

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN..... | 15 |
| 1.1 Lugar de aplicación del proyecto..... | 16 |
| 1.1.1 Ubicación de la empresa..... | 17 |
| 1.1.2 Productos elaborados en la empresa..... | 18 |
| 1.1.3 Estructura organizacional..... | 20 |
| 1.2 Descripción de la problemática..... | 21 |
| 1.3 Alcance del proyecto..... | 23 |
| 1.4 Objetivo general..... | 23 |
| 1.5 Objetivos específicos..... | 23 |
| 1.6 Resultados tangibles esperados..... | 24 |
| CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO..... | 25 |
| 2.1 Métodos de pronóstico de demanda..... | 26 |
| 2.1.1 Promedio móvil..... | 26 |
| 2.1.2 Promedio móvil ponderado..... | 26 |
| 2.1.3 Suavizamiento exponencial simple..... | 27 |
| 2.1.4 Método de Holt..... | 27 |
| 2.1.5 Método de Holt-Winters..... | 28 |
| 2.1.6 Regresión lineal simple..... | 29 |
| 2.1.7 Regresión lineal múltiple..... | 29 |
| 2.1.8 ARMA..... | 29 |
| 2.1.9 ARIMA..... | 30 |
| 2.1.10 ARIMAX..... | 30 |
| 2.1.11 SARIMAX..... | 30 |
| 2.1.12 XGBoost..... | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2 Medidas de desempeño de los modelos de pronóstico | 31 |
| 2.2.1 Error absoluto | 31 |
| 2.2.2 Bias | 31 |
| 2.2.3 MAD | 32 |
| 2.2.4 MAPE | 32 |
| 2.2.5 RMSE | 32 |
| 2.3 Sistemas de información..... | 33 |
| 2.3.1 Sistema de integración del proyecto | 33 |
| 2.4 Metodología de solución | 34 |
| 2.4.1 Diagnóstico de la situación actual | 35 |
| 2.4.2 Recopilación de datos históricos | 35 |
| 2.4.3 Pre-procesamiento de datos | 35 |
| 2.4.4 Priorización de productos críticos | 36 |
| 2.4.5 Aplicación de modelos de pronóstico..... | 36 |
| 2.4.6 Análisis de resultados | 37 |
| 2.4.7 Integración de los resultados al sistema de información | 37 |
| 2.4.8 Evaluación del impacto de la solución | 37 |
| 2.4.9 Elaboración de metodología | 37 |
| 2.5 Herramientas para el diagnóstico de la situación actual..... | 38 |
| 2.5.1 Diagrama causa – raíz | 38 |
| 2.5.2 Diagrama Pareto | 38 |
| 2.5.3 Escatergrama | 38 |
| CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA | 39 |
| 3.1 Situación actual de la empresa..... | 40 |
| 3.1.1 Indicadores estratégicos de desempeño..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 3.1.2 Familias de productos..... | 45 |
| 3.1.3 Productos familia longanizas..... | 46 |
| 3.1.4 Productos familia madurados | 47 |
| 3.2 Informes del sistema..... | 48 |
| 3.3 Priorización de productos críticos | 49 |
| 3.4 Clasificación según variabilidad demanda | 52 |
| 3.5 Diagrama Causa-Raíz..... | 53 |
| 3.5.1 Máquinas | 53 |
| 3.5.2 Mano de obra..... | 54 |
| 3.5.3 Externas | 54 |
| 3.5.4 Método..... | 55 |
| CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE PRONÓSTICO | 57 |
| 4.1 Construcción base de datos..... | 58 |
| 4.2 Librerías relevantes..... | 59 |
| 4.3 Funciones utilizadas | 59 |
| 4.4 Modelos de pronóstico | 60 |
| CAPÍTULO 5: RESULTADOS MODELOS DE PRONÓSTICO | 69 |
| 5.1 Resultados mensuales..... | 70 |
| 5.2 Resultados semanales | 72 |
| 5.2.1 Análisis de sensibilidad variables externas | 74 |
| 5.3 Comparación pronóstico mensual y semanal | 75 |
| 5.4 Modelos utilizados..... | 76 |
| 5.5 Validación modelos | 78 |
| 5.6 Impacto de la solución..... | 79 |
| CAPÍTULO 6: INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE INFORMACIÓN | 81 |

| | |
|---|-----------|
| 6.1 Requerimientos..... | 82 |
| 6.1.1 Requerimientos funcionales | 82 |
| 6.1.2 Requerimientos no funcionales | 83 |
