

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES



**“PROGRAMACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES
DESDE LAS BALANZAS DOSIFICADORAS HACIA LAS FAJAS
TRANSPORTADORAS EN UN SISTEMA SCADA UTILIZANDO EL
SOFTWARE SIMATIC PCS 7 CEMAT EN LA PLANTA DE CEMENTO
UNACEM”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ROMÁN PIMENTEL, CÉSAR DANIEL

**Villa El Salvador
2018**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, en especial a mi madre quien me ha apoyado no solo en la etapa universitaria sino durante toda mi vida, dándome amor y sobre todo comprensión, apoyándome siempre en cada paso. A mis abuelitos que me cuidan desde el cielo, siempre los recordaré.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que me brindaron su apoyo en la realización de este trabajo, en especial a mi asesor por las acertadas pautas e instrucciones, y por último a CMIT Ingenieros quienes me motivan a desarrollarme como profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1. <i>Teórica</i>	6
1.3.2. <i>Espacial</i>	6
1.3.3. <i>Temporal</i>	7
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.4.1. <i>Problema general</i>	7
1.4.2. <i>Problemas específicos</i>	7
1.5. OBJETIVO	8
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	8
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.2.1. <i>INDUSTRIA DEL CEMENTO EN EL PERÚ</i>	13
2.2.1.1. Impacto de la industria cementera.....	14
2.2.1.2. Definición de cemento	16

2.2.1.3. Proceso detallado de fabricación de cemento en la planta de cemento UNACEM.....	17
2.2.1.4. Comercialización de cemento en el Perú	21
2.2.2. <i>SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS SIMATIC PCS7 CEMAT</i>	23
2.2.2.1. Ventajas de SIMATIC PCS7 CEMAT	24
2.2.2.2. Vista del proceso SIMATIC PCS7	25
2.2.2.3. Sistema de Automatización CEMAT	37
2.2.3. <i>SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS SCADA CEMAT</i>	65
2.2.3.1. Funcionalidad de un sistema SCADA.....	66
2.2.3.2. Sistema del Operador.....	68
2.2.3.3. Características.....	70
2.2.3.4. Funciones	74
2.2.3.5. Librería de objetos especiales para cemento	78
2.2.3.6. Comunicación Industrial	83
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	85
CAPÍTULO III	90
DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE RUTAS PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE MATERIALES EN LA EMPRESA UNACEM.....	90
3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA	91
3.1.1. <i>PLAN DE PROYECTO</i>	100
3.1.1.1. Objetivo	100
3.1.1.2. Fases.....	100
3.1.1.3. Diagrama de Gantt	101

3.1.2. ESTIMACIÓN DE COSTOS.....	103
3.1.2.1. Procedimiento Propuesto	103
3.1.2.2. Estimación general	104
3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA	104
3.2.1. DISEÑO DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES	105
3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS ASOCIADOS A LAS RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES.....	110
3.2.2.1. Identificación de equipos asociados a las rutas de transporte en la prensa de clinker 1	111
3.2.2.2. Identificación de equipos asociados a las rutas de transporte en la prensa de clinker 2	113
3.2.2.3. Identificación de equipos asociados a las rutas de transporte en la prensa de clinker 3	115
3.2.3. PROGRAMACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES Y LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO	116
3.2.3.1. Programación de rutas de transporte desde las prensas de rodillos a destinos (fajas, bomba y molinos).	116
3.2.3.2. Programación de rutas de transporte desde las balanzas dosificadoras a las prensas de rodillo.....	146
3.2.4. PROGRAMACIÓN DE DISPOSITIVOS ASOCIADOS A LAS RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES.....	155
3.2.4.1. Creación de bloques típicos	155
3.2.4.2. Lógica de programación de los dispositivos del sistema de transporte	159

3.2.4.3. Lógica de habilitación de programa nuevo	164
3.2.4.4. Lógica de programación para la confirmación de sumas y fallas que genera cada balanza dosificadora que alimenta un clinker	166
3.2.4.5. Lógica de programación de la balanza dosificadora ubicada en la prensa de clinker	169
3.2.4.6. Lógica de programación para las RECETAS de cemento	172
<i>3.2.5. PROCEDIMIENTO DE COMPILACION Y DESCARGA DE SERVIDORES</i>	<i>173</i>
3.2.5.1. Procedimiento para compilar los servidores desde la estación de ingeniería.....	173
3.2.5.2. Procedimiento para descargar los servidores desde la estación de ingeniería.....	176
<i>3.2.6. SISTEMA SCADA</i>	<i>177</i>
<i>3.2.7. DISEÑO Y MODIFICACIÓN DEL SISTEMA SCADA</i>	<i>179</i>
3.2.7.1. Diseño y modificación en el sistema de transporte de cemento	180
3.2.7.2. Diseño y modificación en el sistema de transporte de materia prima	193
<i>3.2.8. PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN DE PANTALLAS EN EL CEMAT</i>	<i>202</i>
<i>3.2.9. COMISIONAMIENTO DEL NUEVO PROGRAMA</i>	<i>203</i>
3.2.9.1. Procedimiento.....	203
<i>3.2.10. FILOSOFÍA DE CONTROL DEL NUEVO PROGRAMA</i>	<i>205</i>
3.2.10.1. Modo de operación.....	206
3.3. PRUEBAS Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS	206

3.3.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DESDE EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO HACIA FAJAS.....	207
3.3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DESDE BALANZAS DOSIFICADORAS HACIA EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO	209
3.3.3. RESULTADOS.....	212
CONCLUSIONES.....	214
RECOMENDACIONES	215
BIBLIOGRAFÍA	216
ANEXOS	219

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PLANTA DE CEMENTO ATOCONGO - VILLA MARÍA DEL TRUNFO.....	21
FIGURA 2. TIPOS Y CLASES DE CEMENTOS FABRICADOS POR EMPRESAS MIEMBROS DE ASOCEM.	22
FIGURA 3. VISTA DEL MULTIPROYECTO SIMATIC PCS7 CEMAT.....	24
FIGURA 4. VISTA DE OBJETOS DEL PROCESO.....	26
FIGURA 5. COMPONENT VIEW (VISTA DE COMPONENTES).....	27
FIGURA 6. PLANT VIEW (VISTA DE PLANTA).....	28
FIGURA 7. VISTA DE OBJETO DEL PROCESO.....	29
FIGURA 8. ESTRUCTURA DE UN CHART (CFC).....	31
FIGURA 9. HOJA 1 DE UN CHART (CFC).....	32
FIGURA 10. HOJA 2 DE UN CHART (CFC).....	33
FIGURA 11. HOJA 3 DE UN CHART (CFC).....	34
FIGURA 12. HOJA 4 DE UN CHART (CFC).....	35
FIGURA 13. HOJA 5 DE UN CHART (CFC).....	36
FIGURA 14. HOJA 6 DE UN CHART (CFC).....	37
FIGURA 15. BLOQUES INTEGRADOS EN LA LIBRERÍA DEL SIMATIC PCS7 CEMAT	38
FIGURA 16. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_DRV_1D.....	40
FIGURA 17. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_DRV_2D.....	43
FIGURA 18. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_VALVE	46
FIGURA 19. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_ANNUNC.....	49
FIGURA 20. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_DAMPER.....	51
FIGURA 21. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_GROUP.....	54
FIGURA 22. ANIMACIÓN DEL MODO AUTOMÁTICO DEL BLOQUE C_GROUP	57
FIGURA 23. ANIMACIÓN DEL MODO INDIVIDUAL DEL BLOQUE C_GROUP.....	58

FIGURA 24. ANIMACIÓN DEL MODO LOCAL DEL BLOQUE C_GROUP	59
FIGURA 25. BLOQUE ESPECIAL CEMAT C_ROUTE	60
FIGURA 26. PANTALLA PRINCIPAL DEL SCADA CEMAT DE LA PLANTA CEMENTERA UNACEM	66
FIGURA 27. JERARQUÍA DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	67
FIGURA 28. ESTACIÓN DE CONTROL	70
FIGURA 29. CUADRO DE DIAGNÓSTICO	71
FIGURA 30. CUADRO DE INFORMACIÓN	72
FIGURA 31. CUADRO DE MANTENIMIENTO	73
FIGURA 32. CUADRO DE INFORMACIÓN	74
FIGURA 33. VENTANA DEL EXPLORADOR (WINCC EXPLORER).....	75
FIGURA 34. ADMINISTRADOR DE VARIABLES (TAG MANAGMENT).....	77
FIGURA 35. EDITOR GRÁFICO (GRAPHICS DESIGNER)	78
FIGURA 36. PLANTILLA DE OBJETOS ESPECIALES CEMAT.....	79
FIGURA 37. PLANTILLA DEL BLOQUE C_DRV_1D OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	80
FIGURA 38. PLANTILLA DEL BLOQUE C_DRV_2D OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	80
FIGURA 39. PLANTILLA DEL BLOQUE C_VALVE OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	81
FIGURA 40. PLANTILLA DEL BLOQUE C_ANNUNC OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	81
FIGURA 41. PLANTILLA DEL BLOQUE C_DAMPER OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	82
FIGURA 42. PLANTILLA DEL BLOQUE C_GROUP OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	83
FIGURA 43. PLANTILLA DEL BLOQUE C_ROUTE OBJETO ESPECIAL DEL CEMAT	83
FIGURA 44. PANTALLA PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO – LÍNEA 2	93
FIGURA 45. PANTALLA PROCESO DE TRANSPORTE DE CEMENTO – LÍNEA 2	94
FIGURA 46. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 1	96

FIGURA 47. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 2	97
FIGURA 48. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 3.....	98
FIGURA 49. DIAGRAMA DE GANTT – RUTAS DE TRANSPORTE DESDE EQUIPOS DE MOLIENDA HACIA FAJAS/BOMBAS.....	101
FIGURA 50. DIAGRAMA DE GANTT – RUTAS DE TRANSPORTE DESDE BALANZAS DOSIFICADORAS HACIA EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO.....	102
FIGURA 51. PRIMERA MATRIZ DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	105
FIGURA 52. SEGUNDA MATRIZ DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	106
FIGURA 53. MATRIZ FINAL DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	106
FIGURA 54. MATRIZ FINAL DE NOMBRES DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	107
FIGURA 55. PRIMERA MATRIZ DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	107
FIGURA 56. MATRIZ FINAL DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA.....	108
FIGURA 57. FLOWSHEET DE RUTAS DE TRANSPORTE DE LA PK1	112
FIGURA 58. FLOWSHEET DE RUTAS DE TRANSPORTE DE LA PK2.....	114
FIGURA 59. FLOWSHEET DE RUTAS DE TRANSPORTE DE LA PK3.....	115
FIGURA 60. PROCEDIMIENTO PARA LA CREACIÓN DE RUTAS.....	117
FIGURA 61. CHART DE RUTAS CREADOS – PK1	118
FIGURA 62. CHARTS DE RUTAS CREADOS – PK2	119
FIGURA 63. CHARTS DE RUTAS CREADOS – PK3	120
FIGURA 64. MATRIZ DE LÓGICA DE PROGRAMACIÓN PARA EL BLOQUEO DE RUTAS POR CANALETAS	123
FIGURA 65. EJEMPLO DE BLOQUEO DE RUTA POR CANALETA	124
FIGURA 66. EJEMPLO DE CONDICIONES DE PRESELECCIÓN DE RUTA WWWE	125
FIGURA 67. EJEMPLO DE CONDICIONES DE DESELECCIÓN DE RUTA WWWL	126

