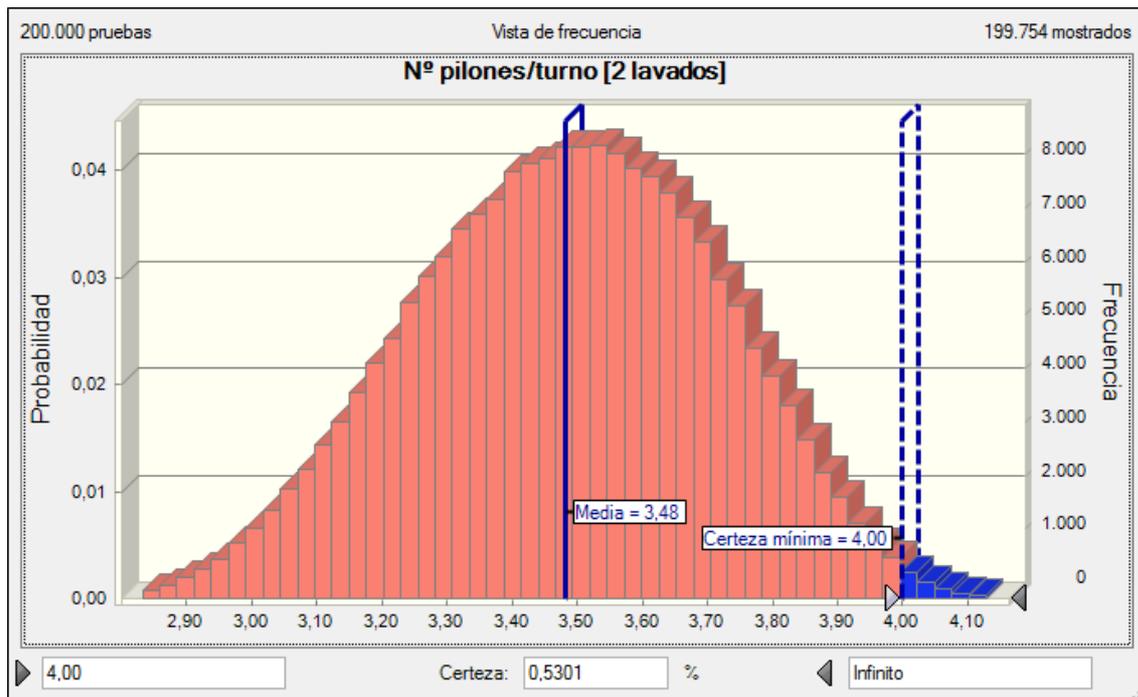


Figura 7-41 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4 (doble lavado 24 pilones)

Para la realización del proyecto se realizaron simulaciones para conocer el comportamiento de la etapa de oxidación con doble lavado en los escenarios futuros de 30, 32 y 40 pilones. No se incluyen en el presente trabajo porque no se considera relevante ni necesario para entender el proyecto de análisis y ampliación del sistema de producción.

7.2.3 Oxidación compuesta (70% 1 lavado, 30% 2 lavados)

En base a los datos de demanda actual y futura el volumen de aceituna oxidada con un único lavado es del 70% y un 30% el volumen de aceituna envasado con oxidación de doble lavado. Es por ello interesante contemplar este escenario.

Análisis determinista

Siendo la duración media de la etapa de un lavado 2292,14 minutos y la duración media con dos lavados de 3064,80 minutos:

La duración media de la etapa compuesta es de **2523,94 minutos (42,07 horas)**

Análisis estocástico

Los resultados obtenidos para la etapa de oxidación con doble lavado fueron:

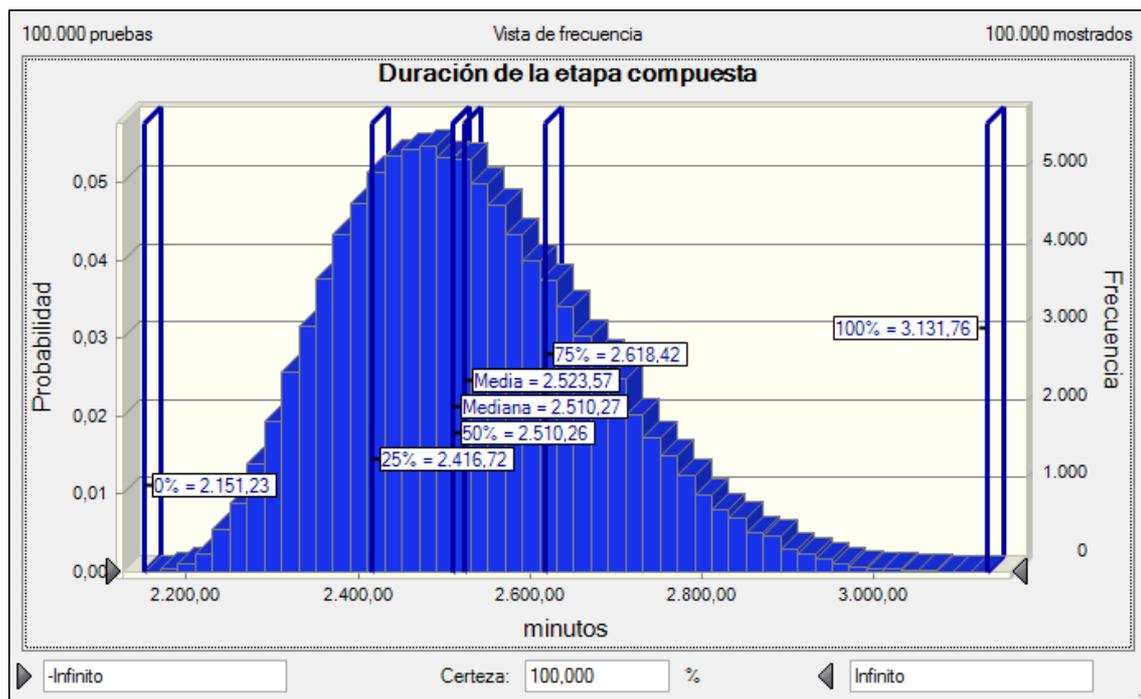


Figura 7-42 Resultados duración etapa de oxidación compuesta

La duración más probable es 2.443,98 minutos (40,73 horas)

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación compuesta:

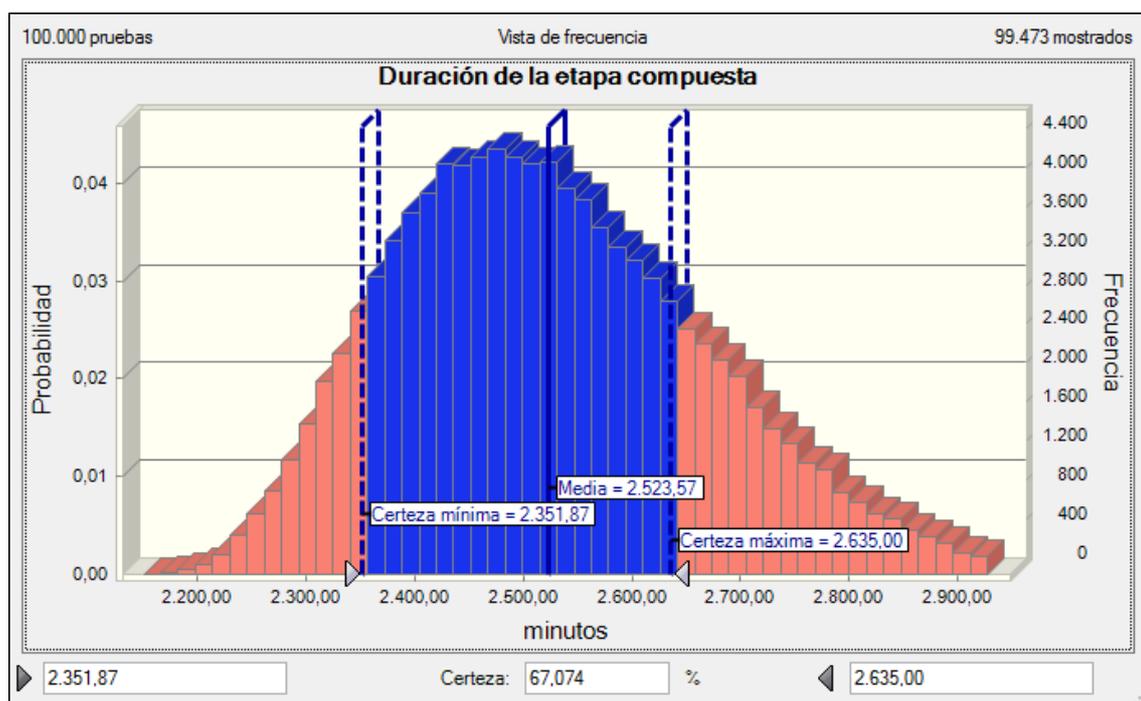


Figura 7-43 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación compuesta

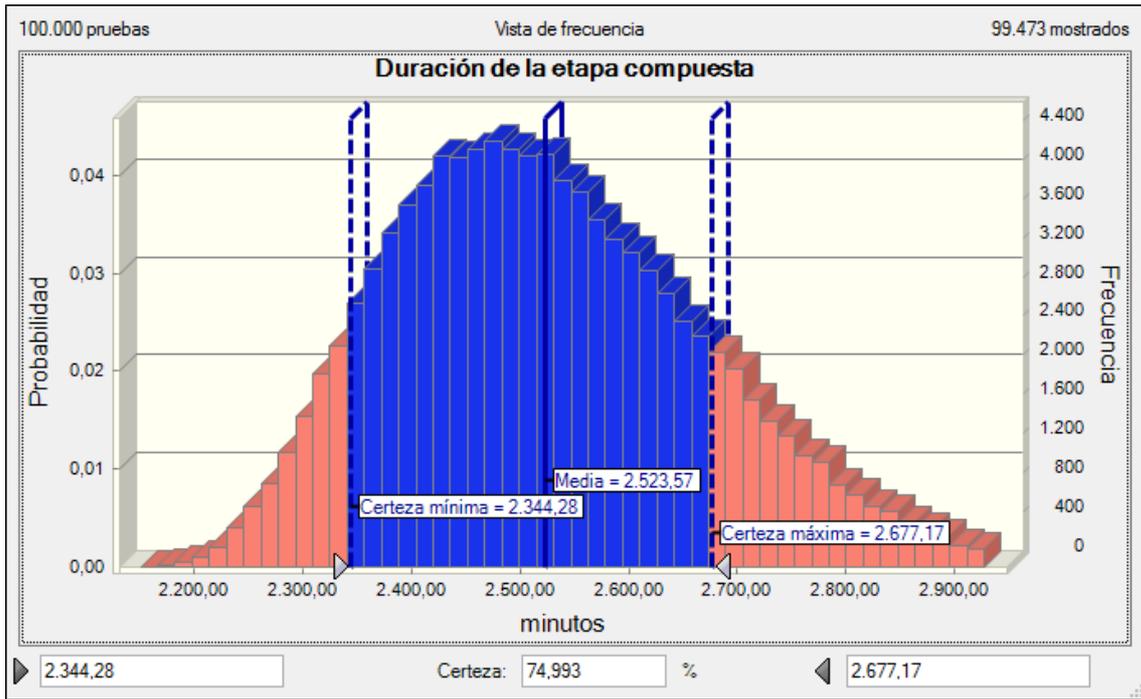


Figura 7-44 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación compuesta

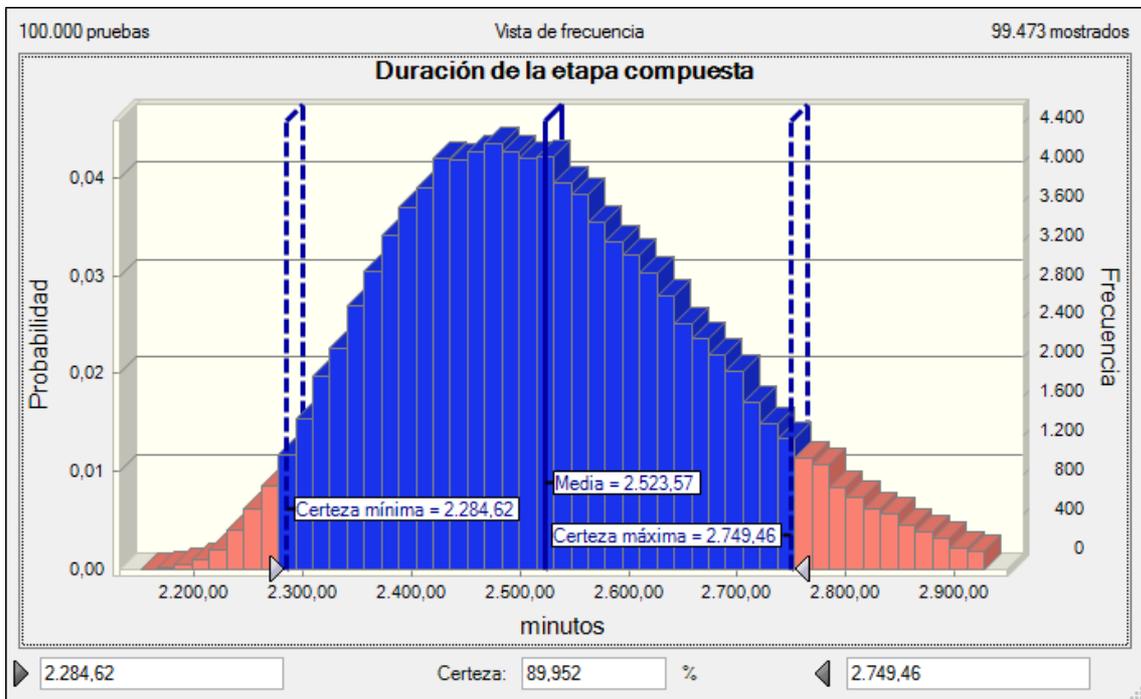


Figura 7-45 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación compuesta

Nº pilones por turno [compuesta]: (Depende del número de pilones)**1. Situación actual (24 pilones):**