| 6.1.3 Casos de uso | 84 |
| 6.2 Bases de datos..... | 84 |
| CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO..... | 86 |
| 7.1 Costos | 87 |
| 7.2 Beneficios..... | 87 |
| CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 89 |
| 8.1 Conclusiones..... | 90 |
| 8.2 Recomendaciones..... | 91 |
| Referencias | 92 |
| Anexos..... | 95 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Marcas de PF | 16 |
| Ilustración 2: Plantas de PF | 17 |
| Ilustración 3: Presencia de PF en Chile..... | 18 |
| Ilustración 4: Escatergrama índice de variabilidad vs demanda..... | 20 |
| Ilustración 5: Organigrama de la empresa..... | 21 |
| Ilustración 6: Ejemplo de <i>Tableau</i> | 34 |
| Ilustración 7: Proceso KDD..... | 35 |
| Ilustración 8: Organigrama del área de producción..... | 40 |
| Ilustración 9: Proceso de programación de la producción..... | 42 |
| Ilustración 10: Informe de demanda..... | 48 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 11: Informe precios | 49 |
| Ilustración 12: Informe de visibilidad | 51 |
| Ilustración 13: Escatergrama familia longanizas..... | 52 |
| Ilustración 14: Escatergrama familia madurados | 53 |
| Ilustración 15: Diagrama causa raíz quiebre de stock | 56 |
| Ilustración 16: Base de datos mensual..... | 58 |
| Ilustración 17: Modelos de pronóstico 1 | 61 |
| Ilustración 18: Modelos de pronóstico 2 | 62 |
| Ilustración 19: Modelos de pronóstico 3 | 63 |
| Ilustración 20: Modelos de pronóstico 4 | 63 |
| Ilustración 21: Modelos de pronóstico 5 | 64 |
| Ilustración 22: Modelos de pronóstico 6 | 65 |
| Ilustración 23: Modelos de pronóstico 7 | 65 |
| Ilustración 24: Modelos de pronóstico 8 | 65 |
| Ilustración 25: Ejemplo Excel resultados | 66 |
| Ilustración 26: Post-procesamiento resultados | 68 |
| Ilustración 27: Optimización de parámetros XGBoost | 75 |
| Ilustración 28: Error de pronóstico vs validación Longanizas | 78 |
| Ilustración 29: Error de pronóstico vs validación Madurados..... | 78 |
| Ilustración 30: Visualización pronósticos..... | 83 |
| Ilustración 31: Casos de uso | 84 |
| Ilustración 32: Diagrama entidad relación bases de datos necesarias | 85 |
| Ilustración 33: Base de datos resultados..... | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Indicador horas extra año 2018 | 43 |
| Tabla 2: Indicador quiebre de stock año 2018..... | 44 |
| Tabla 3: Tiempos de <i>set up</i> 2018..... | 44 |
| Tabla 4: Inventario de seguridad vs inventario real (Abril 2019) | 45 |
| Tabla 5: Demanda, MCU, número de SKU y planta de elaboración | 46 |
| Tabla 6: Productos familia longanizas..... | 47 |
| Tabla 7: Productos familia madurados | 48 |
| Tabla 8: Cuartiles escatergrama | 52 |
| Tabla 9: Tipos de feriados | 67 |
| Tabla 10: Cantidad de productos por canal | 70 |
| Tabla 11: Error por familia (mensual)..... | 71 |
| Tabla 12: Resultados pronóstico mensual | 71 |
| Tabla 13: Modelo combinado mensual | 71 |
| Tabla 14: Error por familia (semanal) | 72 |
| Tabla 15: Resultados pronósticos semanales | 73 |
| Tabla 16: Resumen análisis de sensibilidad | 74 |
| Tabla 17: Importancia variables externas..... | 75 |
| Tabla 18: Comparación pronósticos mensual y semanal..... | 76 |
| Tabla 19: Modelos pronóstico mensual..... | 77 |
| Tabla 20: Modelos de pronóstico semanal | 77 |
| Tabla 21: Comparación resultados de pronósticos Walmart..... | 80 |
| Tabla 22: Detalle costos de desarrollo..... | 87 |
| Tabla 23: Diferencia entre stock mínimo e inventario Abril 2019..... | 88 |