FIGURA 68. EJEMPLO DE CONDICIONES DE DESELECCIÓN TOTAL DE RUTA WVWA	127
FIGURA 69. CONDICIONES DE INICIO DE ARRANQUE DE RUTA WRAZ.....	128
FIGURA 70. CONDICIONES DE ARRANQUE TOTAL DE RUTA WREZ.....	129
FIGURA 71. INTERFACES CONECTADAS AL COMANDO DE ARRANQUE DE RUTA WBE	130
FIGURA 72. INTERFACES CONECTADAS A LA CONFIRMACIÓN DE ARRANQUE TOTAL DE RUTA WRE.....	131
FIGURA 73. CHART IN CHART – CONFIRMACIÓN Y SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS.....	132
FIGURA 74. PROGRAMACIÓN INTERNA DEL CHART IN CHART CONFIRMACIÓN DE DISPOSITIVOS	133
FIGURA 75. FUNCIONAMIENTO DEL BLOQUE SEL_R	133
FIGURA 76. LÓGICA INTERNA DE PROGRAMACIÓN DE CONFIRMACIÓN DE RUTAS	134
FIGURA 77. CHART IN CHART – TIPO DE CEMENTO	135
FIGURA 78. CONDICIÓN DE ARRANQUE DEL GRUPO MAESTRO – LÓGICA DE CONTAMINACIÓN.....	136
FIGURA 79. CHART IN CHART – CONVERTIDOR A ENTERO	137
FIGURA 80. LÓGICA INTERNA DEL CHART IN CHART CONVERTIDOR A ENTERO.....	138
FIGURA 81. CHART IN CHART- LÓGICA DE SELECCIÓN DE RUTAS ESCLAVAS.....	139
FIGURA 82. CHART IN CHART – CONFIRMACIONES DE RUTAS MAESTRAS Y ESCLAVAS.	140
FIGURA 83. CONDICIONES DE ARRANQUE DEL GRUPO MAESTRO	141
FIGURA 84. CONDICIONES PARA EL INICIO DE ARRANQUE DEL GRUPO MAESTRO (GRAZ)	142
FIGURA 85. CONDICIONES PARA ARRANQUE TOTAL DEL GRUPO MAESTRO (GREZ).....	142
FIGURA 86. INTERFACES CONECTADAS AL COMANDO DE ARRANQUE DEL GRUPO	143
FIGURA 87. CONDICIONES PARA INICIO DE ARRANQUE DEL GRUPO ESCLAVO GRAZ	145

FIGURA 88. CONDICIONES PARA EL ARRANQUE TOTAL DEL GRUPO ESCLAVO GREZ	145
FIGURA 89. INTERFACES CONECTADAS AL COMANDO DE ARRANQUE DEL GRUPO ESCLAVO	146
FIGURA 90. FOLDER RUTAS_E3 – CHARTS DE RUTAS CREADOS PARA LA PRENSA DE CLINKER 1	148
FIGURA 91. FOLDER RUTAS_E3 – CHARTS DE RUTAS CREADOS PARA LA PRENSA DE CLINKER 2	148
FIGURA 92. FOLDER RUTAS_E3 – CHARTS DE RUTAS CREADOS PARA LA PRENSA DE CLINKER 3	149
FIGURA 93. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA RUTA WBVG	151
FIGURA 94. CONDICIONES DE PRESELECCIÓN DE LA RUTA WVWE.....	152
FIGURA 95. CONDICIONES DE INICIO DE ARRANQUE DE LA RUTA WRAZ	152
FIGURA 96. CHART IN CHART – CONFIRMACIÓN DE DISPOSITIVOS.....	153
FIGURA 97. INTERFACES CONECTADAS AL COMANDO DE ARRANQUE DE LA RUTA WBE ...	154
FIGURA 98. INTERFACES CONECTADAS A LA CONFIRMACIÓN DE ARRANQUE TOTAL DE LA RUTA WRE	155
FIGURA 99. BLOQUES TÍPICOS DE INTERLOCK DE OPERACIÓN Y PROTECCIÓN.....	156
FIGURA 100. INTERFACES DE ENTRADA Y SALIDA CREADAS EN EL CHART IN CHART.....	157
FIGURA 101. LÓGICA INTERNA DEL CHART IN CHART TÍPICOS DE INTERLOCK	158
FIGURA 102. BLOQUES TÍPICOS DE MOTOR, COMPUERTA Y VÁLVULA	158
FIGURA 103. CONDICIONES DE OPERACIÓN EBVG.....	160
FIGURA 104. CONDICIONES CONECTADAS AL BLOQUE TÍPICO INTERLOCK DE OPERACIÓN	161
FIGURA 105. CONDICIONES DE ARRANQUE EBFE	162

FIGURA 106. CONDICIONES CONECTADAS A LA INTERFACE EBFE_NVO DEL BLOQUE TÍPICO	
MOTOR	162
FIGURA 107. CONDICIONES DE PARADA EBFA.....	163
FIGURA 108. CONDICIONES CONECTADAS A LA INTERFACE EBFA_NVO DEL BLOQUE TÍPICO	
MOTOR	164
FIGURA 109. LÓGICA HABILITACIÓN DE PROGRAMA ACTUAL Y NUEVO – ETAPA 2	165
FIGURA 110. LÓGICA HABILITACIÓN DE PROGRAMA ACTUAL Y NUEVO – ETAPA 3	165
FIGURA 111. CHART IN CHART – SUMA DE PORCENTAJES DE BALANZAS PK3	166
FIGURA 112. LÓGICA DE PROGRAMACIÓN PARA EL ARRANQUE DE LAS BALANZAS	167
FIGURA 113. CHART IN CHART – DETECCIÓN DE FALLA DE LAS BALANZAS PK3.....	168
FIGURA 114. LÓGICA PARA DETECCIÓN DE FALLAS Y/O PARADA DE BALANZA.....	169
FIGURA 115. CHART IN CHART – CONFIRMACIÓN DE EQUIPOS.....	170
FIGURA 116. CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BALANZA.....	171
FIGURA 117. CHART IN CHART – BALANZA ENCLAVA (LÓGICA DE CONTAMINACIÓN)	172
FIGURA 118. DB_RECETAS / BLOQUE DE DATOS DB588.....	173
FIGURA 119. PROCEDIMIENTO PARA COMPILAR LOS SERVIDORES	175
FIGURA 120. PROCEDIMIENTO PARA DESCARGAR LOS SERVIDORES	177
FIGURA 121. PROCEDIMIENTO PARA VERIFICAR NUEVAS VARIABLES (TAGS)	178
FIGURA 122. PROCEDIMIENTO PARA MODIFICAR LAS PANTALLAS.....	179
FIGURA 123. PANTALLA ANTIGUA PRINCIPAL DE TRANSPORTE DE CEMENTO	181
FIGURA 124. PANTALLA ANTIGUA PRINCIPAL DE TRANSPORTE DE CEMENTO – COMANDO DE	
OPERACIÓN	181
FIGURA 125. CONFIGURACIÓN DEL COMANDO DE OPERACIÓN – VISTA DEL EDITOR.....	182
FIGURA 126. CAJETÍN DE OPERACIÓN – VISTA DEL EDITOR.....	183

FIGURA 127. CONFIGURACIÓN Y ASIGNACIÓN DE LOS TAGS EN EL SCADA	184
FIGURA 128. DB_USER / BLOQUE DE DATOS DB590.....	185
FIGURA 129. OPCIÓN DE PROPIEDADES DEL TEXTLIST – VISTA DEL EDITOR.....	186
FIGURA 130. PANTALLA DE PROPIEDADES DEL TEXTLIST	186
FIGURA 131. CONFIGURACIÓN DEL TEXTLIST ASSIGNMENTS DE SELECCIÓN DE RUTAS ...	187
FIGURA 132. PANTALLA COLORS DE LAS PROPIEDADES DEL TEXTLIST	188
FIGURA 133. CONFIGURACIÓN DEL EFECTO DE COLOR DEL TEXTLIST.....	188
FIGURA 134. PROCEDIMIENTO PARA LA ASIGNACIÓN DEL DATO VARIABLE AL TEXTLIST ...	190
FIGURA 135. CONFIGURACIÓN DE LOS TIPOS DE CEMENTOS EN EL TEXTLIST	191
FIGURA 136. MATRIZ DE RUTAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	192
FIGURA 137. MATRIZ DE RUTAS ESCLAVAS DE TRANSPORTE DE CEMENTO	192
FIGURA 138. PANTALLA ACTUAL PRINCIPAL DE TRANSPORTE DE CEMENTO	193
FIGURA 139. PANTALLA ANTIGUA PRINCIPAL DE TRANSPORTE DE LA PRENSA DE CLINKER 1	194
FIGURA 140. CAJETÍN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE BALANZAS PK1	195
FIGURA 141. PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO Y EFECTO DE COLORES EN EL TEXTLIST	196
FIGURA 142. MATRIZ DE RUTAS DE LAS BALANZAS UBICADAS EN LA PK1	197
FIGURA 143. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 1 MODIFICADA	197
FIGURA 144. CAJETÍN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE BALANZAS PK2	198
FIGURA 145. MATRIZ DE RUTAS DE LAS BALANZAS UBICADAS EN LA PK2	199
FIGURA 146. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 2 MODIFICADA	199
FIGURA 147. CAJETÍN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE BALANZAS PK3	200
FIGURA 148. MATRIZ DE RUTAS DE LAS BALANZAS UBICADAS EN LA PK3	201
FIGURA 149. PANTALLA PRINCIPAL DE LA PRENSA DE CLINKER 3 MODIFICADA	201

FIGURA 150. PROCEDIMIENTO PARA LA ACTUALIZACIÓN DE PANTALLAS EN EL CEMAT ...	202
FIGURA 151. PROCEDIMIENTO PARA EL COMISIONAMIENTO DEL NUEVO PROGRAMA	205
FIGURA 152. VISTA EN TIEMPO REAL DE LA PANTALLA DE LA PRENSA DE CLINKER 1	210
FIGURA 153. VISTA EN TIEMPO REAL DE LA PANTALLA DE LA PRENSA DE CLINKER 2	211
FIGURA 154. VISTA EN TIEMPO REAL DE LA PANTALLA DE LA PRENSA DE CLINKER 3	212

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_DRV_1D.....	41
TABLA 2. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_DRV_1D	42
TABLA 3. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_DRV_2D.....	44
TABLA 4. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_DRV_1D	45
TABLA 5. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_VALVE	47
TABLA 6. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_VALVE.....	48
TABLA 7. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_ANNUNC.....	49
TABLA 8. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_ANNUNC	50
TABLA 9. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_DAMPER.....	51
TABLA 10. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_DAMPER	52
TABLA 11. INTERFACES DE ENTRADA DEL BLOQUE C_GROUP.....	55
TABLA 12. INTERFACES DE SALIDA DEL BLOQUE C_GROUP	55
TABLA 13. LISTA DE SERVICIO A PROVEER.....	104
TABLA 14. MATRIZ DE RUTAS DE BALANZAS DE LA PRENSA DE CLINKER 1.....	108
TABLA 15. MATRIZ DE RUTAS DE BALANZAS DE LA PRENSA DE CLINKER 2.....	109
TABLA 16. MATRIZ DE RUTAS DE BALANZAS DE LA PRENSA DE CLINKER 3.....	110
TABLA 17. MATRIZ DE RUTAS QUE USAN LA FAJA REVERSIBLE 525FR2	150
TABLA 18. MATRIZ DE RUTAS QUE USAN LA FAJA REVERSIBLE 525FR1	150
TABLA 19. MATRIZ DE PRUEBAS DE ARRANQUE DE RUTAS – TRABAJO EN VACÍO	207
TABLA 20. MATRIZ DE PRUEBAS DE ARRANQUE DE RUTAS – FAJA CON CARGA.....	208

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “Programación de rutas de transporte de materiales desde las balanzas dosificadoras hacia las fajas transportadoras en un sistema SCADA utilizando el software SIMATIC PCS7 CEMAT en la planta de cemento UNACEM” para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el bachiller CÉSAR DANIEL ROMÁN PIMENTEL.

UNACEM muestra muchas falencias en la etapa de transporte de materiales; muchas veces los operadores al elegir la ruta de transporte, tienen que arrancar equipo por equipo hasta llegar al destino requerido que son los silos de almacenamiento de cemento, tienden a confundirse al arrancar un equipo que no pertenece a la ruta de transporte ocasionando contaminación, retraso a la hora del despacho de cemento y en general costos de producción.

En el presente informe se presenta la propuesta de programar rutas de transporte que arranquen los equipos automáticamente y a su vez flexibilidad de fabricación de cualquier tipo de cemento, incluyendo 2 tipos de fabricación a futuro. Todo proceso es controlado con el SCADA CEMAT, que integra la programación de los procesos, facilita la implementación de nuevas formas de adquisición de datos, se adapta a las necesidades del usuario y así mejorar el proceso de transporte de materiales en la planta UNACEM.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento de problema, el segundo capítulo el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La empresa UNACEM (Unión Andina de Cementos), fabricante de cemento, es la fusión de Cementos Lima y Cementos Andino. Para la fabricación de cemento en nuestro país, UNACEM cuenta con 2 plantas:

Planta Atocongo, ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo-Lima.