Tabla 7-15 Datos entrada etapa oxidación compuesta 24 pilones

DATOS	
O.E.E (etapa OXID.)	92,20%
Nº pilones	24
Nº horas/turno	8

Resultado:

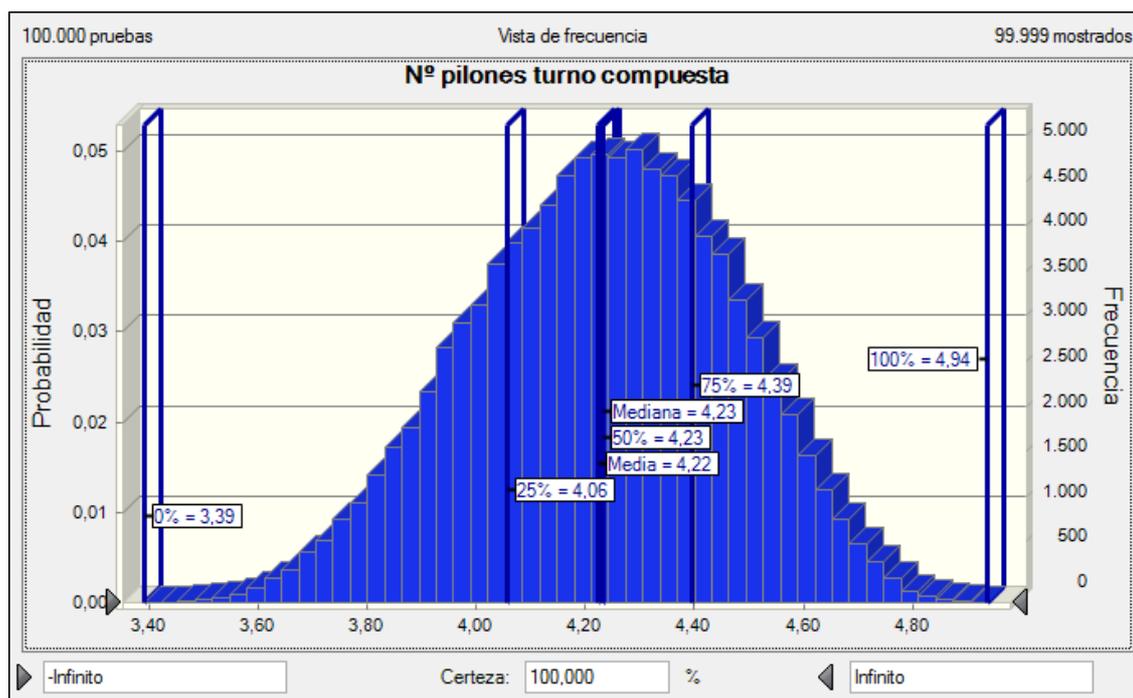


Figura 7-46 Nº pilones por turno oxidación compuesta 24 pilones

El número de pilones por turno más probable es **4,346**.

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa de oxidación compuesta:

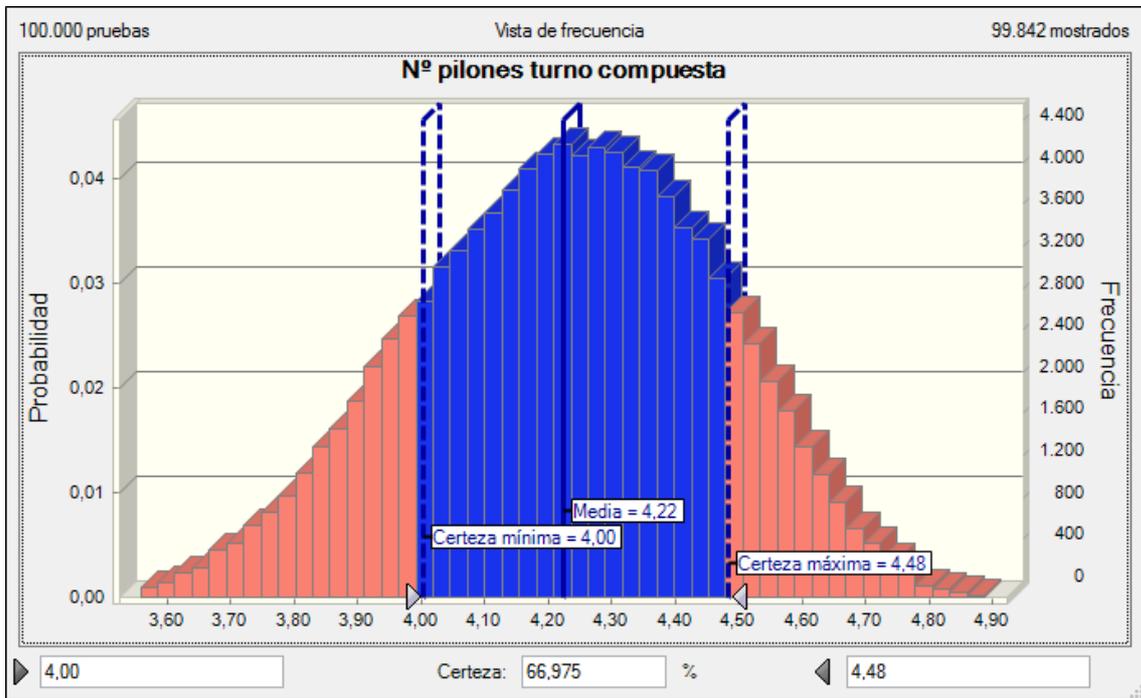


Figura 7-47 Intervalo de confianza del 67% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones

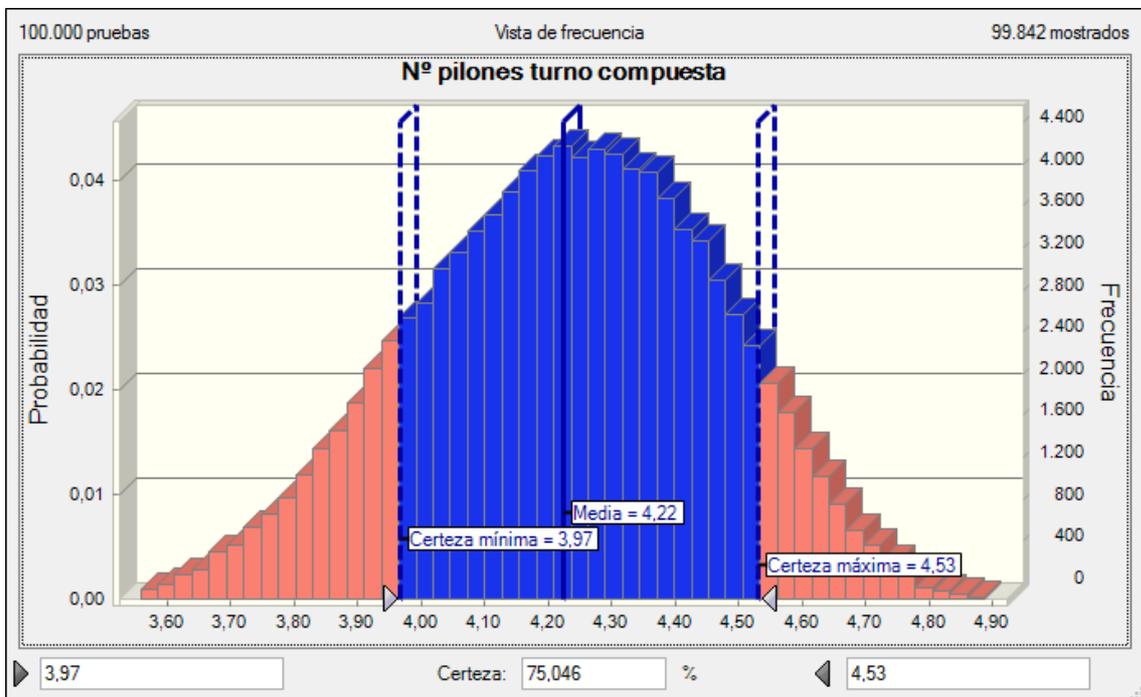


Figura 7-48 Intervalo de confianza del 75% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones

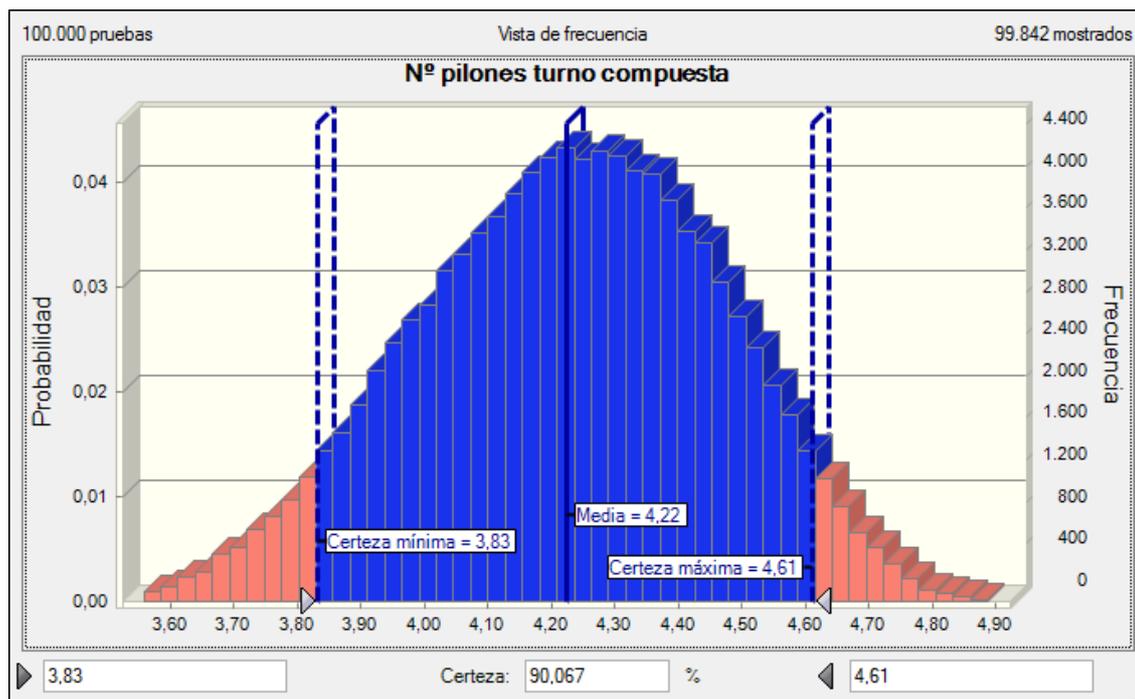


Figura 7-49 Intervalo de confianza del 90% de la etapa de oxidación compuesta 24 pilones

Probabilidad de que el nº de pilones por turno sea mayor de:

De 3,5 pilones por turno:

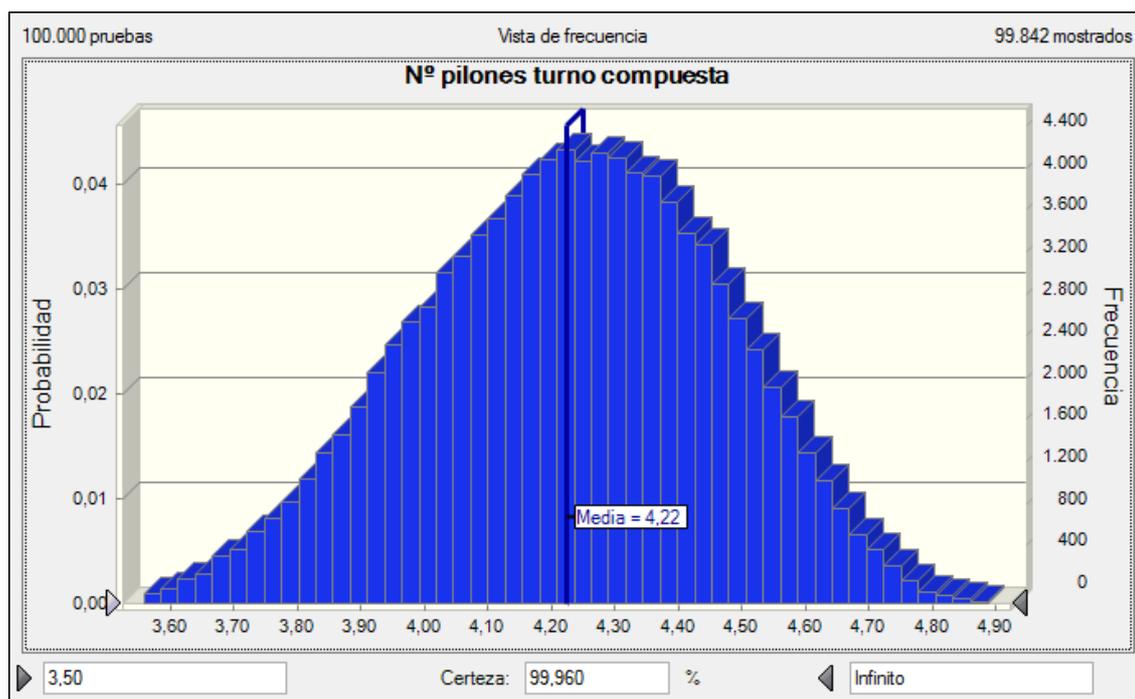


Figura 7-50 Probabilidad nº pilones por turno superior a 3,5 (compuesta 24 pilones)

De 4 pilones por turno:

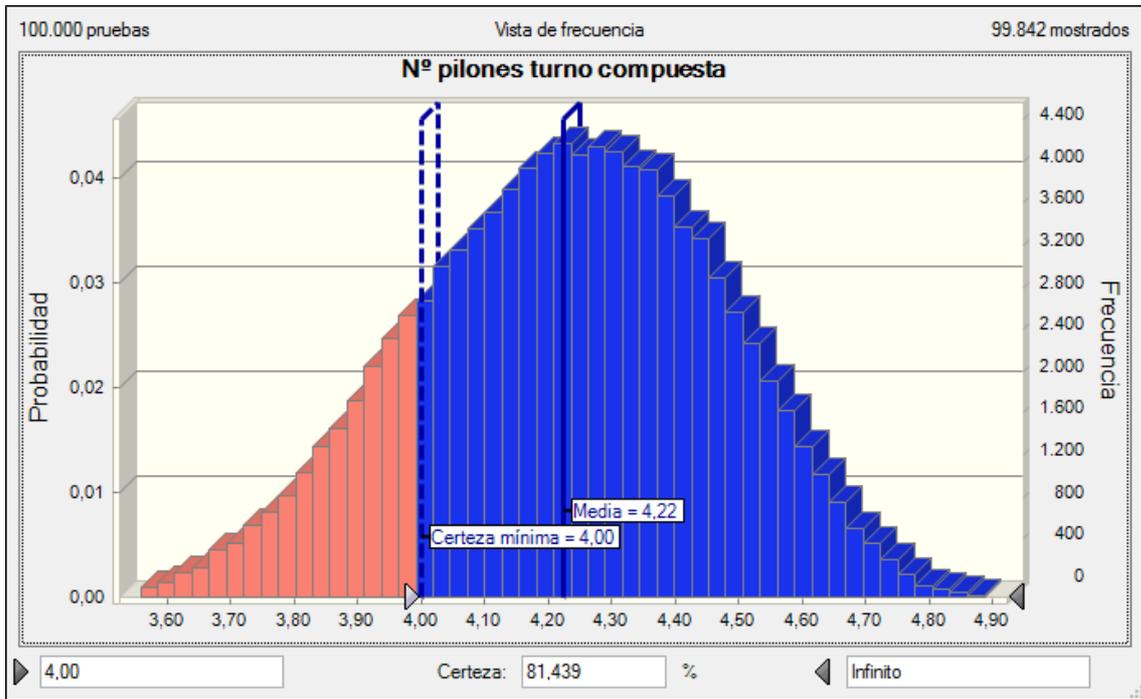


Figura 7-51 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4 (compuesta 24 pilones)

De 4,5 pilones por turno:

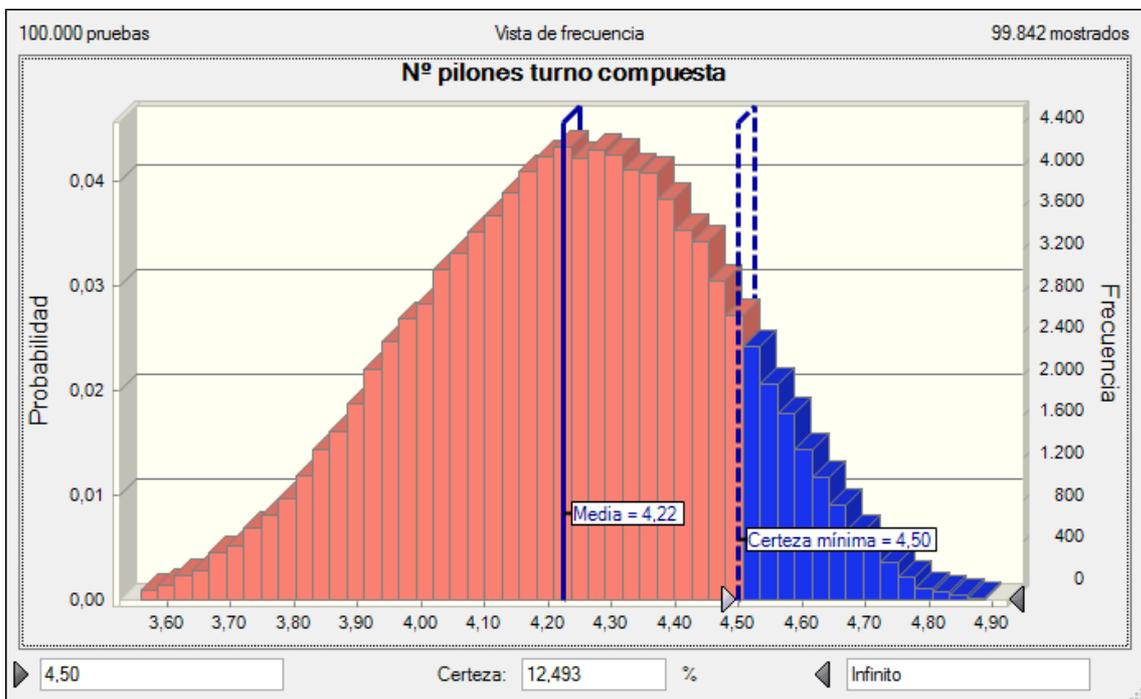


Figura 7-52 Probabilidad nº pilones por turno superior a 4,5 (compuesta 24 pilones)

Para la realización del proyecto se realizaron simulaciones para conocer el comportamiento de la etapa de oxidación con doble lavado en los escenarios futuros de 30, 32 y 40 pilones. No se incluyen en el presente documento porque no se considera relevante ni necesario para entender el proyecto de optimización del sistema de producción.

7.3 Estudio disponibilidad etapa de envasado

Debido al gran tamaño de las tablas de datos sólo se mostrará una pequeña representación de las mismas. Estos corresponden a la Línea 1:

Tabla 7-16 Datos de producción real línea 1

FECHA	Envases		KILOGRAMOS		ENVASE	AGRUPACION	PNE UC(g)	CALIBRE
	Planificadas	Producidas	Planificados	Producidos				
07-ene-15	667	667	1667,5	1667,5	LT 2750 G	1	2500	280/320
07-ene-15	201	201	402	402	LT 2750 G	1	2000	
07-ene-15	2310	2310	4620	4620	LT 2750 G	1	2000	280/320
07-ene-15	3975	3975	7950	7950	LT 2750 G	1	2000	280/320
07-ene-15	420	420	609	609	LT A-10	1	1450	300/320
07-ene-15	4470	4470	6481,5	6481,5	LT A-10	1	1450	280/320
07-ene-15	2360	2360	3412,56	3412,56	LT A-10	1	1446	240/260
07-ene-15	1010	1010	1464,5	1464,5	LT A-10	1	1450	200/220
07-ene-15	6066	6066	8771,436	8771,436	LT A-10	1	1446	180/200
08-ene-15	44030	44030	68686,8	68686,8	LT A-10	1	1560	
08-ene-15	840	840	1310,4	1310,4	LT A-10	1	1560	
09-ene-15	9366	9366	14610,96	14610,96	LT A-10	1	1560	
09-ene-15	2360	2360	4413,2	4413,2	LT A-10	1	1870	280/320
09-ene-15	91	91	341,25	341,25	LT 5 KG	1	3750	300/320
09-ene-15	2698	2698	13490	13490	LT 5 KG	1	5000	240/260
09-ene-15	603	603	3015	3015	LT 5 KG	1	5000	480/500
09-ene-15	93	93	465	465	LT 5 KG	1	5000	300/320
09-ene-15	242	242	1210	1210	LT 5 KG	1	5000	320/360
09-ene-15	294	294	1470	1470	LT 5 KG	1	5000	240/260
10-ene-15	1348	1348	6740	6740	LT 5 KG	1	5000	240/260
10-ene-15	8244	8244	12860,64	12860,64	LT A-10	1	1560	
12-ene-15	52765	52765	82313,4	82313,4	LT A-10	1	1560	
13-ene-15	45775	45775	71409	71409	LT A-10	1	1560	
14-ene-15	32304	32304	50394,24	50394,24	LT A-10	1	1560	
15-ene-15	30810	30810	48063,6	48063,6	LT A-10	1	1560	
15-ene-15	4140	4140	6458,4	6458,4	LT A-10	1	1560	280/300
16-ene-15	20132	20132	31405,92	31405,92	LT A-10	1	1560	280/300
16-ene-15	12132	12133	18925,92	18927,48	LT A-10	1	1560	
17-ene-15	19320	19320	30139,2	30139,2	LT A-10	1	1560	

17-ene-15	446	446	892	892	LT 2750 G	1	2000	
19-ene-15	2165	2165	4330	4330	LT 2750 G	1	2000	240/260
19-ene-15	630	630	1260	1260	LT 2750 G	1	2000	240/260

Tabla 7-17 Datos incidencias línea 1

FECHA	COD MOTIVO PARO	MOTIVO PARO	TIEMPO PARO(H)	TIPO PARO
07-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	0,35	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	1008	LLENADORA	0,33	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	1130	PESO	0,15	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	1140	REAJUSTE POSTERIOR CAMBIO	0,1	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	1170	LIMPIEZA Y ENGRASE	0,67	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	3025	CAMBIO ENVASE / FORMATO	1,5	PRODUCTIVO
07-ene-15	3028	CAMBIO LINEA ENVASADO	0,3	PRODUCTIVO
07-ene-15	5060	CERRADORA	1,25	IMPRODUCTIVO
07-ene-15	6040	FALTA AIRE	0,52	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	0,42	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	1130	PESO	0,08	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	2010	FALTA MATERIA PRIMA	0,67	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	2020	FALTA ENVASE	0,17	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	2060	FALTA CESTAS AUTOCLAVE	0,33	IMPRODUCTIVO
08-ene-15	3028	CAMBIO LINEA ENVASADO	0,32	PRODUCTIVO
08-ene-15	6030	FALTA VAPOR	0,47	IMPRODUCTIVO
09-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	2,62	IMPRODUCTIVO
09-ene-15	1130	PESO	0,31	IMPRODUCTIVO
09-ene-15	1170	LIMPIEZA Y ENGRASE	0,25	IMPRODUCTIVO
09-ene-15	2010	FALTA MATERIA PRIMA	1,4	IMPRODUCTIVO
09-ene-15	3025	CAMBIO ENVASE / FORMATO	1,97	PRODUCTIVO
09-ene-15	3028	CAMBIO LINEA ENVASADO	0,1	PRODUCTIVO
09-ene-15	5180	DETECTOR METALES	0,5	IMPRODUCTIVO
10-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	0,4	IMPRODUCTIVO
10-ene-15	1008	LLENADORA	0,17	IMPRODUCTIVO
10-ene-15	1140	REAJUSTE POSTERIOR CAMBIO	0,25	IMPRODUCTIVO
10-ene-15	3025	CAMBIO ENVASE / FORMATO	1,5	PRODUCTIVO
10-ene-15	5010	DESPALETIZADOR	0,33	IMPRODUCTIVO
12-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	0,73	IMPRODUCTIVO
12-ene-15	2060	FALTA CESTAS AUTOCLAVE	0,08	IMPRODUCTIVO
12-ene-15	3028	CAMBIO LINEA ENVASADO	0,22	PRODUCTIVO
12-ene-15	5060	CERRADORA	0,33	IMPRODUCTIVO
12-ene-15	6030	FALTA VAPOR	0,33	IMPRODUCTIVO
13-ene-15	0180	ATASCO DE LINEA	0,47	IMPRODUCTIVO
13-ene-15	1130	PESO	0,05	IMPRODUCTIVO

Gracias a esta información se obtienen una serie de parámetros que se utilizan para el cálculo de la disponibilidad de la etapa de envasado:

Tabla 7-18 Obtención parámetros cálculo disponibilidad etapa envasado

FEC HA	TIEMP O TOTA L PARO(H)	TIEMPO MARCHA(H)	JORNADA(H)	tiempo total paro 2 (H)	% PARO	Tiempo funcion amiento	Tiempo funciona miento 2	%PARO x indisponi bilidad	% FUNCI ONAM IENTO	% marcha
07-ene-15	5,17	9,38	14,55	5,17	36%	14,55	14,55	35,53%	100,00%	64,47%
08-ene-15	2,46	12,41	14,87	2,13	17%	14,87	14,54	14,65%	100,00%	83,46%
09-ene-15	7,15	11,02	18,17	7,15	39%	18,17	18,17	39,35%	100,00%	60,65%
10-ene-15	2,65	4,38	7,03	2,65	38%	7,03	7,03	37,70%	100,00%	62,30%
12-ene-15	1,69	15,43	17,12	1,61	10%	17,12	17,04	9,45%	100,00%	90,13%
13-ene-15	3,27	13,1	16,37	1,25	20%	16,37	14,35	8,71%	100,00%	80,02%
14-ene-15	2,1	9,21	11,31	2,1	19%	11,31	11,31	18,57%	100,00%	81,43%
15-ene-15	3,82	11,13	14,95	1,89	26%	14,95	13,02	14,52%	100,00%	74,45%
16-ene-15	1,97	9,45	11,42	1,52	17%	11,42	10,97	13,86%	100,00%	82,75%
17-ene-15	3,55	7,42	10,97	3,55	32%	10,97	10,97	32,36%	100,00%	67,64%
19-ene-15	1,23	8,24	9,47	1,23	13%	9,47	9,47	12,99%	100,00%	87,01%
20-ene-15	1,66	7,68	9,34	1,66	18%	9,34	9,34	17,77%	100,00%	82,23%
21-ene-15	3,74	11,24	14,98	2,91	25%	14,98	14,15	20,57%	100,00%	75,03%
22-ene-15	2,16	15,3	17,46	2,16	12%	17,46	17,46	12,37%	100,00%	87,63%
23-ene-15	3,15	13,64	16,79	1,03	19%	16,79	14,67	7,02%	100,00%	81,24%
24-ene-15	0,8	5,03	5,83	0,13	14%	5,83	5,16	2,52%	100,00%	86,28%
26-ene-15	4,5	10,33	14,83	4,05	30%	14,83	14,38	28,16%	100,00%	69,66%