| Tabla 24: Costo de inventario..... | 88 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Distribución de la demanda por canal | 19 |
| Gráfico 2: Cantidad de productos por planta | 46 |
| Gráfico 3: Diagrama de Pareto familia longanizas | 50 |
| Gráfico 4: Diagrama de Pareto familia madurados | 50 |
| Gráfico 5: Ejemplo producto con baja demanda | 72 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 1: Pronóstico con promedio móvil..... | 26 |
| Ecuación 2: Pronóstico con promedio móvil ponderado..... | 27 |
| Ecuación 3: Pronóstico con suavizamiento exponencial simple | 27 |
| Ecuación 4: Pronóstico con modelo Holt | 27 |
| Ecuación 5: Pronóstico con método de Holt-Winters multiplicativo | 28 |
| Ecuación 6: Pronóstico con método de Holt-Winters aditivo | 28 |
| Ecuación 7: Pronóstico con regresión lineal simple..... | 29 |
| Ecuación 8: Pronóstico con regresión múltiple | 29 |
| Ecuación 9: Pronóstico con ARMA | 30 |
| Ecuación 10: Error absoluto | 31 |
| Ecuación 11: Bias | 31 |
| Ecuación 12: MAD..... | 32 |
| Ecuación 13: MAPE | 32 |
| Ecuación 14: RMSE | 32 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1: Aplicaciones de modelos en otros proyectos | 95 |
| Anexo 2: Informe demanda por grupo de supermercado | 96 |
| Anexo 3: Índice de variabilidad promedio longanizas | 96 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 4: Índice de variabilidad promedio madurados..... | 97 |
| Anexo 5: Resultados pronóstico mensual 1..... | 97 |
| Anexo 6: Resultados pronóstico mensual 2..... | 98 |
| Anexo 7: Resultados pronóstico mensual 3..... | 99 |
| Anexo 8: Resultados pronóstico mensual 4..... | 100 |
| Anexo 9: Resultados pronóstico mensual 5..... | 101 |
| Anexo 10: Resultados pronóstico mensual 6..... | 102 |
| Anexo 11: Resultados pronóstico mensual 7..... | 103 |
| Anexo 12: Resultados pronóstico mensual 8..... | 104 |
| Anexo 13: Resultados pronóstico mensual 9..... | 105 |
| Anexo 14: Resultados pronóstico mensual 10..... | 106 |
| Anexo 15: Resultados pronóstico mensual 11..... | 107 |
| Anexo 16: Resultados pronóstico mensual 12..... | 108 |
| Anexo 17: Resultados pronóstico mensual 13..... | 109 |
| Anexo 18: Resultados pronóstico mensual 14..... | 110 |
| Anexo 19: Resultados pronóstico mensual 15..... | 111 |
| Anexo 20: Resultados pronóstico mensual 16..... | 112 |
| Anexo 21: Resultados pronóstico semanal 1..... | 113 |
| Anexo 22: Resultados pronóstico semanal 2..... | 114 |
| Anexo 23: Resultados pronóstico semanal 3..... | 115 |
| Anexo 24: Resultados pronóstico semanal 4..... | 116 |
| Anexo 25: Resultados pronóstico semanal 5..... | 117 |
| Anexo 26: Resultados pronóstico semanal 6..... | 118 |
| Anexo 27: Resultados pronóstico semanal 7..... | 119 |
| Anexo 28: Resultados pronóstico semanal 8..... | 120 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 29: Resultados pronóstico semanal 9 | 121 |
| Anexo 30: Resultados pronóstico semanal 10 | 122 |
| Anexo 31: Resultados pronóstico semanal 11 | 123 |
| Anexo 32: Resultados pronóstico semanal 12 | 124 |
| Anexo 33: Resultados pronóstico semanal 13 | 125 |
| Anexo 34: Resultados pronóstico semanal 14 | 126 |
| Anexo 35: Resultados pronóstico semanal 15 | 127 |
| Anexo 36: Resultados pronóstico semanal 16 | 128 |
| Anexo 37: Análisis sensibilidad variables | 129 |
| Anexo 38: Comparación modelos semanales y mensuales | 130 |
| Anexo 39: Comparación con resultados área comercial (Walmart) | 131 |