Planta Condorcocha, ubicada en el distrito Unión Leticia, Tarma-Junín.

En el proceso de producción, UNACEM presenta 5 etapas para la fabricación de su cemento:

1er etapa: Extracción de materia prima.

2da etapa: La reducción.

3ra etapa: Obtención del Clinker.

4ta etapa: La molienda de cemento.

5ta etapa: Envasado y despacho.

En la 4ta Etapa: El clínker es transportado a los silos de almacenamiento de materia prima para alimentar a las prensas de rodillos o los molinos de bolas, dosificándole yeso u otros adicionados dependiendo del cemento a fabricar.

En el proceso de transporte de materiales, desde los silos de almacenamiento de materia prima hasta los silos de cemento hay una serie de dispositivos (fajas, fajas reversibles, compuertas, exhaustores, colectores, válvulas, entre otros).

La materia prima es transportado hacia las prensas de molienda (rodillos o molino de bolas) según requerimiento del Área de Producción para la fabricación de cemento; del mismo modo el cemento es transportado desde las prensas de molienda hasta los silos de cemento.

A través de un sistema SCADA, el operador supervisa y controla los procesos de la planta. Para el control del sistema de transporte de materiales, el operador identifica el silo de almacenamiento de cemento (ubicada en el envase) y la prensa de molienda que alimentará dicho silo. Este proceso toma al operador entre 12 a 20 minutos, ya que definirá la ruta de transporte hasta llegar al silo requerido y los dispositivos que incluyen dicha ruta.

El proceso de identificar la ruta de transporte hasta el silo, tiene que llevarse de manera cuidadosa y segura, ya que puede llevar a pérdidas de material y/o contaminación, paradas en las líneas de producción si es que el

operador se equivoca en seleccionar el dispositivo en la ruta. Por ejemplo, el material puede ser descargado en otro destino y no en el requerido; en efecto crearía un costo de producción considerable para la empresa UNACEM.

Después de identificar la ruta de transporte, el operador arranca los dispositivos que involucran dicha ruta, hay entre 5 a 15 dispositivos por ruta. Este proceso puede tomar entre 5 a 10 minutos, ya que cada dispositivo es arrancado individualmente.

La empresa se enfrenta a varias falencias en su proceso de transporte de materiales, la más resaltante se da cuando el operador arranca un dispositivo que no pertenece a la ruta de transporte elegida, por lo que el cemento es descargado hacia otro silo o faja generando contaminación.

Cuando ocurre una contaminación en el silo, es identificado por el supervisor o personal en el campo (área correspondiente). Se realiza el siguiente procedimiento para la limpieza de la faja y del silo: detener los dispositivos (fajas, exhaustores, colectores, motores), dar pase local para que los dispositivos sean arrancados en el campo, descargar todo el material de la faja al silo correspondiente; si el cemento tiene un porcentaje alto de contaminación es desechado, si el cemento tiene un bajo porcentaje de contaminación es reprocesado.

El procedimiento de reproceso puede durar entre 2 a 3 horas, ocasionando un retardo en la producción de cemento, costos por pérdida de

material. El retraso a la hora de despachar el cemento es proporcional al tiempo que duró el reproceso.

UNACEM controla y supervisa sus procesos en un sistema SCADA, basado en SIMATIC PCS7 CEMAT, que es la plataforma de integración de todos sus equipos que conforman el proceso de tal manera que facilitará la implementación del nuevo programa con el objetivo de superar las falencias mostradas en el proceso de transporte de materiales.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es por ello se presenta la propuesta de mejorar el proceso de transporte de materiales haciendo uso del sistema de control basado en SIMATIC PCS 7 denominado CEMAT. Se requiere la programación de todos los equipos involucrados en este proceso, para la cual se hace necesario identificar e implementar rutas, para que los equipos arranquen automáticamente.

Buscando reducir las deficiencias a la hora de identificar y arrancar los equipos, de esta manera la empresa UNACEM reducirá los costos que implica el mantenimiento de las fajas y silo contaminados, Además, de darle flexibilidad al operador en la interacción con el sistema SCADA, tomándose de 2 a 5 minutos a la hora de seleccionar la ruta y arrancar los equipos de dicha ruta.

Por lo cual se justifica diseñar rutas y programarlas al igual que todos los dispositivos involucrados en el proceso de transporte, la programación nueva trabajara paralelamente con el programa actual; para el envío y

recepción de datos, de los PLC, se usara los DB_COUPLING disponibles y habrá modificaciones en el SCADA para que el operador se adapte rápidamente con el programa.

La intención de este proyecto es mejorar el proceso de transporte de materiales, añadiendo rutas que automáticamente arranquen los dispositivos involucrados en la ruta requerida. Flexibilidad de fabricación de cualquier tipo de cemento, incluyendo 2 tipos de fabricación a futuro. La etapa de transporte de cemento y los procesos en generales de la planta UNACEM son los principales beneficiados.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Teórica

- Teoría de control de procesos.
- Sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 CEMAT v6.1.
- Lenguaje de programación para autómatas de gama media en lenguajes de bloques CFC (Continuous Function Chart).
- Sistema de supervisión, control y adquisición de datos SCADA CEMAT.

1.3.2. Espacial

- Se realizará mayor parte de la programación en la oficina de la empresa, ubicada en Av. Elías Aguirre 141 5to piso oficina 508, Miraflores.
- En la planta de la empresa Unión Andina de Cementos (UNACEM) ubicada en la Av. Atocongo N°2440 en Villa María del Triunfo.

- En específico:
 - Estación de ingeniería (Terminales).
 - Sala de control (Producción).

1.3.3. Temporal

- Comprende el periodo de AGOSTO 2017 a ENERO 2018.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. Problema general

¿Cómo mejorar el proceso de transporte de cemento en la planta UNACEM Atocongo, a través de una programación de rutas que arranquen los equipos en automático utilizando el software SIMATIC PCS7 CEMAT y a su vez habilitar la operatividad en el sistema SCADA?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Es posible identificar todas las rutas de transporte de las 4 prensas de rodillos hasta los silos de almacenamiento y programar todos los equipos involucrados en este proceso?
- ¿Es factible integrar la nueva programación paralelamente al programa actual o lógica actual de cada equipo?
- ¿Cómo configurar el sistema de control SCADA CEMAT para que el operador seleccione la ruta y arranquen los equipos en automático?
- ¿De qué manera se puede elaborar un procedimiento para la puesta en marcha y que el operador entienda de manera didáctica la operatividad

del nuevo programa y del mismo modo realizar un análisis de los resultados?

1.5. OBJETIVO

1.5.1. Objetivo general

Programar rutas de transporte de cemento desde las balanzas dosificadoras hasta las fajas transportadoras en un sistema SCADA utilizando el software basado en SIMATIC PCS7 CEMAT para la empresa Unión Andina de Cementos UNACEM S.A.A.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar todas las posibles rutas de transporte de cemento desde las balanzas dosificadoras hasta las fajas transportadoras y programar todos los equipos involucrados en el proceso.
- Integrar la nueva programación paralelamente al programa actual de cada equipo.
- Configurar el sistema de control SCADA CEMAT para la interacción del operador con el proceso.
- Puesta en marcha del nuevo programa, pruebas con el operador y análisis de resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En el transcurso de la investigación, se encontraron tesis que ayudaron en el desarrollo del presente trabajo, entre los cuales son:

Antecedentes Nacionales

QUISPE, M. (2014). *Diseño de un controlador de proceso industrial utilizando controladores lógico programables de SIEMENS / SIMATIC S7 interactuando con la planta virtual ITS y monitorización SCADA*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO. Puno – Perú. El autor de este trabajo concluyó:

“Primera.- Es posible realizar un controlador de procesos industriales secuencial utilizando las herramientas necesarias y adecuadas para este propósito, ya que existen herramientas como el S7-GRAPH que son específicamente para procesos secuenciales.

Segunda.- Las plantas virtuales son herramientas útiles para casos de estudio y de investigación, además nos una perspectiva casi ideal de los procesos industriales como si se estuviera tratando con una real pero teniendo en cuentas el tiempo de retraso a la respuesta además estas plantas virtuales requieren de una gran capacidad de procesamiento de las computadoras donde se instalen.

Tercera.- Los sistemas SCADA como el WinCC son herramientas que son necesarios para la visualización y registro de las variables ya que en un proceso real es de vital importancia que estos datos sean registrados para que por ejemplo la gerencia de procesos vea el estado del proceso así tomar decisiones correctas. Este software WinCC requiere de computadoras con altas prestación debido a que en su procesamiento maneja una gran cantidad de datos”.

AGUILAR, A, y BRIONES, W. (2015). *Diseño de un sistema de supervisión y control para el proceso de obtención de clínker en el horno vertical de la planta industrial Cementos Selva*. UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO. Trujillo – Perú. Los autores de este trabajo concluyeron:

“Por medio de este diseño se hace viable la modernización del sistema haciendo usa de la correcta selección del software de control y supervisión.

La distribución en grupos facilita el arranque secuencial deseado para el proceso.

Tras el estudio y análisis comparativo de los sistemas de supervisión y control aplicados a este tipo de procesos, se seleccionó CEMAT como sistema

de supervisión y control del proceso de obtención de clínker en el Horno Vertical 4 como el más idóneo

El costo estimado para la implementación del sistema diseñado es de S/. 722,450.09 (Setecientos veintidós mil cuatrocientos cincuenta con nueve centavos de sol)”.

Antecedentes Internacionales

HEUSER, C. (2014). *Configuración de hardware y sistema de operación en SIMATIC PCS7*. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Valdivia – Chile. El autor de este trabajo concluyó:

“Dentro de lo que comprende los diferentes sistemas de automatización para la integración de los equipos que contribuyen a tener una autonomía en el proceso de las diferentes aplicaciones en el área industrial.

SIMATIC PCS 7 es una herramienta muy completa ya que permite ayudar con optimización de los tiempos de detenciones, manteniendo el control de sus señales y monitoreo online, lo que permite que el usuario además pueda generar diferentes tipos de reportes para optimizar los recursos y contribuir a las exigencias como metas de producción cada año por las inversiones y costos que genera desarrollar un producto final para su venta.

La configuración de los equipos es fundamental tener como practica en el aprendizaje en el conocimiento para entender cómo funciona un sistema de control de procesos.

En las futuras mejoras en la automatización, el ingeniero tendrá que ser capaz de ir aprendiendo de las metodologías en los nuevos sistemas de control para llevar a cabo las mejoras que nos entregan este tipo de sistemas en la

industria. Lo que se debe tener cuidado es en cerrar la opción de aprendizaje de otros softwares con la visión de otros fabricantes, ya que esto puede ayudar a tener una mayor capacidad de interactuar equipos con diferentes fabricantes, es un desafío poder comunicarlos, es por esto que existen acuerdos de protocolos de comunicación certificados con los fabricantes para que el ingeniero en desarrollo tenga conocimiento de los equipos que puede interactuar en una protocolo de comunicación y cuales faltarían por mejorar en futuras actualizaciones de versiones o firmware”.

ALARCÓN, A., y JIRON, M. (2007). *Implementación de un sistema de control mediante PLC para un horno de una fábrica de acero*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Quito – Ecuador. Los autores de este trabajo concluyeron:

“El nuevo sistema de control y visualización implementado ha cumplido los objetivos previstos, pudiéndose destacar las siguientes ventajas sustantivas.

Controlar y monitorear en tiempo real todas las variables y dispositivos involucrados en el proceso de combustión, lo cual permite mejorar las tareas de supervisión y mantenimiento.

Disminuir las pérdidas de materia prima anteriormente ocasionadas por el inadecuado funcionamiento de la combustión del horno.

Detección y alerta inmediata de fallas en el sistema.

Adquisición de datos en tiempo real y con la posibilidad de registrarlos en un histórico para posterior análisis.

La visualización del sistema es clara y de fácil manipulación para los operarios.

Eventuales cambios en la programación del PLC se pueden realizar en línea y sin tener que asumir paradas en planta”.

2.2. BASES TEÓRICAS

Dentro del desarrollo de este trabajo se presentan temas teóricos que sustentan la investigación sobre la programación de rutas de transporte realizado en la planta cementera; es de vital importancia conocer conceptos teóricos para el entendimiento de cómo se aplica la programación en un proceso de transporte de materiales, por lo que se ha resumido temas tanto de automatización en una planta de cemento, la industria cementera y sistemas de control de procesos.