27-ene-15	2,18	10,81	12,99	2,18	17%	12,99	12,99	16,78%	100,00 %	83,22%
28-ene-15	1,38	10,78	12,16	1,3	11%	12,16	12,08	10,76%	100,00 %	88,65%
29-ene-15	3,07	12,56	15,63	2,97	20%	15,63	15,53	19,12%	100,00 %	80,36%
30-ene-15	3,5	8,25	11,75	3,25	30%	11,75	11,5	28,26%	100,00 %	70,21%
31-ene-15	3,45	4,3	7,75	2,03	45%	7,75	6,33	32,07%	100,00 %	55,48%
02-feb-15	5,3	7,13	12,43	4,7	43%	12,43	11,83	39,73%	100,00 %	57,36%
03-feb-15	5,02	8,7	13,72	4,77	37%	13,72	13,47	35,41%	100,00 %	63,41%
04-feb-15	4,1	5,77	9,87	4,07	42%	9,87	9,84	41,36%	100,00 %	58,46%
05-feb-15	5,98	10,45	16,43	4,81	36%	16,43	15,26	31,52%	100,00 %	63,60%
06-feb-15	3,49	12,04	15,53	1,37	22%	15,53	13,41	10,22%	100,00 %	77,53%
07-feb-15	2,5	8,83	11,33	0,92	22%	11,33	9,75	9,44%	100,00 %	77,93%
09-feb-15	2	7,15	9,15	0,9	22%	9,15	8,05	11,18%	100,00 %	78,14%
10-feb-15	4,35	10,47	14,82	3,6	29%	14,82	14,07	25,59%	100,00 %	70,65%
11-feb-15	3	11,4	14,4	3	21%	14,4	14,4	20,83%	100,00 %	79,17%
12-feb-15	2,17	12,16	14,33	1,49	15%	14,33	13,65	10,92%	100,00 %	84,86%
13-feb-15	1,9	12,75	14,65	1,15	13%	14,65	13,9	8,27%	100,00 %	87,03%
14-feb-15	0,38	4,89	5,27	0,13	7%	5,27	5,02	2,59%	100,00 %	92,79%

7.3.1 Disponibilidad línea 1

Tratamiento datos Statgraphics:

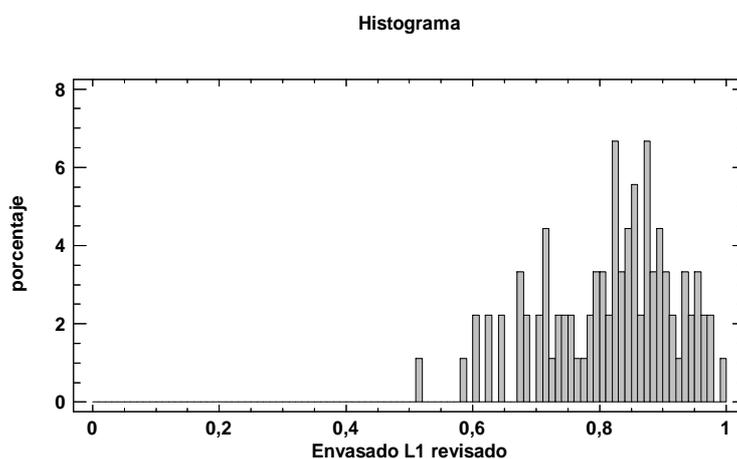


Figura 7-53 Histograma disponibilidad línea 1

Modelado del parámetro disponibilidad línea 1:

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 1.

Tabla 7-19 Datos disponibilidad línea 1

total días =	90
tiempo marcha medio (horas) =	7,61366667
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	74,58%
% paro medio (indisponibilidad)=	18,32%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	48,52%
Mediana	16,89%
% disponibilidad media encajado =	81,68%
máxima % disponibilidad =	100,00%
mínima % disponibilidad =	51,48%
Mediana	83,11%

Función distribución disponibilidad línea 1:

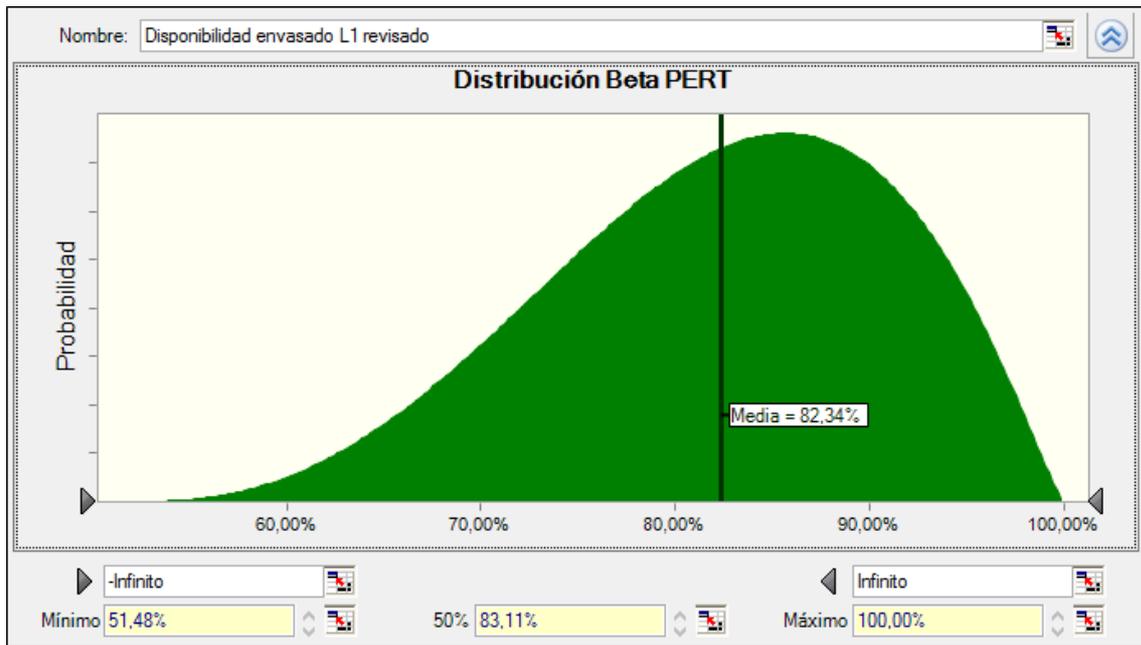


Figura 7-54 Función distribución disponibilidad línea 1

7.3.2 Disponibilidad línea 2

Tratamiento datos Statgraphics:

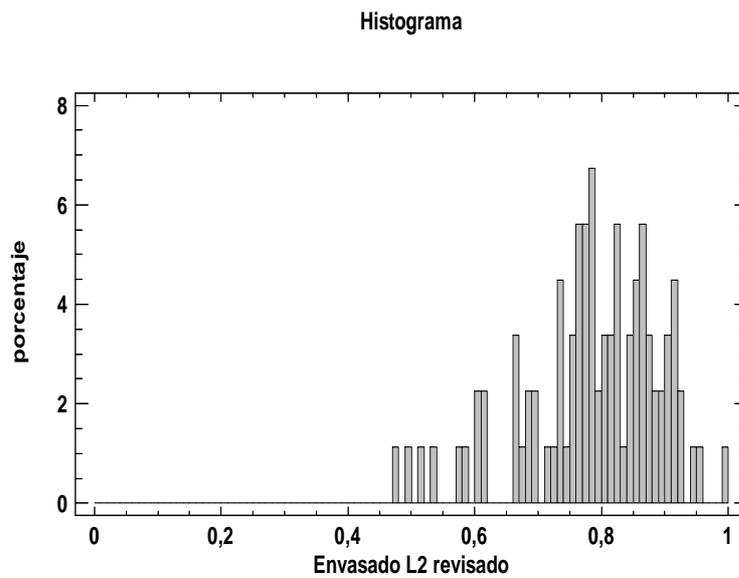


Figura 7-55 Histograma disponibilidad línea 2

Modelado del parámetro disponibilidad línea 2:

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 2.

Tabla 7-20 Datos disponibilidad línea 2

total días =	89
tiempo marcha medio (horas) =	10,56
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	75,95%
% paro medio (indisponibilidad)=	21,50%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	52,63%
Mediana	20,08%
% disponibilidad media encajado =	78,50%
máxima % disponibilidad =	100,00%
mínima % disponibilidad =	47,37%
Mediana	79,92%

Función distribución disponibilidad línea 2:

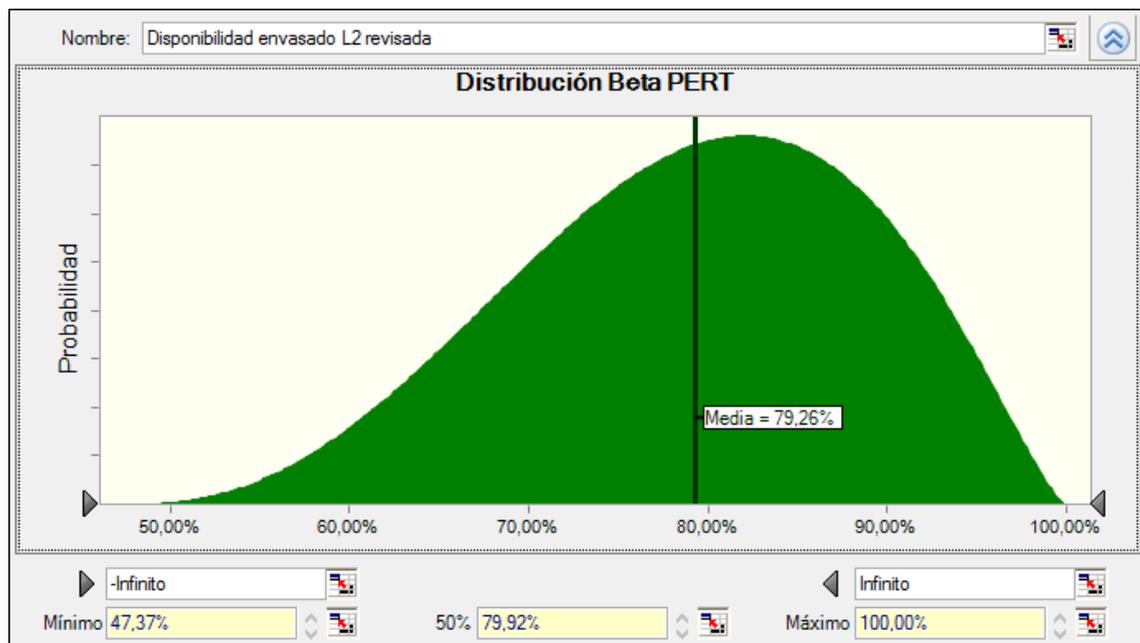


Figura 7-56 Función distribución disponibilidad línea 2

7.3.3 Disponibilidad línea 3 Pouches

Tratamiento datos Statgraphics:

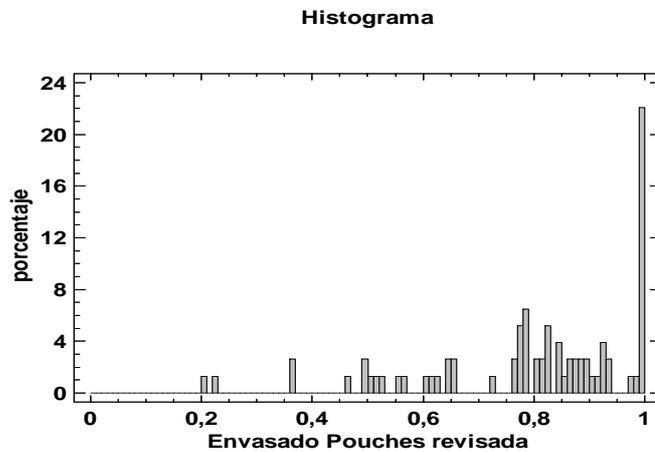


Figura 7-57 Histograma disponibilidad línea 3 Pouches

Modelado del parámetro disponibilidad línea 3 Pouches:

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 3 Pouches.