2.2.1. INDUSTRIA DEL CEMENTO EN EL PERÚ

El uso del cemento en el Perú tiene más de 150 años, las primeras décadas se importaba el cemento desde Europa, hasta que años después aparecieron las primeras cementeras en el Perú.

La industria del cemento en el Perú es de larga data, el ingreso del cemento al Perú se realizó allá por los años 1860, ingresando exactamente en el año 1864, como “Cemento romano”; pocos años después se empezó usar para la construcción de la canalización de Lima.

No es hasta principios del siglo XX, cuando se empezó la fabricación de cemento en el Perú, proveniente de los yacimientos calizos de Atocongo; lo que dio paso a la compañía nacional de Cemento Portland. Con este primer cemento se construyó en la segunda década del siglo pasado la Estación de

Desamparados, la antigua casa Oechsle y algunos edificios del centro de Lima, siendo los primeros construidos con cemento en el Perú.

En 1924, Cemento Portland expande su producción y puso en marcha de la Planta Maravillas. No es hasta el año 1955 que se inicia la producción Cemento Chilca S., justamente en Chilca, esta empresa años después pasó a formar parte de Cemento Portland.

El monopolio del cemento de parte de Cemento Portland, se rompió con la aparición en el año 1957 con Cementos Pacasmayo S.A., y Cemento Andino S.A. en 1958, ambas empresas privadas. En el año 1963, en Juliaca se fundó Cemento Sur S.A.; mientras que Arequipa nacía Cemento Yura S.A. En el año 1974 el gobierno se apropió de Cemento Andino S.A. y Cementos Lima S.A., para que un año después los ex propietarios inician el camino legal para recuperar las empresas, lográndolo años después.

La industria del cemento en el Perú, continuó con Cementos Lima, Cemento Andino y Cemento Pacasmayo por las últimas décadas. En el año 2007 nace Cemento Inka, con nuevas tecnologías de embolsado y empieza a resaltar por su cemento antisalitre y el cemento ultra resistente **[1]**.

2.2.1.1. Impacto de la industria cementera

Los impactos ambientales negativos de las operaciones de cemento ocurren en las siguientes áreas del proceso: manejo y almacenamiento de los materiales (partículas), molienda (partículas), y emisiones durante el

enfriamiento del horno y la escoria (partículas o "polvo del horno"), gases de combustión que contienen monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, y óxidos de azufre y nitrógeno). Los contaminantes hídricos se encuentran en los derrames del material de alimentación del horno (alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), y el agua de enfriamiento del proceso (calor residual). El escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos puede ser una fuente de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas.

El polvo, especialmente la sílice libre, constituye un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta cuya exposición provoca daños que se pueden resumir de la siguiente manera: Silicosis, Dermatitis aguda y crónica, eczema, ulceraciones, Conjuntivitis aguda y crónica, opacidad de la córnea, cristalino, humor vítreo y acuoso, Enfisema y CÁNCER de pulmón, Hepatitis crónica, desarrollo de un tumor maligno en el peritoneo llamado MESOTELIOMA, CÁNCER del hígado, Alteraciones en la espermatogénesis y ovogénesis y como consecuencia, infertilidad, algunos de los impactos mencionados pueden ser evitados completamente, o atenuados más exitosamente, si se desarrolla un plan de salud e higiene ambiental [2].

De gran importancia usar el respirador, que la empresa proporciona, a la hora del ingreso a planta nueva, ya que usualmente hay polvo por falla de colector y/o exhaustor o en una falla general. En la estación de ingeniería no

hay mucho polvo ya que es un cuarto cerrado pero se toman las precauciones necesarias.

2.2.1.2. Definición de cemento

Los cementos se pueden definir como aquellas sustancias adhesivas, naturales o artificiales, con las que se pueden formar masas plásticas que son capaces de unir entre sí a fragmentos o masas de materiales sólidos con una distribución granulométrica determinada, que generalmente recibe el nombre de agregado, formando un conjunto totalmente compacto. Asimismo con la masa plástica de cemento pueden unirse distintas piezas entre sí, realizarse recubrimientos, enlucir, realizar reparaciones, etc. La unión se produce mediante el endurecimiento del cemento desde el estado plástico.

La definición anterior incluye o abarca a un gran número de sustancias muy diferentes entre sí, que tienen poco en común excepto su adhesividad. Así se tienen cementos inorgánicos y orgánicos. Además la importancia científica y técnica de los diferentes tipos de cemento es muy desigual, lo que ha dado lugar a una restricción de la definición de cemento hacia un grupo de sustancias adhesivas, que son las masas plásticas empleadas para producir la adhesión entre rocas clasificadas (Arena, gravilla y grava), ladrillos, etc., que es la práctica que se usa en la construcción de edificios e ingeniería civil [3].

2.2.1.3. Proceso detallado de fabricación de cemento en la planta de cemento UNACEM

2.2.1.3.1. Extracción de piedra caliza

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la explotación de los yacimientos de materia prima, realizada en las canteras de Atocongo y Pucará ubicadas en Lima Sur. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, los mismos que son cargados mediante palas a cargadores frontales de gran capacidad [4].

2.2.1.3.2. Chancado Primario

La trituración de la roca, se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm, por medio de una chancadora tipo cono de 1600 t/h [4].

2.2.1.3.3. Chancado Secundario

El material se deposita en un parque de almacenamiento. Seguidamente, luego de verificar su composición química, pasa a la trituración secundaria, reduciéndose su tamaño a 75 mm aproximadamente [4].

2.2.1.3.4. Pre Homogenización

El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. Se realiza

en una pila de almacenamiento de tipo “circular” de 108m de diámetro, con una capacidad de 110 000t y funcionamiento automático. El material se homogeniza disminuyendo la desviación estándar de la composición química de la caliza chancada [4].

2.2.1.3.5. Molienda y Homogenización

La molienda, por molinos de bolas o por prensas de rodillos, que producen un material de gran finura. En este proceso se efectúa la selección de los materiales, de acuerdo al diseño de la mezcla previsto, para optimizar el material crudo que ingresará al horno, considerando el cemento de mejores características. El material molido debe ser homogenizado para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogenización. El material resultante constituido por un polvo de gran finura debe presentar una composición química constante [4].

2.2.1.3.6. Obtención del clinker

La harina cruda es introducida mediante sistema de transporte neumático y debidamente dosificada a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas, en la base del cual se instala un moderno sistema de pre calcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del clinker.

El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes que se obtienen del horno, a temperaturas de 950 a 1,400°C en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metro.

El horno es el elemento fundamental para la fabricación del cemento. Está constituido por un tubo de acero con longitudes de 40 a 60 m y con diámetros de 3 a 6 m, que es revestido interiormente con materiales refractarios, en el horno para la producción del cemento se producen temperaturas de 1500 a 1600°C, dado que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1450°C. El Clinker que egresa al horno de una temperatura de 1200 °C pasa luego a un proceso de enfriamiento rápido por enfriadores de parrilla [4].

2.2.1.3.7. Enfriamiento

Para una mejor estabilidad en la composición química y propiedades hidráulicas del cemento, enfrían el clinker a una temperatura menor a 120 °C. Con la finalidad de disminuir la emisión de partículas al aire, UNACEM implementó electrofiltros en los enfriadores. Además, realizan monitoreo de emisión de material particulado [4].

2.2.1.3.8. Obtención del cemento

Seguidamente por transportadores metálicos, es llevado a una cancha de almacenamiento. Desde este depósito y mediante un proceso de extracción controlada, el Clinker es conducido a la molienda de cemento por molinos de bolas a circuito cerrado o prensas de rodillos, con separadores neumáticos que permiten obtener una finura de alta superficie específica. Por otro lado el Clinker es dosificado por yeso o demás adicionados dependiendo del cemento a fabricar.

2.2.1.3.9. Envase y despacho

El cemento así obtenido es transportado por medios neumáticos para depositarse en silos de donde se encuentra listo para ser despachado. El despacho del cemento portland que produce la planta, se realiza en bolsas de 42.5 kg como a granel.

2.2.1.3.10. Exportación

A través de las instalaciones portuarias ubicadas en el 24.5km de la Panamericana Sur. Los cementos e insumos son transportados por medio de una faja subterránea de 8km, reduciendo un 100% la emisión de gases y polvo que se emitían al trasladar el material en camiones **[4]**.

Actualmente, UNACEM fabrica 5 tipos de cemento:

- Cemento Tipo I.
- Cemento Tipo IP.

- Cemento Tipo V.
- Cemento Tipo HS.
- Cemento Tipo GU.

UNACEM contribuye con el desarrollo de la infraestructura del país suministrando servicios y productos de gran calidad, donde cada proceso de fabricación es estrictamente supervisado. En la Figura 1 se muestra una imagen de la planta UNACEM indicando el lugar específico de cada proceso mencionado anteriormente.



Figura 1. Planta de cemento Atocongo - Villa María del Trunfo.

Fuente: <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/07/Nuestros-cementos-y-proceso-productivo.pdf>

2.2.1.4. Comercialización de cemento en el Perú

El cemento se comercializa en bolsas de 42.5 K. y a granel, de acuerdo a los requerimientos del usuario. Las bolsas por lo general, son fabricadas en papel kraft extensible tipo Klupac con variable contenido de hojas, que usualmente están entre dos y cuatro, de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo.

En algunos casos cuando las condiciones del entorno lo aconseja, van provistas de un refuerzo interior de polipropileno. Las bolsas son ensayadas para verificar su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas. Todas las empresas disponen de facilidades para la venta de cemento a granel. **UNACEM S.A.A.** cuenta con una flota de camiones tipo bombona [5].

Para determinar las exportaciones e importaciones de cemento, ADUANAS-SUNAT recoge información de los movimientos comerciales de las empresas pertenecientes a ASOCEM. No todas las empresas fabrican el mismo tipo de cementos. A continuación se menciona el tipo y clases de cementos fabricados por las empresas asociados a ASOCEM (ver Figura 2).

EMPRESAS		TIPOS Y CLASES DE CEMENTOS POR EMPRESAS									
		Portland Tipos (1)		Hidráulico para uso general	Portland Puzolánico Tipos (2)		Antisulfato (3)	Extradurable (3)	Compuesto ICo (2)	Albañilería (4)	Alta Resistencia Inicial
		I	V	GU (3)	IP	I(PM)	MS	HS	ICo		HE
UNACEM S.A.A.	Atocongo	✓(*)		✓	✓(*)						
	Condorcocha	✓(*)	✓(*)		✓(*)	✓(*)					
Cementos Pacasmayo S.A.A.		✓	✓		✓		✓	✓	✓		
Cal & Cemento Sur S.A.					✓						
Yura S.A.					✓			✓		✓	✓

Figura 2. Tipos y clases de cementos fabricados por empresas miembros de ASOCEM.

Fuente: <http://www.asocem.org.pe/productos-a/el-mercado-de-cemento-en-el-peru>

2.2.2. SISTEMA DE CONTROL DE PROCESOS SIMATIC PCS7 CEMAT

CEMAT es un sistema de control diseñado específicamente para plantas de cemento basado en el sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 con una arquitectura única y abierta para soluciones modernas, a prueba de soluciones económicas para la industria del cemento. El sistema es bien aceptado en la industria del cemento, y el número de usuarios está creciendo continuamente.

Actualmente se utiliza como plataforma del sistema para CEMAT el sistema de control de procesos SIMATIC PCS7 que con su moderna arquitectura ofrece la base idónea para soluciones económicas y con garantías de futuro en la industria cementera. CEMAT aprovecha la funcionalidad básica, las interfaces de sistema abiertas, la flexibilidad y la escalabilidad de SIMATIC PCS7 y optimiza la filosofía operativa, así como los conceptos de diagnóstico, señalización bloqueo mediante paquetes de software específicos del sector para las tareas especiales en cementeras y fábricas de cal [6]. A través de la vista del multiproyecto, de la cual integra todos PLC de la planta, tienes el control total de los bloques de programación o chart programados en cada PLC, del mismo de las configuraciones que ofrece SIMATIC PCS7. En la Figura 3 se muestra el entorno de SIMATIC MANAGER.