Tabla 7-21 Datos disponibilidad línea 3 Pouches

total días =	77
tiempo marcha medio (horas) =	9,102727273
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	63,79%
% paro medio (indisponibilidad)=	20,20%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	79,03%
Mediana	16,95%
% disponibilidad media encajado =	79,80%
máxima % disponibilidad =	100,00%
mínima % disponibilidad =	20,97%
Mediana	79,80%

Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches:

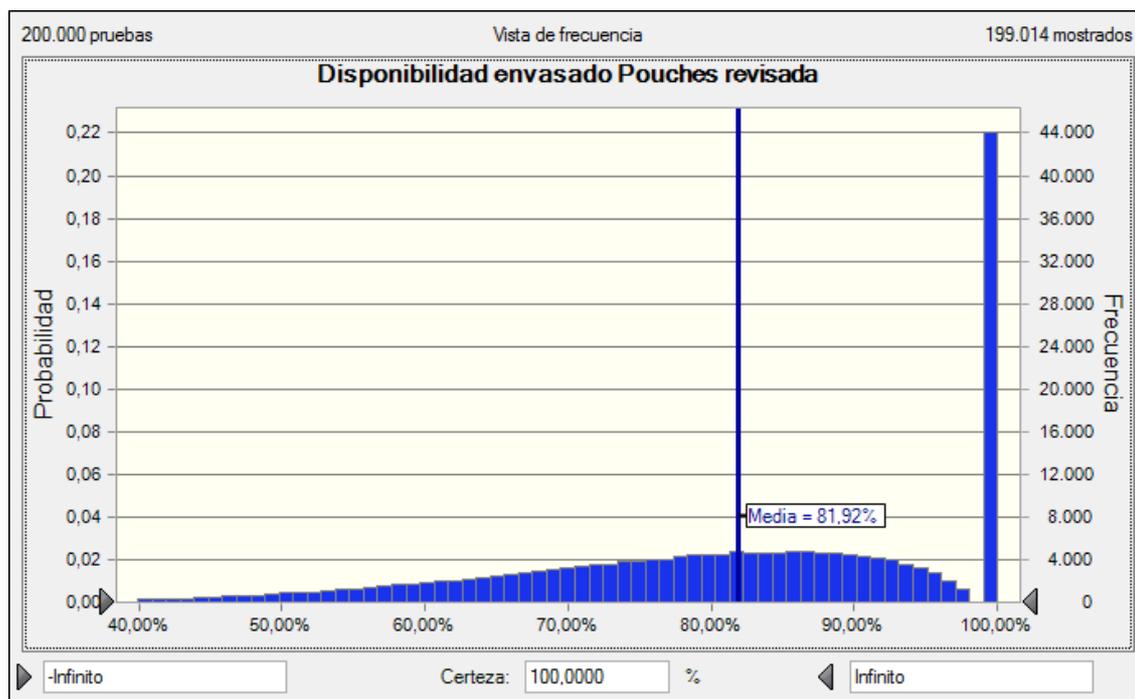


Figura 7-58 Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches

7.4 Estudio disponibilidad etapa de encajado

Debido al gran tamaño de las tablas de datos sólo se mostrará una pequeña representación de las mismas. Estos corresponden a la Línea 1:

Tabla 7-22 Datos producción real línea 1 (cajas)

FECHA	Cajas		KILOGRAMOS		ENVASE	AGRUPACION	PNE UC(g)	CALIBRE
	Planificadas	Producidas	Planificados	Producidos				
07/01/2015	220	220	1650	1650	LT 2750 G	3	2500	280/320
07/01/2015	66	66	396	396	LT 2750 G	3	2000	
07/01/2015	770	770	4620	4620	LT 2750 G	3	2000	280/320
07/01/2015	1320	1320	7920	7920	LT 2750 G	3	2000	280/320
07/01/2015	70	70	609	609	LT A-10	6	1450	300/320
07/01/2015	920	694	8004	6037,8	LT A-10	6	1450	280/320
07/01/2015	49	49	426,3	426,3	LT A-10	6	1450	280/320
07/01/2015	196	196	1700,496	1700,496	LT A-10	6	1446	240/260
07/01/2015	196	196	1700,496	1700,496	LT A-10	6	1446	240/260

07/01/2015	168	0	1461,6	0	LT A-10	6	1450	200/220
07/01/2015	840	710	7287,84	6159,96	LT A-10	6	1446	180/200
07/01/2015	140	0	1214,64	0	LT A-10	6	1446	180/200
08/01/2015	56	56	485,856	485,856	LT A-10	6	1446	180/200
08/01/2015	140	140	1214,64	1214,64	LT A-10	6	1446	180/200
08/01/2015	168	168	1461,6	1461,6	LT A-10	6	1450	200/220
08/01/2015	168	168	1572,48	1572,48	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	140	140	1310,4	1310,4	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	160	160	1497,6	1497,6	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	931	334	8714,16	3126,24	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	552	552	5166,72	5166,72	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	1008	1008	9434,88	9434,88	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	924	924	8648,64	8648,64	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	56	56	524,16	524,16	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	840	840	7862,4	7862,4	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	140	140	1310,4	1310,4	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	924	924	8648,64	8648,64	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	56	56	524,16	524,16	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	924	924	8648,64	8648,64	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	56	56	524,16	524,16	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	924	924	8648,64	8648,64	LT A-10	6	1560	
08/01/2015	56	56	524,16	524,16	LT A-10	6	1560	

Tabla 7-23 Datos incidencias línea 1 etapa ancajado

FECHA	COD MOTIVO PARO	MOTIVO PARO	TIEMPO PARO(H)	TIPO PARO
07/01/2015	0180	ATASCO DE LINEA	0,5	IMPRODUCTIVO
07/01/2015	1064	ENCAJADORA	0,92	IMPRODUCTIVO
07/01/2015	1170	LIMPIEZA Y ENGRASE	0,67	IMPRODUCTIVO
07/01/2015	2055	FALTA LATAS AUTOCLAVE	2	IMPRODUCTIVO
07/01/2015	3035	CAMBIO ETIQUETADORA	0,33	PRODUCTIVO
07/01/2015	3045	CAMBIO PEDIDO	0,75	PRODUCTIVO

07/01/2015	3170	CAMBIO ENCAJADORA	1	PRODUCTIVO
07/01/2015	5094	MARKEM STICKER / RIBBON	1,17	IMPRODUCTIVO
08/01/2015	0180	ATASCO DE LINEA	1,92	IMPRODUCTIVO
08/01/2015	1064	ENCAJADORA	0,25	IMPRODUCTIVO
08/01/2015	2050	FALTA EMBALAJE	1	IMPRODUCTIVO
08/01/2015	2055	FALTA LATAS AUTOCLAVE	0,17	IMPRODUCTIVO
08/01/2015	3045	CAMBIO PEDIDO	0,83	PRODUCTIVO
08/01/2015	3180	CAMBIO PALETIZADOR	0,42	PRODUCTIVO
09/01/2015	0180	ATASCO DE LINEA	1,17	IMPRODUCTIVO
09/01/2015	1064	ENCAJADORA	0,75	IMPRODUCTIVO
09/01/2015	2055	FALTA LATAS AUTOCLAVE	0,42	IMPRODUCTIVO
09/01/2015	2055	FALTA LATAS AUTOCLAVE	0,25	IMPRODUCTIVO
09/01/2015	3045	CAMBIO PEDIDO	0,42	PRODUCTIVO
09/01/2015	3170	CAMBIO ENCAJADORA	2	PRODUCTIVO
09/01/2015	3180	CAMBIO PALETIZADOR	0,33	PRODUCTIVO
09/01/2015	5096	RETRACTILADORA	0,75	IMPRODUCTIVO
10/01/2015	3025	CAMBIO ENVASE / FORMATO	2,75	PRODUCTIVO
10/01/2015	3045	CAMBIO PEDIDO	0,5	PRODUCTIVO
10/01/2015	3170	CAMBIO ENCAJADORA	2	PRODUCTIVO
12/01/2015	0180	ATASCO DE LINEA	0,5	IMPRODUCTIVO
12/01/2015	2055	FALTA LATAS AUTOCLAVE	4,34	IMPRODUCTIVO
12/01/2015	3045	CAMBIO PEDIDO	0,92	PRODUCTIVO
12/01/2015	5066	ENCESTADOR Y DESENCESTADOR	0,5	IMPRODUCTIVO
12/01/2015	7040	CALIDAD ETIQUETAS	0,25	IMPRODUCTIVO
12/01/2015	7050	CALIDAD EMBALAJE	0,16	IMPRODUCTIVO
13/01/2015	0180	ATASCO DE LINEA	1,17	IMPRODUCTIVO
13/01/2015	2020	FALTA ENVASE	0,17	IMPRODUCTIVO
13/01/2015	2045	FALTA STICKER	0,5	IMPRODUCTIVO

Gracias a esta información se obtienen una serie de parámetros que se usan para el cálculo de la disponibilidad de la etapa de encajado:

Tabla 7-24 Obtención parámetros cálculo disponibilidad etapa encajado

FEC HA	TIEMPO TOTAL PARO(H)	TIEMPO MARCHA(H)	JORNADA(H)	tiempo total paro 2 (H)	% PARO	Tiempo funcionamiento	Tiempo funcionamiento 2	%PARO x indisponibilidad	% FUNCIONAMIENTO	% marcha
07/01/2015	7,34	9,41	16,75	5,34	44%	16,75	14,75	36,20%	100,00 %	56,18%
08/01/2015	4,59	11,66	16,25	4,42	28%	16,25	16,08	27,49%	100,00 %	71,75%
09/01/2015	6,09	7,66	13,75	5,42	44%	13,75	13,08	41,44%	100,00 %	55,71%
10/01/2015	5,25	2,50	7,75	5,25	68%	7,75	7,75	67,74%	100,00 %	32,26%
12/01/2015	6,67	12,33	19	2,33	35%	19	14,66	15,89%	100,00 %	64,89%
13/01/2015	7,6	12,15	19,75	3,1	38%	19,75	15,25	20,33%	100,00 %	61,52%
14/01/2015	5,25	9,25	14,5	2,75	36%	14,5	12,00	22,92%	100,00 %	63,79%
15/01/2015	11,25	8,25	19,5	7,42	58%	19,5	15,67	47,35%	100,00 %	42,31%
16/01/2015	5	8,00	13	2,67	38%	13	10,67	25,02%	100,00 %	61,54%
17/01/2015	4	7,00	11	3,5	36%	11	10,50	33,33%	100,00 %	63,64%
19/01/2015	7,75	7,75	15,5	6,17	50%	15,5	13,92	44,32%	100,00 %	50,00%
20/01/2015	4,08	7,50	11,58	3,58	35%	11,58	11,08	32,31%	100,00 %	64,77%
21/01/2015	2	10,00	12	1,25	17%	12	11,25	11,11%	100,00 %	83,33%
22/01/2015	3,17	12,33	15,5	1,17	20%	15,5	13,50	8,67%	100,00 %	79,55%
23/01/2015	3	12,25	15,25	0,5	20%	15,25	12,75	3,92%	100,00 %	80,33%
24/01/2015	2,75	5,00	7,75	0,75	35%	7,75	5,75	13,04%	100,00 %	64,52%
26/01/2015	5,17	14,33	19,5	3,09	27%	19,5	17,42	17,74%	100,00 %	73,49%
27/01/2015	6,25	12,58	18,83	2,75	33%	18,83	15,33	17,94%	100,00 %	66,81%
28/01/2015	3,42	12,08	15,5	1,92	22%	15,5	14,00	13,71%	100,00 %	77,94%
29/01/2015	7,5	13,00	20,5	5,67	37%	20,5	18,67	30,37%	100,00 %	63,41%

30/01/2015	3,85	7,75	11,6	3,35	33%	11,6	11,10	30,18%	100,00 %	66,81%
------------	------	------	------	------	-----	------	-------	---------------	----------	--------

7.4.1 Disponibilidad línea 1 (encajado)

Tratamiento datos Statgraphics:

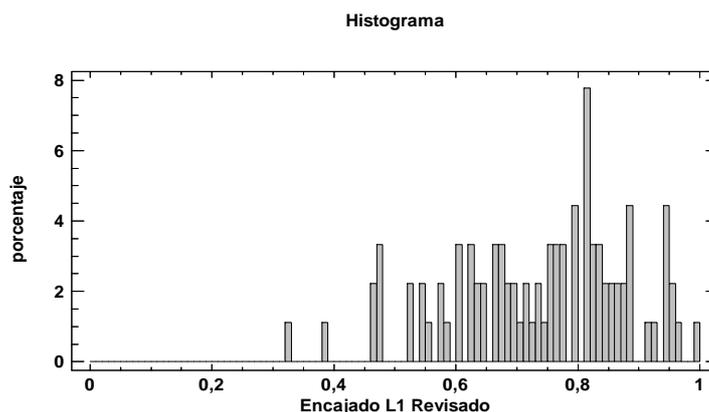


Figura 7-59 Histograma disponibilidad línea 1 (encajado)

Modelado del parámetro disponibilidad línea 1 (encajado):

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 1.

Tabla 7-25 Datos disponibilidad línea 1 (encajado)

total días =	90
tiempo marcha medio (horas) =	7,18
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	69,63%
% paro medio (indisponibilidad)=	26,33%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	67,74%
Mediana	23,70%
% disponibilidad media encajado =	73,67%
máxima % disponibilidad =	100%
mínima % disponibilidad =	32,26%

Mediana	76,30%
---------	--------

Función distribución disponibilidad línea 1 (encajado):

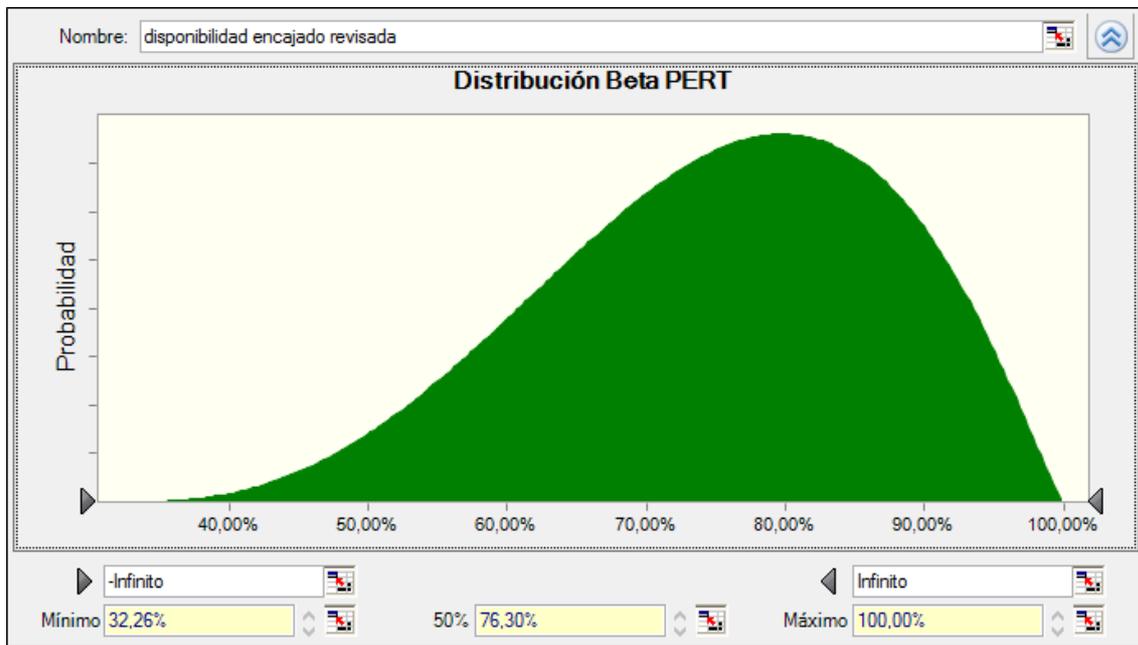


Figura 7-60 Función distribución disponibilidad línea 1 (encajado)

7.4.2 Disponibilidad línea 2 (encajado)

Tratamiento datos Statgraphics:

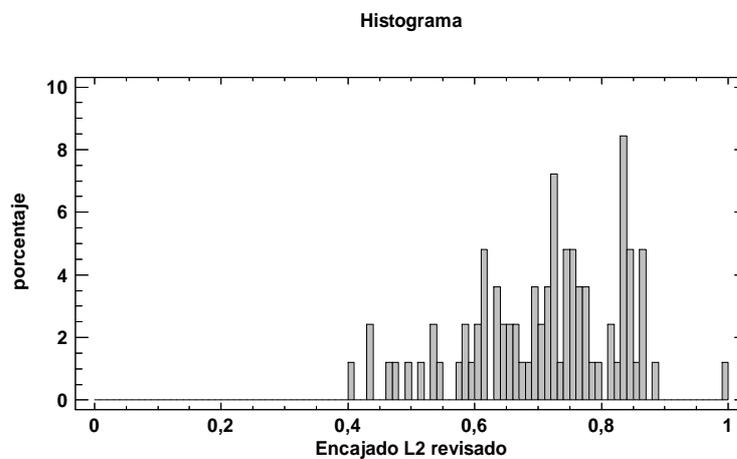


Figura 7-61 Histograma disponibilidad línea 2 (encajado)

Modelado del parámetro disponibilidad línea 2 (encajado):

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 2.

Tabla 7-26 Datos disponibilidad línea 2

total días =	83
tiempo marcha medio (horas) =	11,59349398
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	68,14%
% paro medio (indisponibilidad)=	29,04%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	59,38%
Mediana	27,61%
% disponibilidad media encajado =	70,96%
máxima % disponibilidad =	100%
mínima % disponibilidad =	40,62%
Mediana	72,39%

Función distribución disponibilidad línea 2 (encajado):

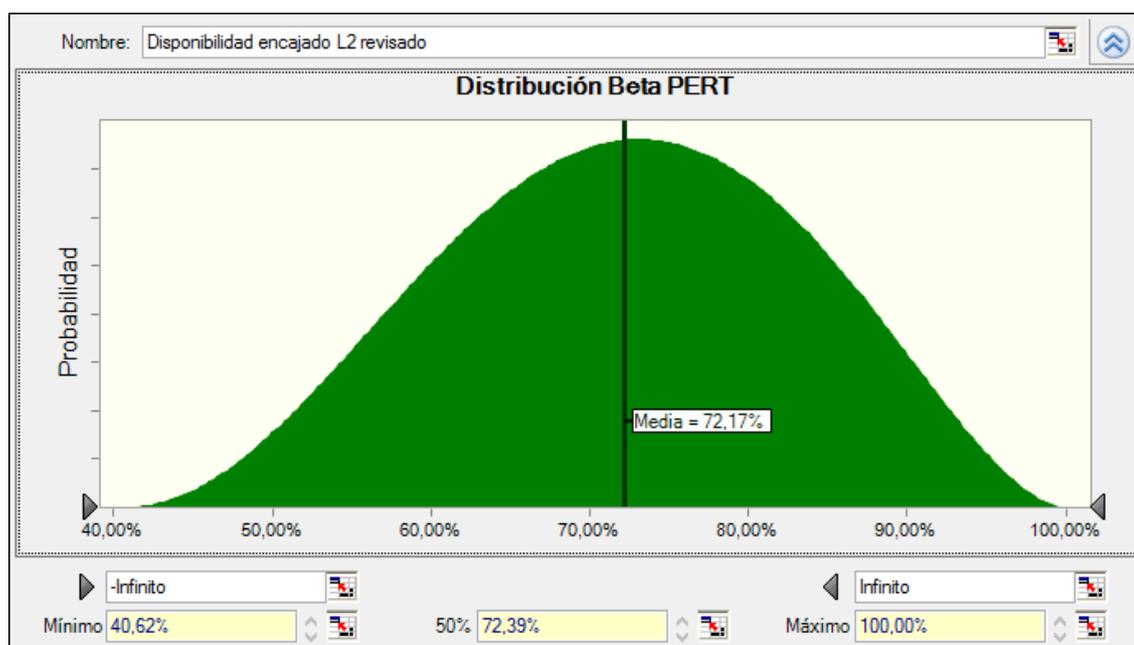


Figura 7-62 Función distribución disponibilidad línea 2 (encajado)

7.4.3 Disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)

Tratamiento datos Statgraphics:

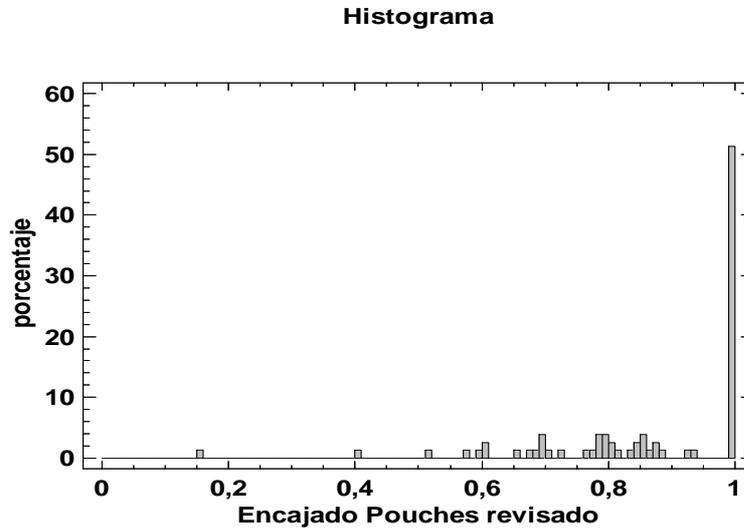


Figura 7-63 Histograma disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)

Modelado del parámetro disponibilidad línea 3 Pouches (encajado):

Extrayendo los estadísticos gracias al análisis estadístico se construye la distribución del parámetro disponibilidad línea 3 Pouches.

Tabla 7-27 Datos disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)

total días =	78
tiempo marcha medio (horas) =	8,622948718
% días funcionamiento =	100%
% marcha medio =	59,58%
% paro medio (indisponibilidad)=	13%
mínimo % paro (indisponibilidad)=	0,00%
máximo % paro (indisponibilidad)=	84,52%
Mediana	0,00%
% disponibilidad media encajado =	87,42%
máxima % disponibilidad =	100%
mínima % disponibilidad =	15%
Mediana	100%

Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches (encajado):

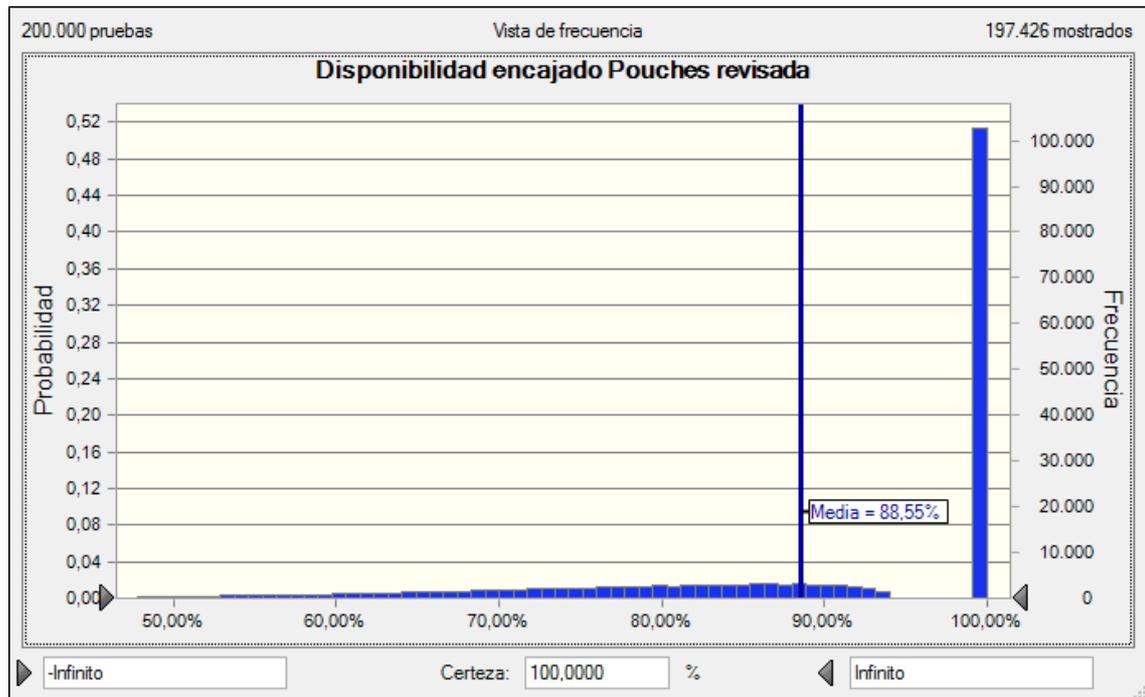


Figura 7-64 Función distribución disponibilidad línea 3 Pouches (encajado)

7.5 Estudio disponibilidad etapa de deshuesado (deshuesado y corte)

Mediante cuestionario a los operarios de la estación de deshuesado se extrajo la siguiente información para poder estimar la disponibilidad de la etapa de deshuesado.

Tiempos cambios formatos por máquinas y tiempo limpieza por líneas:

-Cambio rodaja a rodaja: T_{minimo}: 3 min. Thabitual: 12 minutos. T_{maximo}: 20 minutos. Limpieza: 10 minutos (por línea), según tiempo funcionamiento máquinas.

-Cambio rodaja a deshuesada: T_{minimo}: 5 min. Thabitual: 15 minutos. T_{maximo}: 20 minutos. Limpieza: 40 minutos (por línea).

-Cambio deshuesada a deshuesada: T_{minimo}: 3 min. Thabitual: 12 minutos. T_{maximo}: 20 minutos. Limpieza: 10 minutos (por línea), según tamaño aceituna y tiempo funcionamiento.

-Cambio deshuesada a rodaja: T_{minimo}: 3 min. Thabitual: 15 minutos. T_{maximo}: 22 minutos. Limpieza: 15 minutos (por línea).

Tabla 7-28 Realación cambios de transformación

CAMBIOS	A Rodaja	A Deshuesada
De Rodaja	(3,12,20)+10	(5,15,20)+10
De Deshuesada	(3,15,22)+15	(3,12,20)+10

Tabla 7-29 Datos líneas de deshuesado

n° líneas	6
tiempo línea (min/día)	1440
tiempo líneas (min/día)	8640

Tabla 7-30 Datos línea de deshuesado

N° máquinas por línea:	6
Horas/turno	8
N° de turnos/día	3
N° deshuesadoras	36
Horas funcionamiento máximo/día	24
Minutos funcionamiento máximas acumuladas deshuesadoras	51.840,00

Tabla 7-31 N° cambios día desfavorable

Día desfavorable:	
Número de cambios rodaja a rodaja	3
Número de cambios rodaja a deshuesada	2
Número de cambios deshuesada a deshuesada	3
Número de cambios deshuesada a rodaja	2

Tabla 7-32 N° cambios día habitual

Día habitual:	
Número de cambios rodaja a rodaja	1
Número de cambios rodaja a deshuesada	1
Número de cambios deshuesada a deshuesada	2
Número de cambios deshuesada a rodaja	1

Tabla 7-33 N° cambios día favorable

Día favorable:	
Número de cambios rodaja a rodaja	0
Número de cambios rodaja a deshuesada	1
Número de cambios deshuesada a deshuesada	1
Número de cambios deshuesada a rodaja	1

Tabla 7-34 Datos disponibilidad etapa deshuesado

	Pesimista	Probable	Optimista
Minutos perdidos día desfavorable	1489	1044,5	444
Minutos perdidos día habitual	697	481	187
Minutos perdidos día favorable	437	317	131
Disponibilidad mínima	82,77%	87,91%	94,86%
Disponibilidad probable	91,93%	94,43%	97,84%
Disponibilidad máxima	94,94%	96,33%	98,48%

Finalmente se obtiene la estimación de la disponibilidad de la etapa del deshuesado que expreso mediante la siguiente función de distribución de probabilidad:

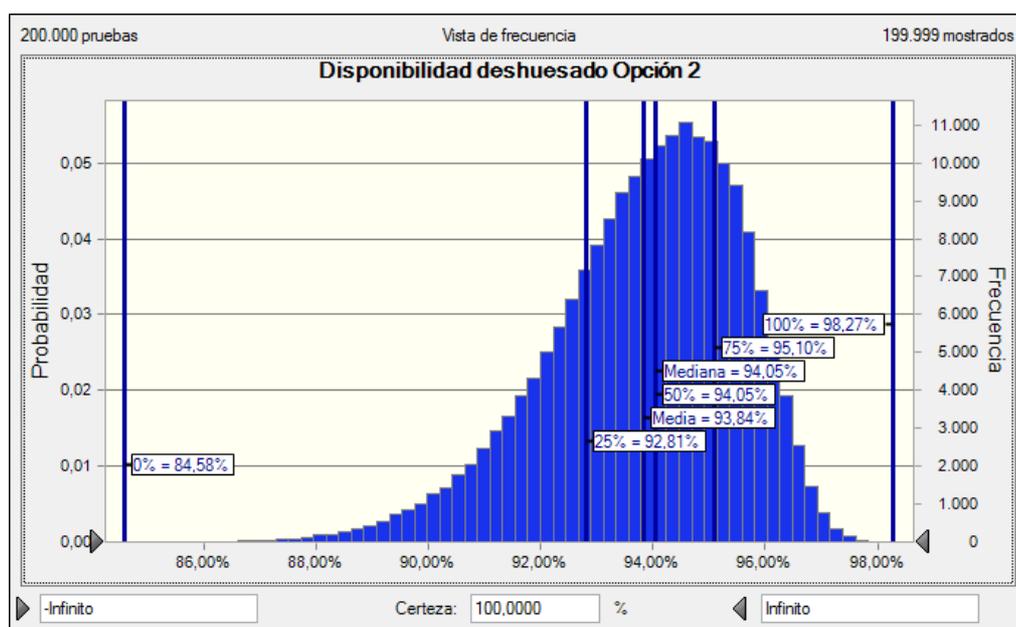


Figura 7-65 Distribución de probabilidad disponibilidad etapa de deshuesado

7.6 Experimentación para la estimación de la duración del proceso de vaciar un pilón

El experimento consiste en llenar una tolva de deshuesado y conociendo las condiciones iniciales, realizar una estimación del tiempo del proceso completo.