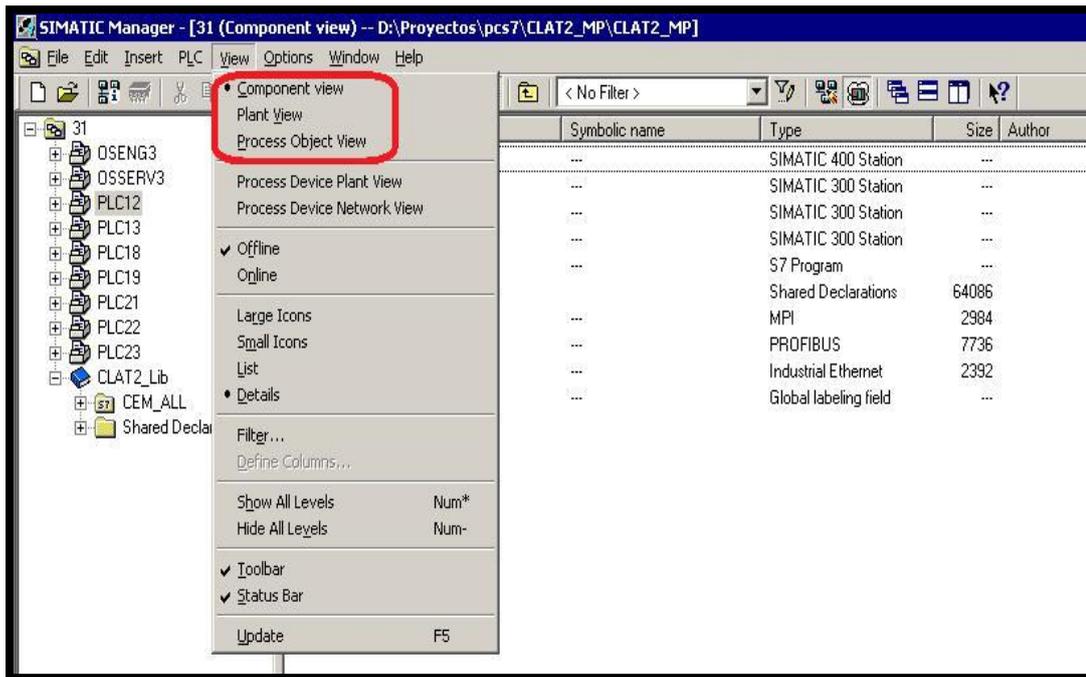


Figura 3. Vista del multiproyecto SIMATIC PCS7 CEMAT
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

2.2.2.1. Ventajas de SIMATIC PCS7 CEMAT

- Ingeniería fácil y rápida con módulos CEMAT predefinidos.
- Software dedicado a los requisitos específicos en la industria del cemento.
- Muy baja posibilidad de errores de programación también debido a interfaces estándar entre módulos CEMAT.
- Puesta en marcha rápida debido a la alta calidad del software del usuario.
- Diagnóstico rápido de errores en tiempo real debido a la indicación detallada de fallas con alta lógica de rendimiento.
- Operando y monitoreando el proceso fácilmente a través de Internet / Intranet.

- Permanente innovación tecnológica, de la mano del líder mundial del sector de la automatización.
- Asistencia local y servicio técnico a cargo de una red mundial de expertos y socios autorizados **7]**.

2.2.2.2. Vista del proceso SIMATIC PCS7

La vista del proceso del Administrador SIMATIC se amolda al modo de trabajo del ingeniero mediante una vista universal que cubre un punto. Muestra la jerarquía tecnológica de la planta representada en forma de árbol, en combinación con la vista en tablas de todos los aspectos del punto de objeto de proceso (general, bloques, parámetros, señales, alarmas, objetos gráficos, variables archivables en históricos, carpetas jerárquicas, características de equipamiento y declaraciones globales). Esto facilita al tecnólogo una rápida orientación (ver Figura 4).

Hierarchy	Chart	Chart comment	Block	Block comment	Create date	Block icon	SCM possible	Feedback	Block group	With instance	Instance ID	Family	Juicio	Block type	Internal ID	Process tag		
1	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	MCCDET2										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
2	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	START										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
3	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	S										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
4	LINEA V.Máquina	411BL1_Autocal	Standard 0	ANET										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
5	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	MCCDET2										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
6	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBFA										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
7	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	ELDC										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
8	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	ELDC										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
9	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	MCCDET2										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
10	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBFA										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
11	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	MCCDET2										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
12	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBFA										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
13	LINEA V.Máquina	411BL1SR1	Standard 0	MCCDET2										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
14	LINEA V.Máquina	411BL1SR1	Standard 0	EBE1										BIT_LGC	CRC_BOP	AND	C_DRV_10	
15	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	KOMMAND										CONVERT	CRC_BOP	BO_EW	C_DRV_10	
16	LINEA V.Máquina	411BL1_BULL	M		Guilaine de Balance 411BL1									EB988	CENAT	C_ANALOG	FB1004	C_ANALOG
17	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	E	Balance dosificadora (monomel)									EB646	CENAT	C_DRV_10	FB1001	C_DRV_10
18	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	E	VENTILADOR DE CAJALETA 411SAB									EB626	CENAT	C_DRV_10	FB1001	C_DRV_10
19	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	E	VENTILADOR DE CAJALETA 411SAB									EB189	CENAT	C_DRV_10	FB1001	C_DRV_10
20	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	E	VENTILADOR DE CAJALETA 411SAB									EB198	CENAT	C_DRV_10	FB1001	C_DRV_10
21	LINEA V.Máquina	411BL1SR1	Standard 0	E	BALANZA 411BL1 - SERVA DE BREE									EB289	CENAT	C_DRV_10	FB1001	C_DRV_10
22	LINEA V.Máquina	411BL1V1	LM		Sistema de alimentación - No de material									EB427	CENAT	C_MEASUR	FB1006	C_MEAS_3
23	LINEA V.Máquina	411BL1_FeedRate	LM		SET POINT FLUJO DE ALIMENTACION									EB103	CENAT	C_MEASUR	FB1006	C_MEAS_3
24	LINEA V.Máquina	411BL1W2	LM		BALANZA DE MATERIAL - PESS EN TOLVA DE ALIMENTACION									EB169	CENAT	C_MEASUR	FB1006	C_MEAS_3
25	LINEA V.Máquina	411BL1V1	LM		BALANZA DE MATERIAL - TOTALIZADOR DE MATERIAL									EB101	CENAT	C_MEASUR	FB1006	C_MEAS_3
26	LINEA V.Máquina	411BL1V1	LM1		TOTALIZADOR ALIMENTACION CRUDO									EB244	CENAT	C_MEASUR	FB1006	C_MEAS_3
27	LINEA V.Máquina	411BL1_FeedRate	AW1		Habilita modo Automático									EB460	CENAT	C_SELECT	FB1013	
28	LINEA V.Máquina	411BL1_Autocal	AW1		INDICAR TOTALIZACION									EB288	CENAT	C_SELECT	FB1013	
29	LINEA V.Máquina	411BL1T1	Standard 0	ESB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
30	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
31	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EFM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
32	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	ESB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
33	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
34	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KX	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
35	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
36	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EFM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
37	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	ESB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
38	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
39	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KX	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
40	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EBM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
41	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	EFM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
42	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	ESB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
43	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
44	LINEA V.Máquina	411SAB	Standard 0	KX	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
45	LINEA V.Máquina	411BL1SR1	Standard 0	EFM	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
46	LINEA V.Máquina	411BL1SR1	Standard 0	ESB	Digital Input									DRIVER	DINT1	OR_EI	FC277	C_DRV_10
47	LINEA V.Máquina	411BL1_Autocal	EBE		Digital Output - Command ON									DRIVER	DINT1	OR_CO	FC278	
48	LINEA V.Máquina	411BL1_Autocal	EBE1		Digital Output - Command ON									DRIVER	DINT1	OR_CO	FC278	

Figura 4. Vista de objetos del proceso

Fuente:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/430/21401430/att_36997/v1/CFC_para_S7_s.pdf

En la tabla se muestran todos los objetos de la rama de la jerarquía seleccionada y allí pueden procesarse con cómodas funciones de edición, filtrado, intercambio, importación y exportación. Un modo de test especial ofrece la posibilidad de probar y poner en funcionamiento online los puntos y los esquemas CFC. De la jerarquía tecnológica se pueden derivar las áreas OS y la jerarquía de sinópticos para conducir el proceso, así como el SIMATIC PCS 7 Asset Management. Además, es la base para identificar los objetos de proceso en base a su ubicación en la planta [9].

El entorno de SIMATIC PCS7 cuenta con 3 vistas:

- Component View (Vista de componentes).

Esta vista permite la visualización de todos los CHARTS programados en el PLC, incluyendo el lenguaje de programación SFC (ver Figura 5).

Se puede insertar nuevos objetos como: CFC o SFC.

Te permite configurar el PLC: Descargar, ver los mensajes de diagnóstico, seguimiento a las variables de entrada y/o de salidas del PLC, ver información detallada del PLC, modificar la hora y el día, etc.

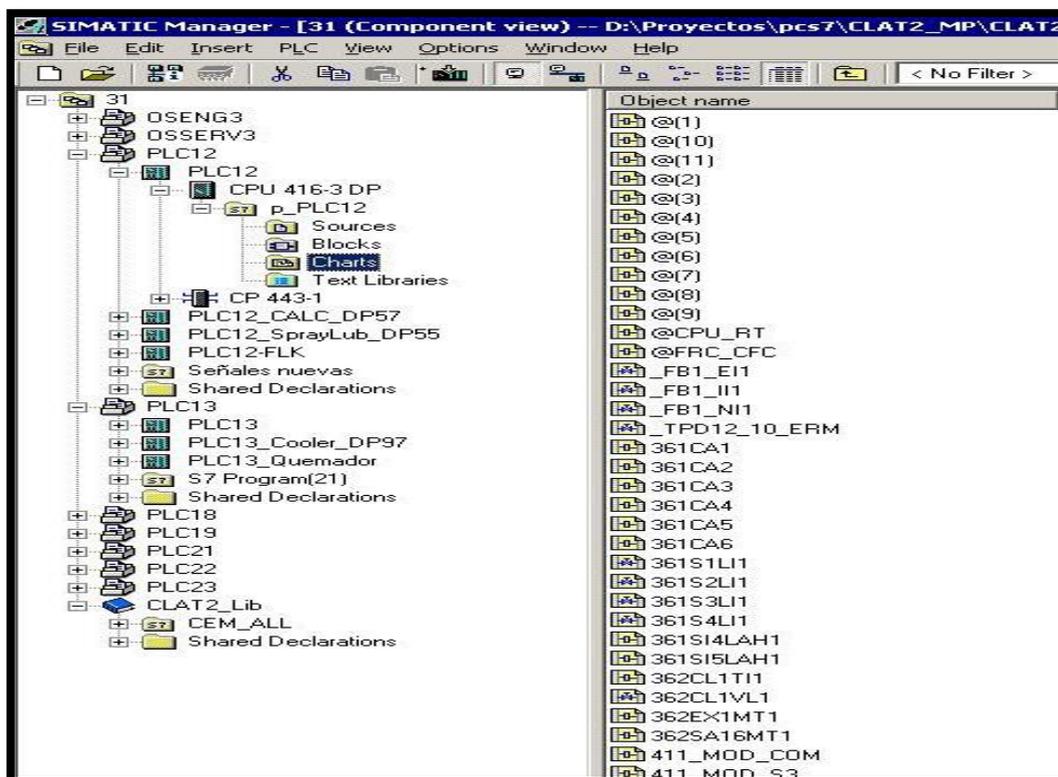


Figura 5. Component View (Vista de componentes)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

➤ Plant View (Vista de planta o Tecnológica).

Esta vista te permite la visualización de los folders creados en el PLC (ver Figura 6), por lo general los folder están programados con Charts (CFC). Se puede insertar nuevos objetos como: Folder, CFC y SFC.

Es recomendable únicamente crear y/o borrar CFC o SFC a través de esta vista.