Se considera como inicio del proceso el momento en el cual se decide vaciar el pilón. Para ello primero se tiene que iniciar la apertura manual de dos válvulas para posteriormente arrancar la bomba que da comienzo a la recirculación de salmuera que favorece la extracción de las aceitunas del pilón de oxidación. El experimento se da por finalizado cuando se llega al nivel deseado en la tolva de deshuesado.

Para llegar a los resultados se han realizado varias simplificaciones del problema. No tendría sentido abordar este problema con un mayor grado de ajuste cuando las estimaciones de tiempos para el proceso se basan en la capacidad de estimar los tiempos del personal de la etapa de oxidación.

Tabla 7-35 Datos experimento vaciado de pilón

Datos:		
Nivel del pilón:	70%	
Cercanía [1-6] (Siendo 1 el valor de máxima cercanía):	3	
Capacidad tolva:	1000	kilogramos
Tiempo consumido [T_c]:	330	segundos
Diametro pilón [H]:	2	metros
Largo del pilón [L]:	8	metros

Posición del pilón utilizado en el experimento:

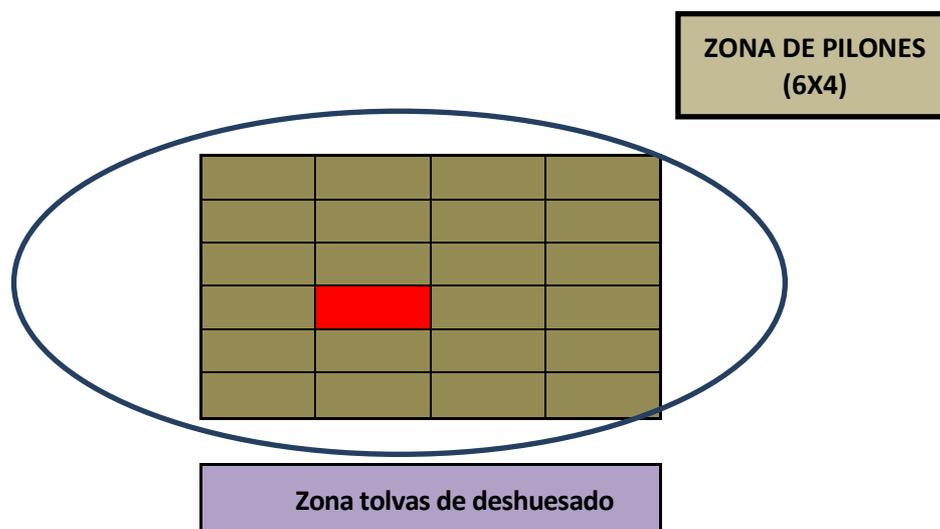


Figura 7-66 Posición pilón experimento

Suposiciones:

Tabla 7-36 Suposiciones experimento vaciado pilón

Velocidad vaciado pilon [v]	$S_1 * (((2 * g * H) / ((S_1)^2 - (S_2)^2))^{(1/2)})$	=	$K * (H^{(1/2)})$		
Caudal [Q]	$v * S$	=	$K * (H^{(1/2)}) * S$	=	$M * (H^{(1/2)})$
Volumen vaciado	$Q * T_c$	=	$M * (H^{(1/2)}) * T_c$	=	2,0106193

Ahora con los resultados del experimento se puede calcular el valor de M:

$$2,010619298 = M * ((0,7 * 2)^{(1/2)}) * 330$$

El valor de **M es 0,00514934**

Tabla 7-37 Datos pilón vaciado

Volumen total pilón	25,13274123	m ³
Kilogramos aceitunas pilón lleno	12500	kg
Volumen tolva	2,010619298	m ³
Kilogramos aceitunas por tolva	1000	kg
% pilon vaciado	8,00%	
Tiempo necesario para vaciar un 10% (del 70% al 60%)	412,5	segundos
Volumen consumido (10% del total)=	2,513274123	m ³

Tabla 7-38 Relación altura del pilón con porcentaje de llenado

Altura del 100% al 90%	2	metros
Altura del 90% al 80%	1,80	metros
Altura del 80% al 70%	1,6	metros
Altura del 70% al 60%	1,4	metros

Altura del 60% al 50%	1,20	metros
Altura del 50% al 40%	1	metros
Altura del 40% al 30%	0,8	metros
Altura del 30% al 20%	0,60	metros
Altura del 20% al 10%	0,4	metros
Altura del 10% al 0%	0,2	metros

Tabla 7-39 Tiempos vaciado del pilón

tiempo consumido para llevar el pilón del 100% al 90%	345,12
tiempo consumido para llevar el pilón del 90% al 80%	363,79
tiempo consumido para llevar el pilón del 80% al 70%	385,86
tiempo consumido para llevar el pilón del 70% al 60%	412,50
tiempo consumido para llevar el pilón del 60% al 50%	445,55
tiempo consumido para llevar el pilón del 50% al 40%	488,08
tiempo consumido para llevar el pilón del 40% al 30%	545,69
tiempo consumido para llevar el pilón del 30% al 20%	630,10
tiempo consumido para llevar el pilón del 20% al 10%	771,72
tiempo consumido para llevar el pilón del 10% al 0%	1091,37

El tiempo total para el vaciado del pilón de prueba sería de 5479 segundos (91,32 minutos)

Si se asumiera linealidad sería de 4125 segundos (68,75 minutos).

Tabla 7-40 Factor cercanía del pilón

Cercanía	Factor	Tiempo total vaciado	
1	0,95	86,76316128	minutos
2	0,975	89,04640237	minutos
3	1	91,32964345	minutos
4	1,025	93,61288454	minutos

5	1,05	95,89612563	minutos
6	1,075	98,17936671	minutos

De esta manera el tiempo medio de vaciado de un pílón sería de **92,47 minutos (1,54 horas)**

7.7 Estimación de duración del setup “completo” en la etapa de encajado

Descomposición del proceso en 5 tareas y estimación de la duración de las mismas por el personal responsable de la etapa:

(Todos los tiempos están expresados en minutos)

Tabla 7-41 Duración tareas setup etapa de encajado

Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista
1	Cambio de código	0,5	0,75	1,25
2	Cambio etiquetas	0,33	0,5	0,75
3	Cambio cartón (cajas)	1	2	3
4	Cambio código II	0,17	0,25	0,33
5	Cambio pallet	5	8	11

Análisis determinista

Tabla 7-42 Análisis determinista setup encajado

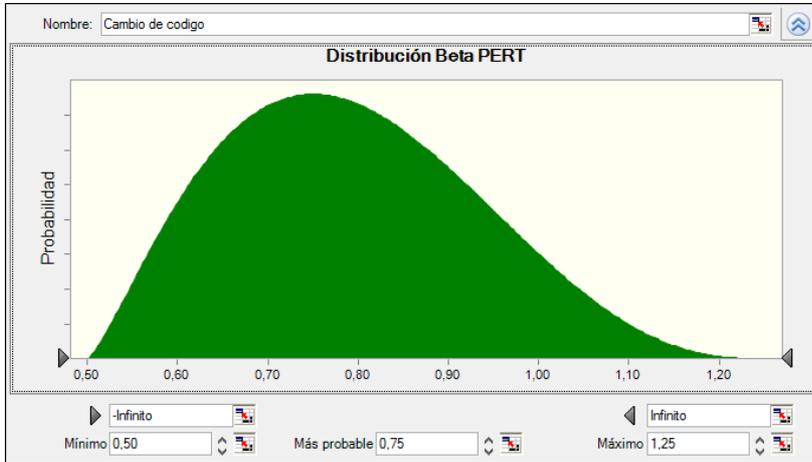
Nº	Tareas	Duración optimista	Duración probable	Duración pesimista	Duración media	Desviación típica
1	Cambio de código	0,5	0,75	1,25	0,79	0,13
2	Cambio etiquetas	0,33	0,5	0,75	0,51	0,07
3	Cambio cartón (cajas)	1	2	3	2,00	0,33
4	Cambio código II	0,17	0,25	0,33	0,25	0,03
5	Cambio pallet	5	8	11	8,00	1,00

La duración media del setup sería de 11,04 minutos y la desviación típica media de 1,06 minutos.

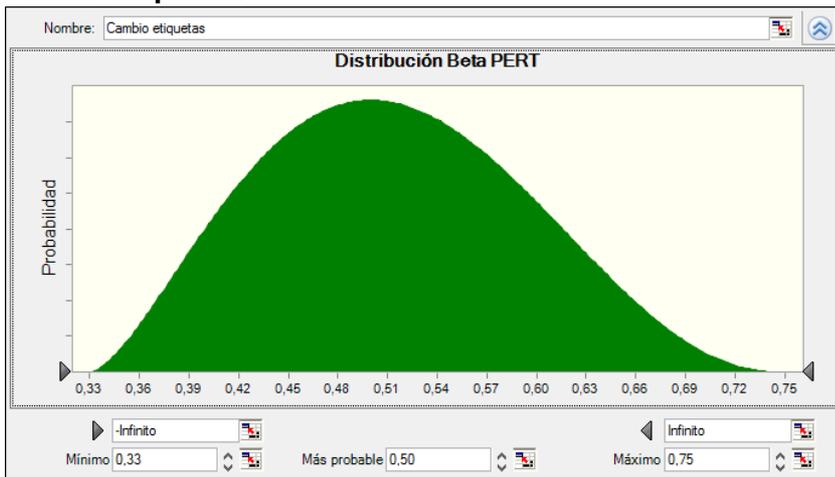
Análisis estocástico

Los datos de entrada serían las distribuciones de tiempo de cada tarea:

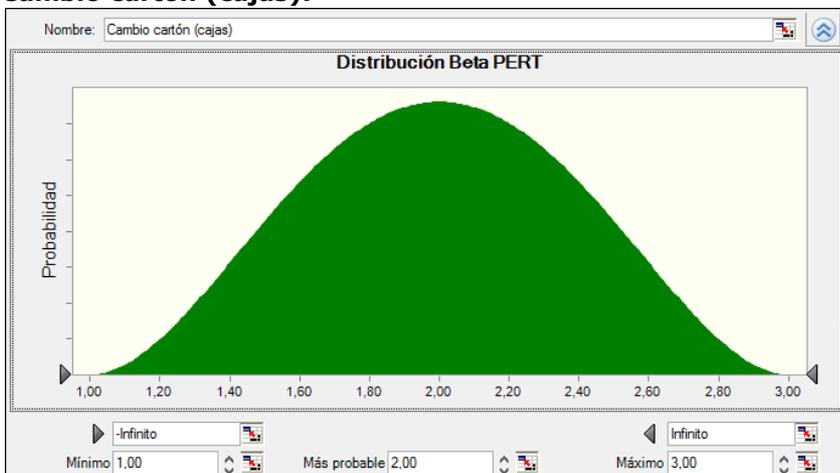
Cambio de código:



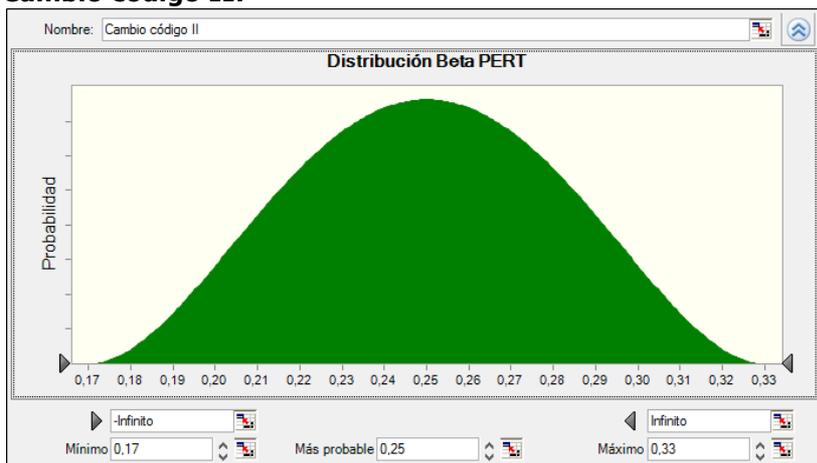
Cambio etiquetas:



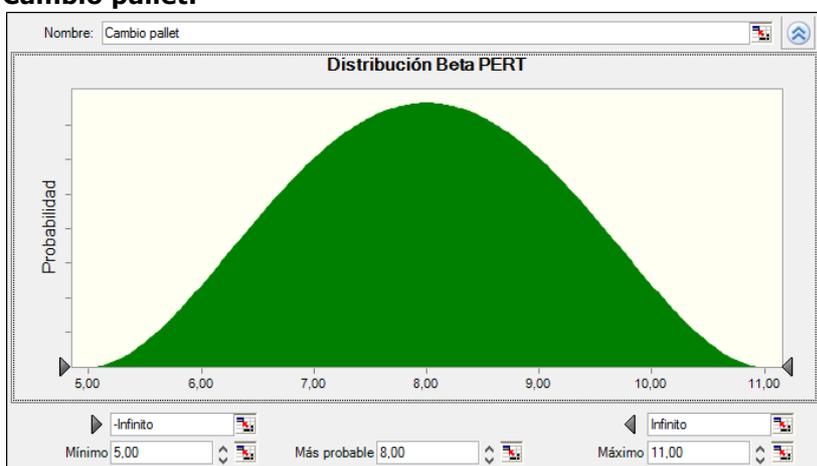
Cambio cartón (cajas):



Cambio código II:



Cambio pallet:



Los datos de salida son:

Duración del setup “completo” en la etapa de encajado (línea 1):

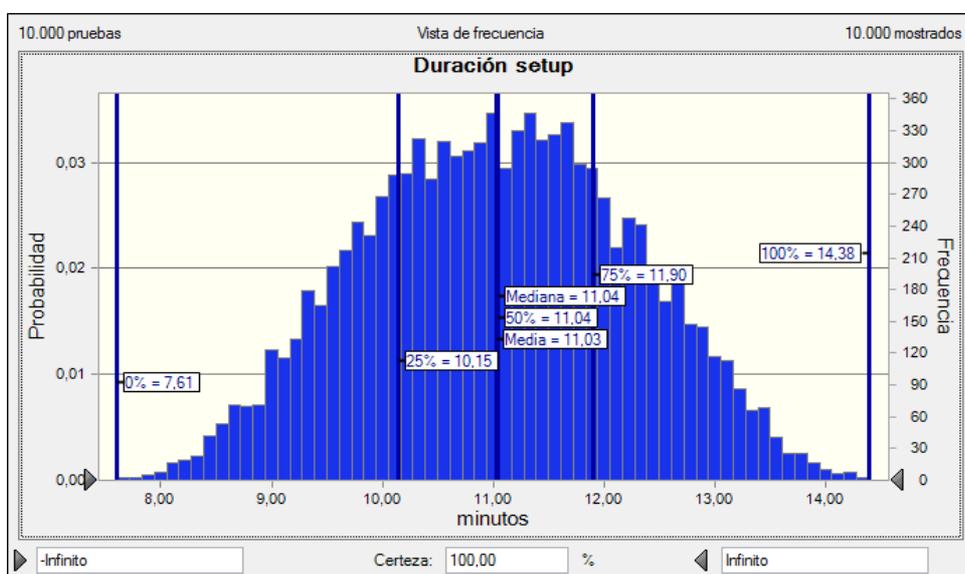


Figura 7-67 Distribución duración setup etapa encajado

Interpretación de los resultados:

Intervalos de confianza de la etapa duración setup etapa encajado:

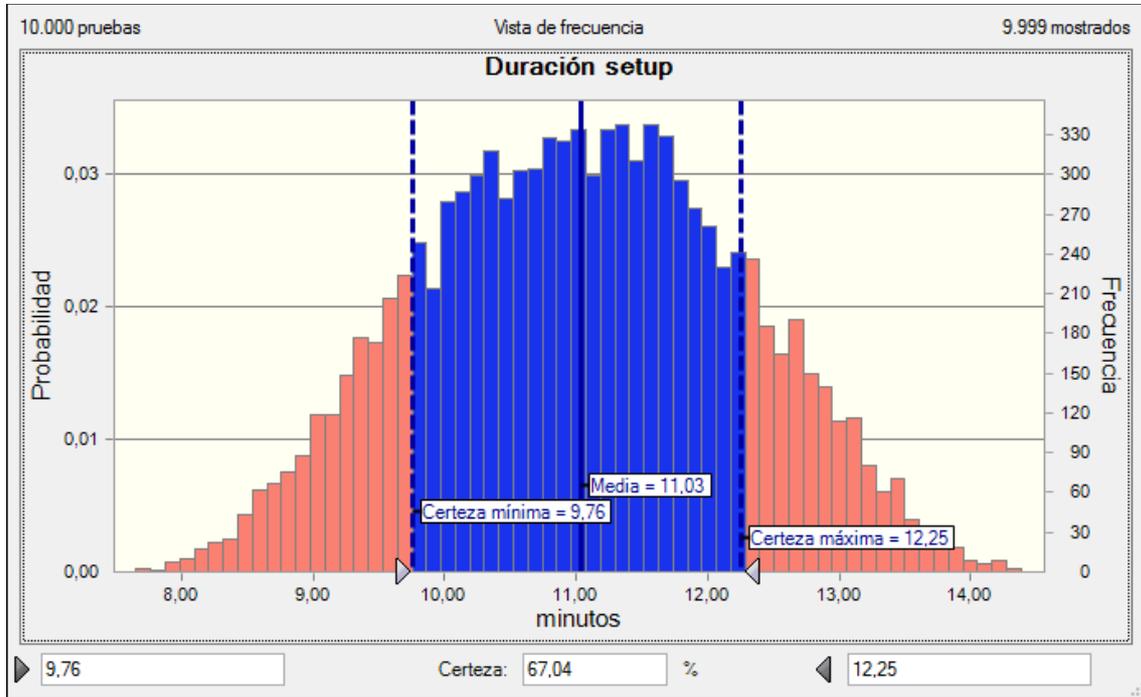


Figura 7-68 Intervalo de confianza del 67% de la duración setup encajado

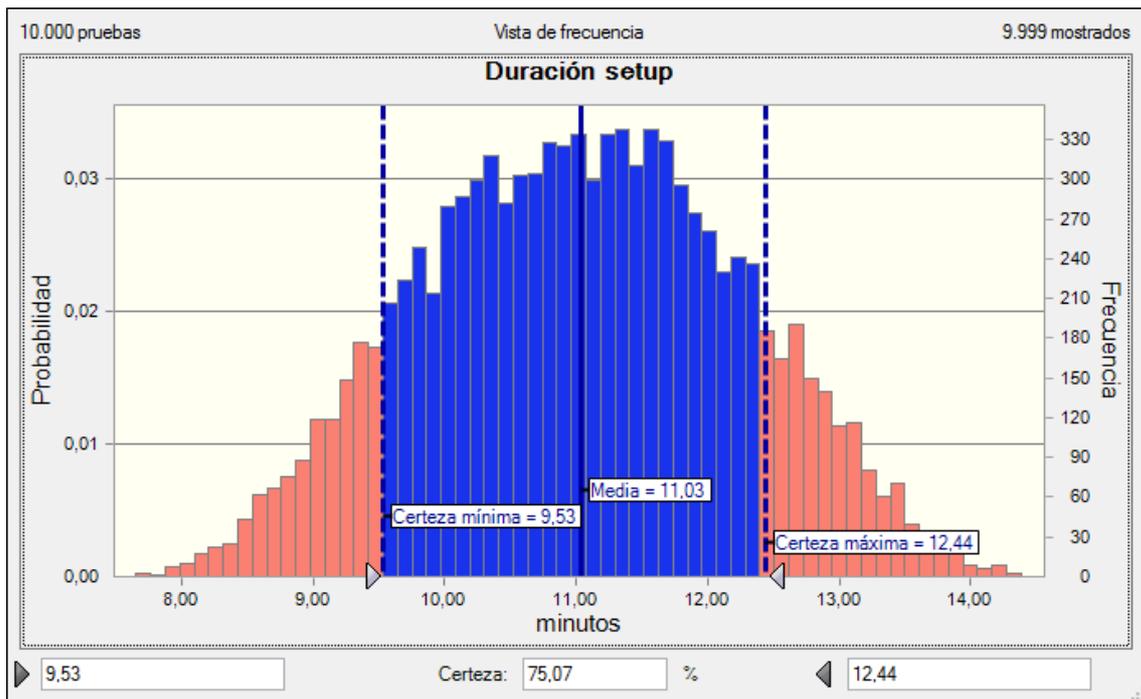


Figura 7-69 Intervalo de confianza del 75% de la duración setup encajado

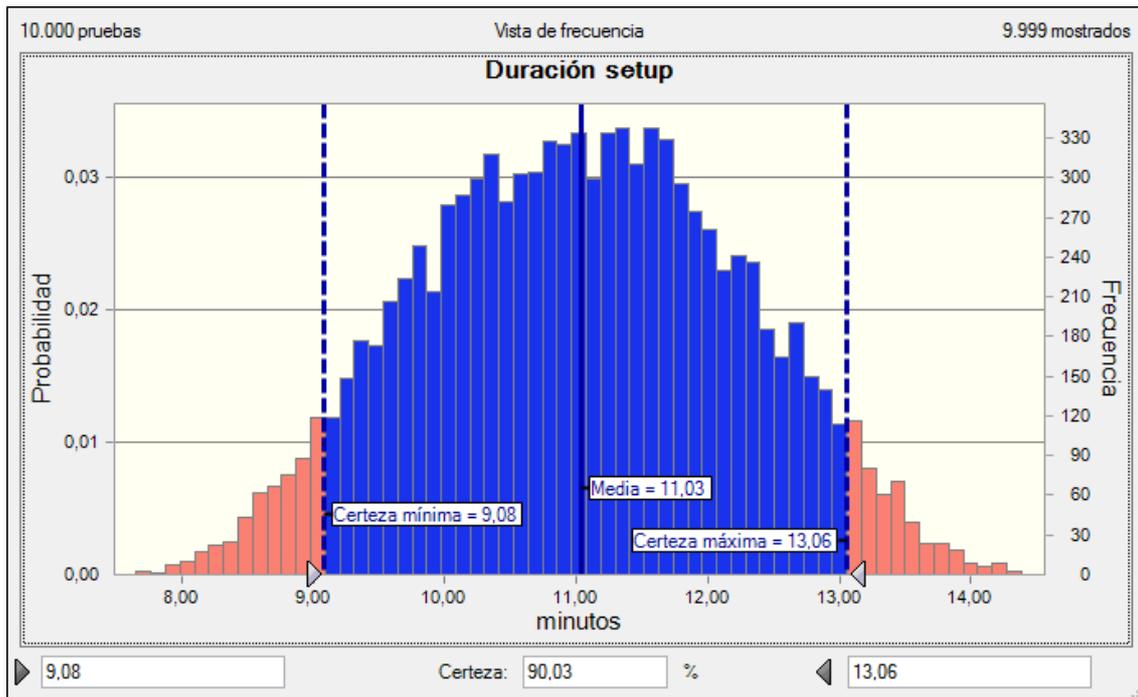


Figura 7-70 Intervalo de confianza del 90% de la duración setup encajado

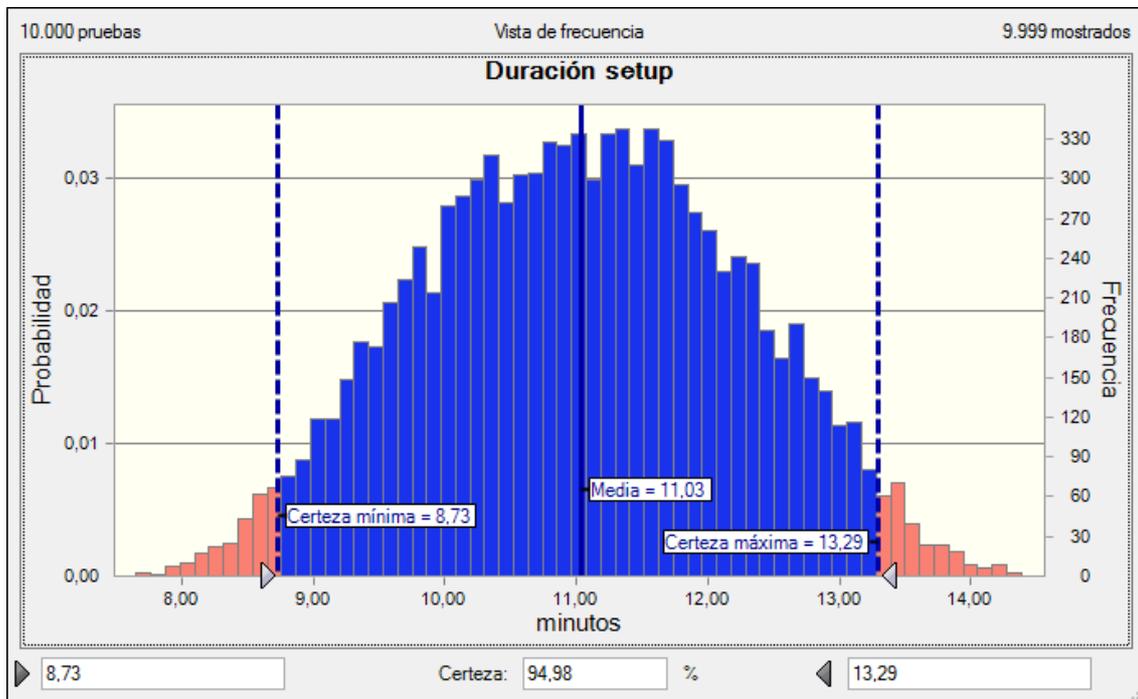


Figura 7-71 Intervalo de confianza del 95% de la duración setup encajado

BIBLIOGRAFÍA

Del Río, Carmen, Caballero, J.M. y Vallejo, M.A. *Variabilidad de la aceituna en el banco de germoplasma mundial de olivo del IFAPA.*

EPM Information Development Team. 2011. Crystal Ball User's Guide. 2011.

StatPoint Technologies. 2010. STATGRAPHICS Centurion XVI Manual de usuario. 2010.