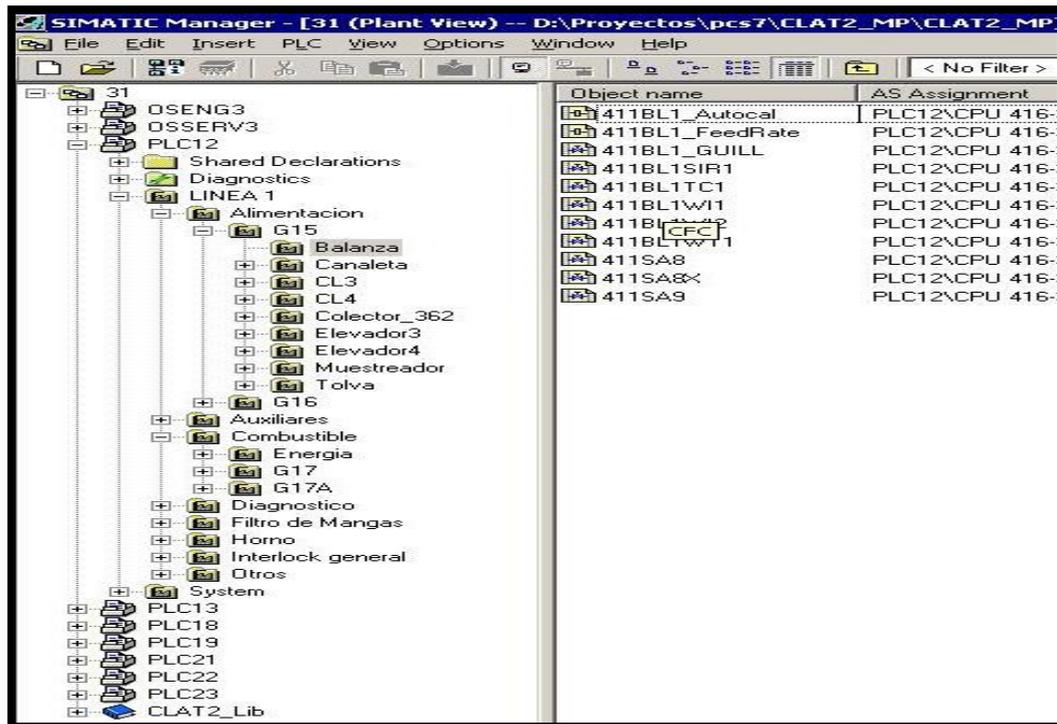


Figura 6. Plant View (Vista de planta)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

➤ Process Object View (Vista de Objetos de Proceso).

Esta vista permite configurar la función “Smart Alarm Hiding”, que sirve para ocultar dinámicamente las alarmas que en determinados estados poseen una importancia menor para el funcionamiento seguro y sin perturbaciones de la instalación (ver Figura 7).

Las alarmas no se señalizan visual ni acústicamente, pero igualmente se registran y se archivan [9].

Hierarchy	Name	Comment	Type	Process tag type	FID	IUD	Activated	Simulate inputs	Simulate outputs	AS
1	MOIENDA CLINKER/COX_E38	COX_E38	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
2	MOIENDA CLINKER/COG6091E05	COG6091E05_PLC04	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
3	MOIENDA CLINKER/F 813P82	F 813 P82	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
4	MOIENDA CLINKER/F8241	F8241	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
5	MOIENDA CLINKER/INTERFACOR_PLC04	INTERFACOR_PLC04	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
6	MOIENDA CLINKER/LAVADO	LAVADO	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
7	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW40	PLC06G3AW40	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
8	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW41	PLC06G3AW41	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
9	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW42	PLC06G3AW42	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
10	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW43	PLC06G3AW43	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
11	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW44	PLC06G3AW44	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
12	MOIENDA CLINKER/PLC06G3AW45	PLC06G3AW45	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
13	MOIENDA CLINKER/PLC06G9PFL04_DP_M51	PL04_DP_M51	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
14	MOIENDA CLINKER/PLC06G9PFL04_DP_M52	PL04_DP_M52	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
15	MOIENDA CLINKER/PLC06G9PFL04_PS_FALLURE	PL04_PS_FALLURE	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
16	MOIENDA CLINKER/PLC06G9PFL04_LIPS_STATUS	PL04_LIPS_STATUS	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
17	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1Q_AL2	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
18	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
19	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1QF1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
20	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1QF11	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
21	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1Q_AL	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
22	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1Q_AL1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
23	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
24	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
25	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1QF11	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
26	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
27	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
28	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
29	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
30	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
31	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
32	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
33	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
34	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
35	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOBL1PFC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
36	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	RATIO_CTRL	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
37	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
38	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
39	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC2	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
40	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
41	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
42	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC2	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
43	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1_Fuel_Blow	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
44	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1VSD	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
45	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC1	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
46	MOIENDA CLINKER/PRENSA 1 CLINKER/PL04G02Q25	SOPPR1FC2	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
47	MOIENDA CLINKER/PULITAS_EJA	CONFIRMG	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
48	MOIENDA CLINKER/PULITAS_EJA	ENABLE	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
49	MOIENDA CLINKER/PULITAS_EJA	CONFIRM	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
50	MOIENDA CLINKER/PULITAS_EJA4P5	CONFIRMG_P4P5	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04
51	MOIENDA CLINKER/PULITAS_EJA4P5	PL_Kung	CFC							PL02CPU 416-3 DP-S7-PL04

Figura 7. Vista de objeto del proceso
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

2.2.2.2.1. Continuous Function Chart (CFC)

Es la herramienta para la configuración gráfica y la puesta en marcha de las funciones de automatización continuas. Una potente función de autoenrutado y una configuración de alarmas integrada.

Permiten colocar, parametrizar e interconectar fácilmente los bloques preconfigurados en los esquemas CFC. Al crear un esquema CFC se genera un grupo de ejecución con el nombre del mismo. A ese grupo se le agregan automáticamente todos los bloques contenidos en el esquema [9].

De esta forma cada bloque recibe ya desde su inserción propiedades de ejecución que el usuario puede optimizar efectuando cambios en el editor de secuencia de ejecución o usando un algoritmo. El algoritmo determina primero, y por separado para cada grupo de ejecución, la secuencia óptima de bloques

y a continuación la secuencia óptima de los grupos de ejecución. Aparte de las confortables funciones de edición, la gama de funciones del CFC comprende también potentes funciones de test y de puesta en marcha, así como funciones de documentación configurables.

2.2.2.2.1.1. Estructura de un CFC

El chart contiene 6 hojas. De las cuales, la parte izquierda se conectan las entradas y en la parte derecha se conectan las salidas (ver Figura 8). En el editor CFC se trabaja con medios gráficos: para ello se eligen bloques preconfeccionados del juego de bloques disponible, se posicionan (mediante "arrastrar y soltar") en el esquema, que es una especie de "hoja de diseño", y se interconectan haciendo clic con el ratón. Durante este proceso, no necesita preocuparse de detalles como los algoritmos o la asignación de recursos de la máquina, pudiendo concentrarse exclusivamente en los aspectos tecnológicos del proyecto.

Las propiedades de ejecución de los bloques están predeterminadas, si bien pueden ser adaptadas individualmente a cada bloque. El manejo de los bloques resulta muy sencillo gracias a la posibilidad de poder mover y copiar bloques individuales o incluso grupos enteros de bloques, entre distintos esquemas sin que se pierdan las interconexiones existentes.

Una vez creadas todas las funciones, se genera el código máquina ejecutable con un simple clic del ratón, se carga en el sistema de destino y se comprueba con las funciones de test previstas a tal efecto en CFC.

Los bloques que se necesitó para CFC se pueden copiar de las librerías de bloques o de otros proyectos, aunque también es posible crear bloques personalizados [10].

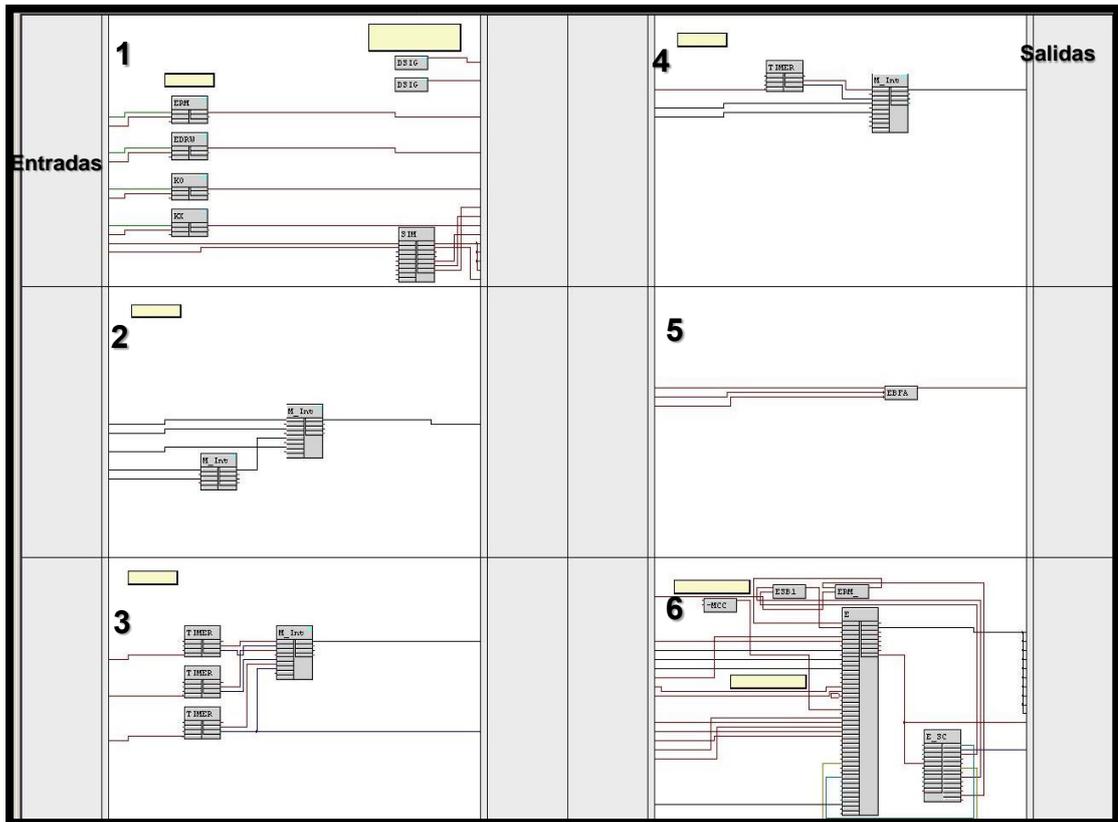


Figura 8. Estructura de un chart (CFC)
 Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 1: En la hoja 1 se puede visualizar las entradas y salidas que están conectadas en los bloques. Para las entradas se conectan los Channels de diagnóstico que permitirá crear un tag en el servidor y su posterior seguimiento en el SCADA CEMAT (ver Figura 9).

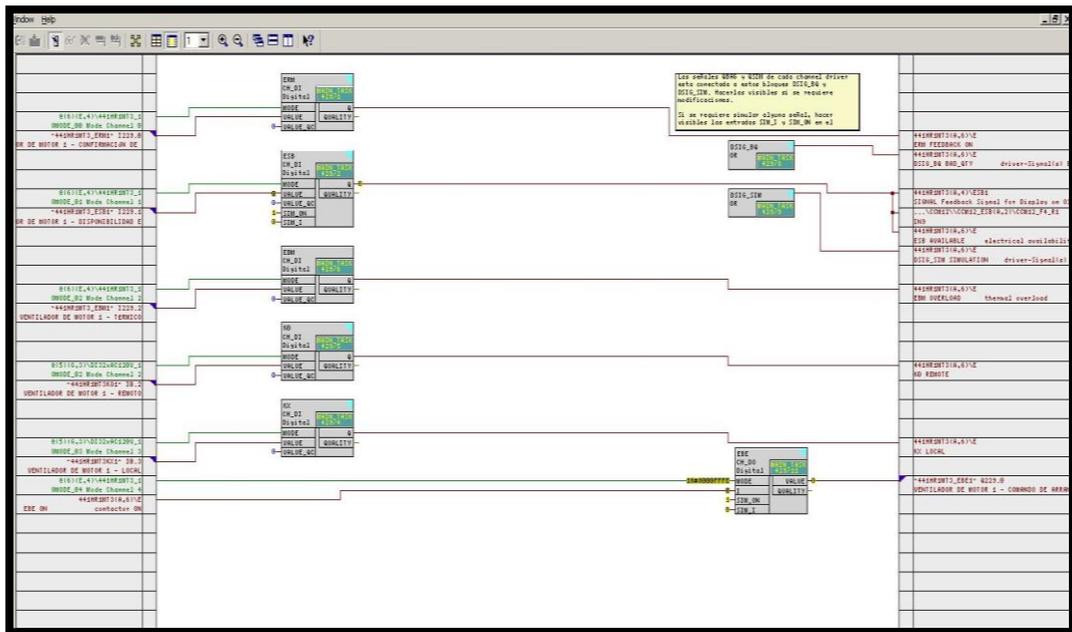


Figura 9. Hoja 1 de un chart (CFC)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 2: En la hoja 2 se puede visualizar las condiciones de arranque, interlock de arranque. Hoja utilizada para las condiciones de arranque del bloque CEMAT, para que el bloque arranque correctamente la señal de salida del bloque debe de ser “1”.

El bloque puede ser programado con 10 entradas divididas en 2 grupos, en la cual se puede configurar cada grupo como AND/OR (ver Figura 10).

Si se conecta una señal, se puede configurar para que indique un nombre cuando esta señal sea “1” o “0”.

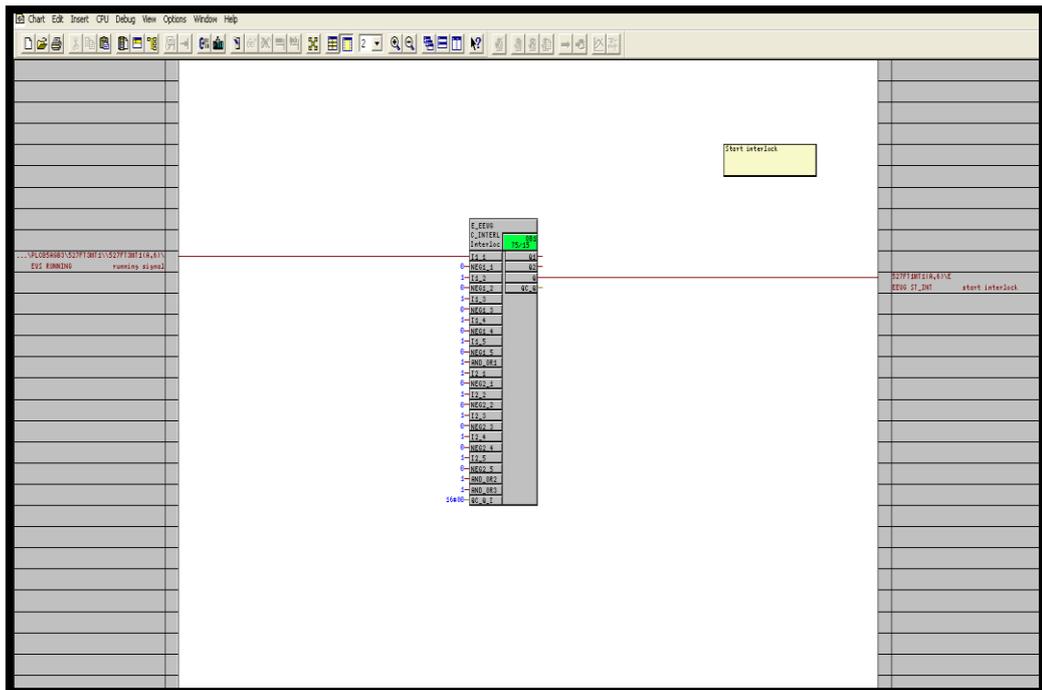


Figura 10. Hoja 2 de un chart (CFC)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 3: En la hoja 3 se puede visualizar las condiciones de operación, interlock de operación.

Si el bloque se encuentra arrancado y se pierde esta señal, automáticamente el bloque para.

Por lo general las condiciones de interlock de operación son: equipos arrancados, compuertas posicionadas, alarmas digitales, etc.

El bloque puede ser programado con 10 entradas divididas en 2 grupos, en la cual se puede configurar cada grupo como AND/OR (ver Figura 11).

Si se conecta una señal, se puede configurar para que indique un nombre cuando esta señal sea “1” o “0”.

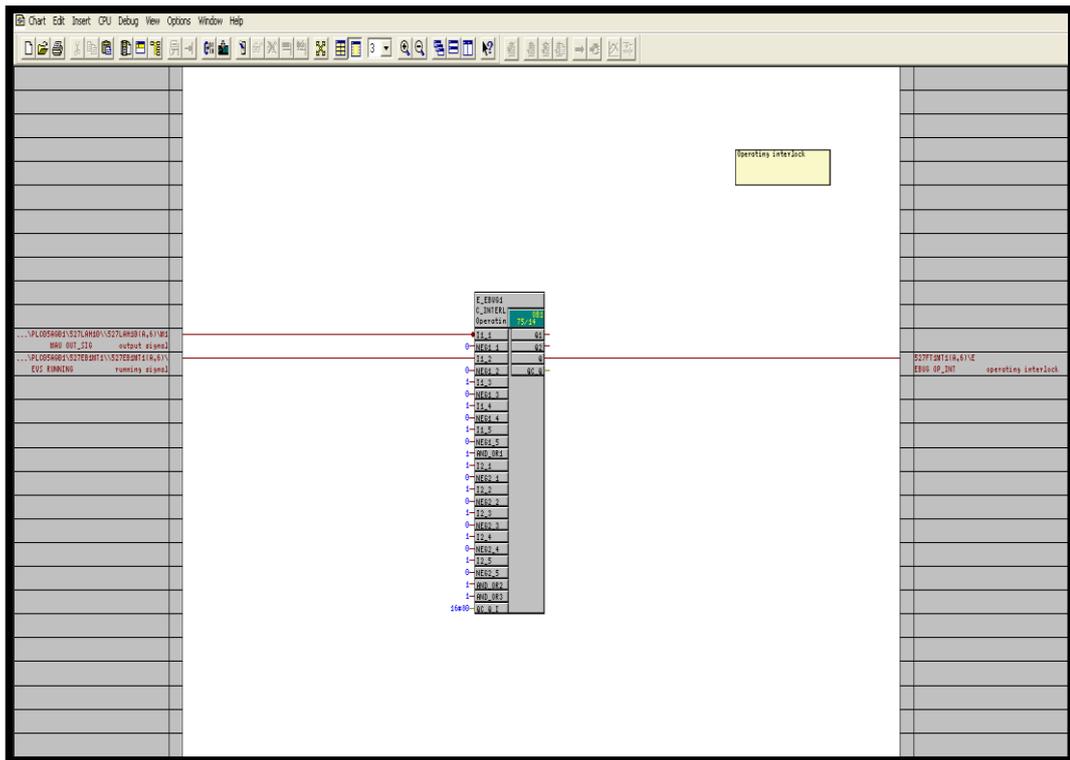


Figura 11. Hoja 3 de un chart (CFC)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 4: En la hoja 4 se puede visualizar las condiciones de protección, interlock de protección.

Si el bloque se encuentra arrancado y se pierde esta señal, automáticamente el bloque para.

Por lo general las condiciones del interlock de protección son señales digitales de: desvió de banda, alarmas digitales, normalización de equipo, etc.

El bloque puede ser programado con 10 entradas divididas en 2 grupos, en la cual se puede configurar cada grupo como AND/OR (ver Figura 12).

Si se conecta una señal, se puede configurar para que indique un nombre cuando esta señal sea "1" o "0".

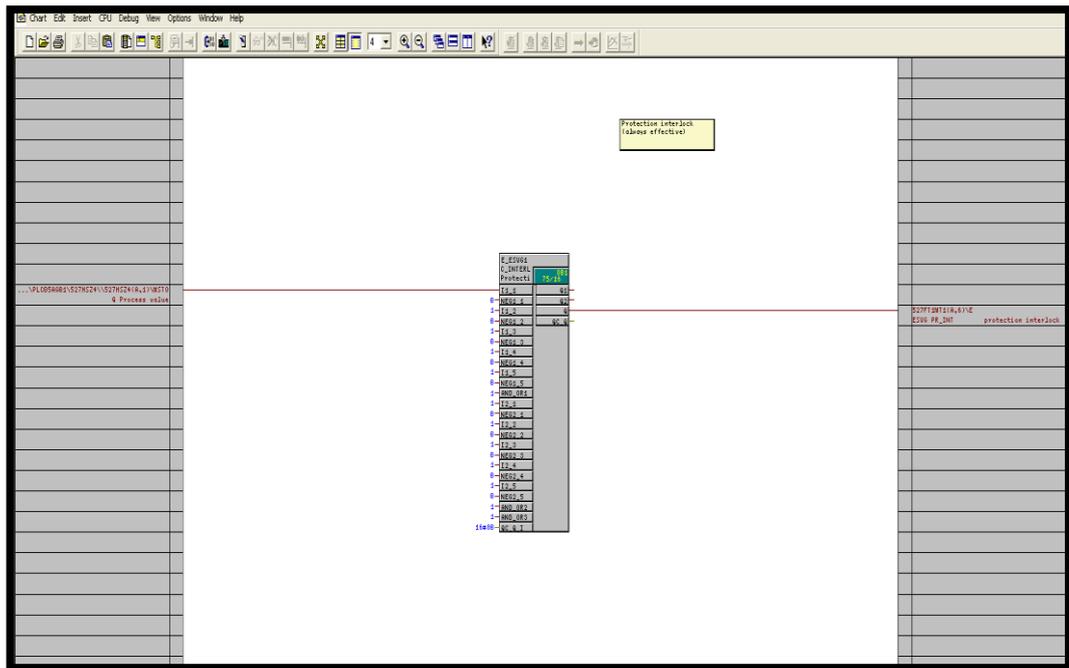


Figura 12. Hoja 4 de un chart (CFC)
 Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 5: En la hoja 5 por lo general está libre, usualmente se utiliza para realizar la lógica de arranque y parada. En algunos casos se programa el interlock de protección (siempre efectivo), este interlock es el único que funciona cuando el equipo está en Modo Local por lo que señal de salida tiene que ser “1” (ver Figura 13).

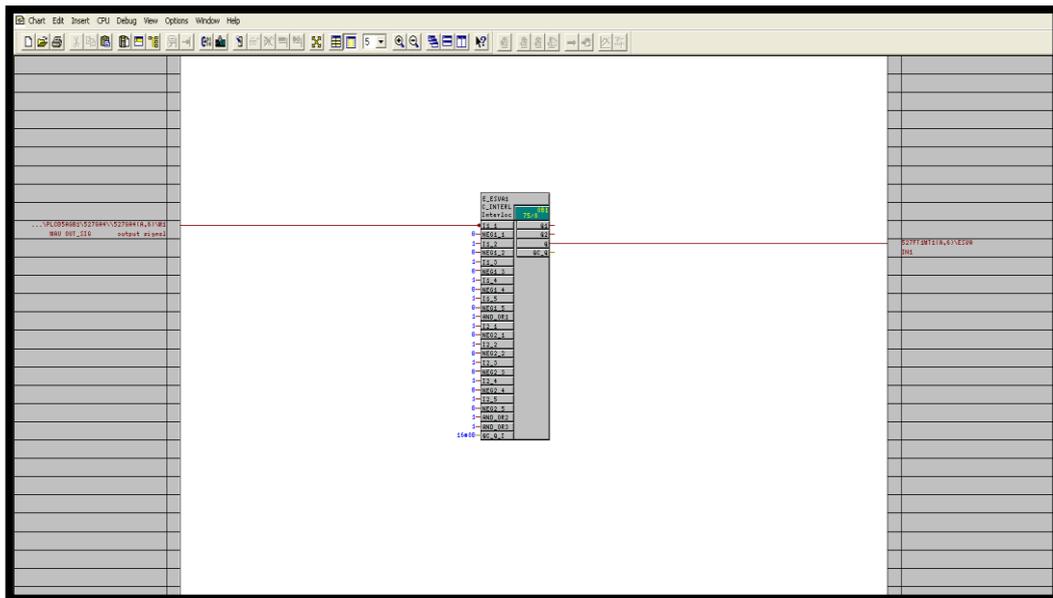


Figura 13. Hoja 5 de un chart (CFC)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Hoja 6: En la hoja 6 se puede visualizar el bloque CEMAT.

Hoja utilizada para el objeto especial CEMAT por ejemplo: Bloque motor (E), bloque grupo (G), bloque compuerta (K), bloque válvula (V), etc.

En algunos casos hay bloques AND, OR o entre otros como lógica adicional de programación. En la Figura 14 se muestra el bloque CEMAT motor programado como una faja y además de contener bloques (AND, OR) como condiciones adicionales.

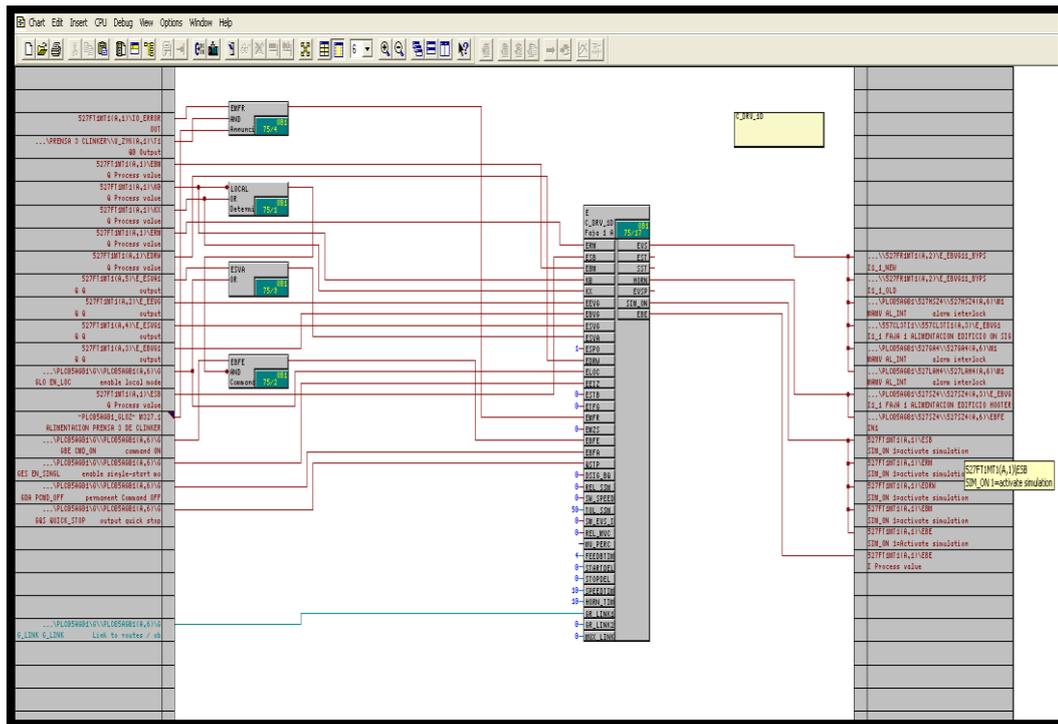


Figura 14. Hoja 6 de un chart (CFC)

Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Si se requiere más hojas para crear lógicas adicionales, se puede agregar más pestañas A, B, C, etc.

2.2.2.3. Sistema de Automatización CEMAT

Los sistemas de automatización CEMAT han sido utilizados en la industria de cemento desde hace más de 30 años, son escalables y vienen en varios niveles de seguridad y disponibilidad, desde una solución estándar hasta un sistema redundante.

El rendimiento se escala según el número de objetos de proceso lo que significa que una sola plataforma de hardware y firmware cubre todos los usos, tamaños de aplicación y rangos de rendimiento. Para los objetos de proceso consta de una librería “CELIMA-LIB” en la cual se encuentran los bloques

integrados para la programación de los equipos de planta de cemento (ver Figura 15). Los bloques especiales ya se encuentran programados internamente por el autor que es SIEMENS, no se puede ver la programación interna porque está protegido.

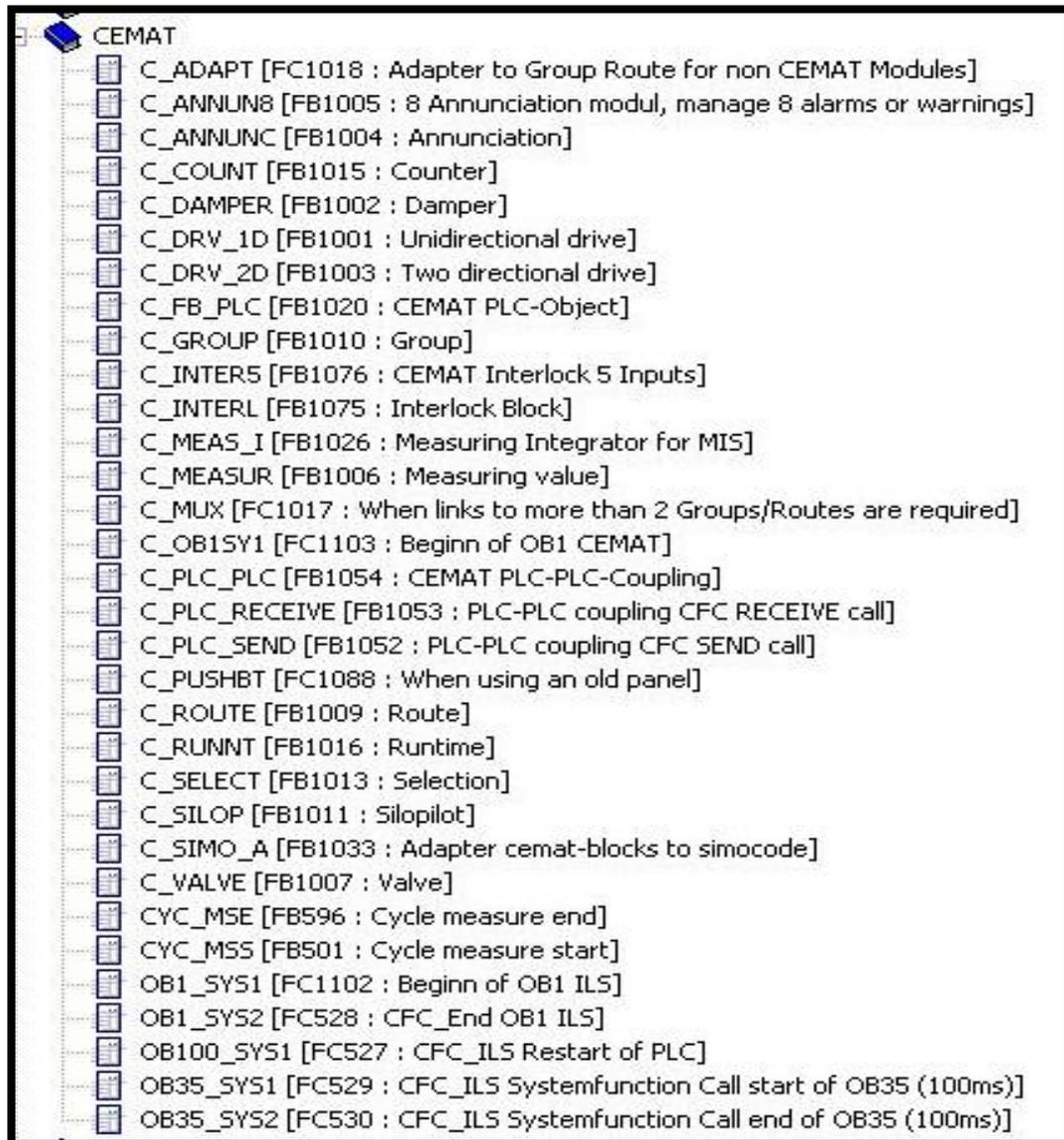


Figura 15. Bloques integrados en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

Bloques principales utilizados para la programación de equipos en la planta de cemento:

2.2.2.3.1. C_DRV_1D

Bloque utilizado para la programación de motores, fajas transportadoras, elevadores, ventiladores, bombas, etc.

Este bloque permite controlar y visualizar el funcionamiento de los dispositivos. El módulo monitorea según el ERM de realimentación junto con la salida del contactor (EBE), la disponibilidad eléctrica (ESB), la sobrecarga (EBM), la posición del interruptor local en el funcionamiento automático KX/K0 y una señal de monitoreo de velocidad.

Todas las condiciones del dispositivo se evalúan y se suministra para la visualización en el sistema operativo. El estándar CEMAT para OS proporciona iconos de bloques para la visualización del estado (en funcionamiento, apagado, defectuoso, modo operativo). A continuación se muestra el bloque especial C_DRV_1D integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 16).

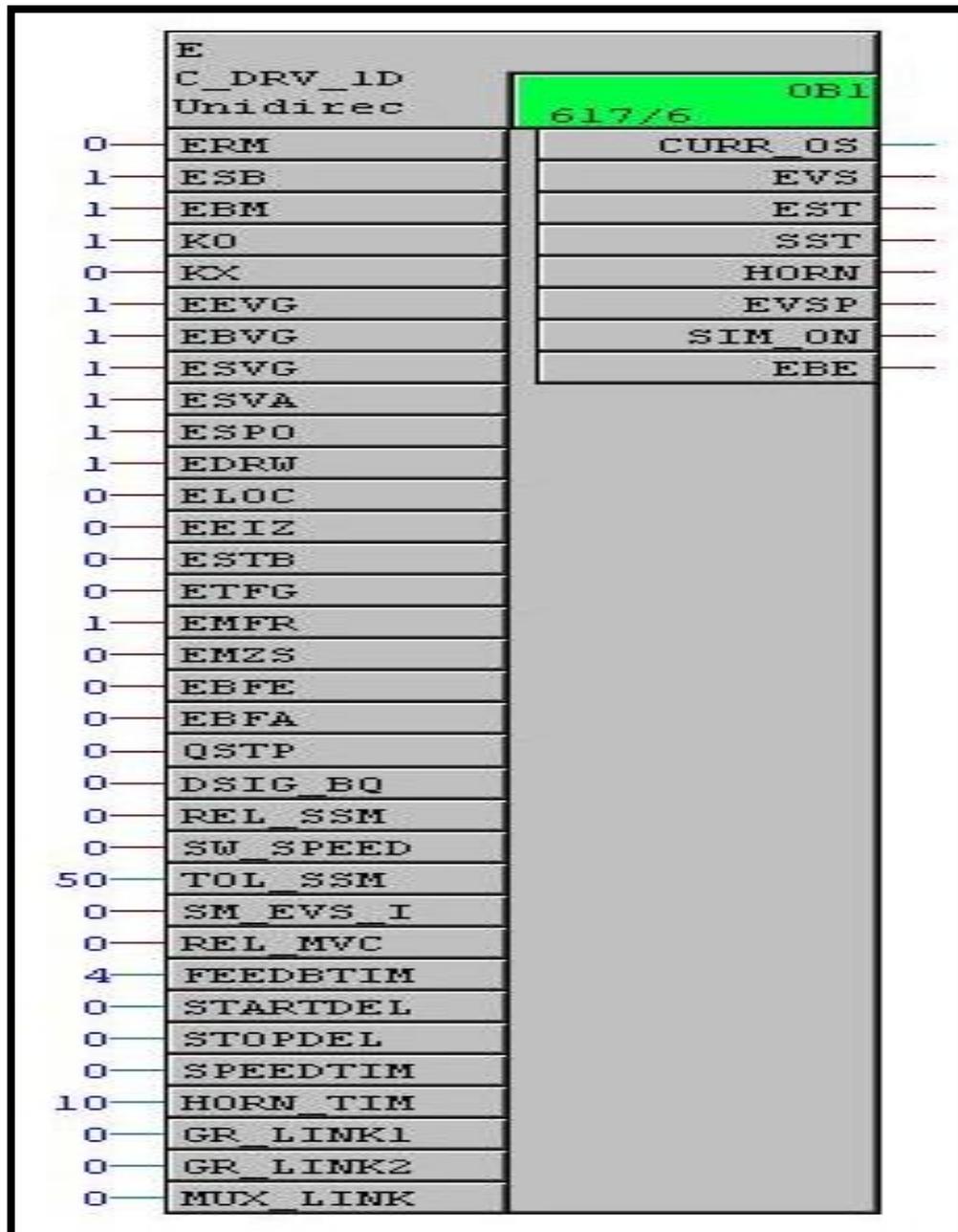


Figura 16. Bloque especial CEMAT C_DRV_1D
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

El bloque motor tiene interfaces de entrada y salida que se programan según requerimiento y procedimiento.

En la tabla 1 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_DRV_1D.

Tabla 1. Interfaces de entrada del bloque C_DRV_1D
Fuente: Elaboración propia.

ERM	BOOL	Retroaviso: Entrada usada para conectar el contactor principal.
ESB	BOOL	Disponibilidad eléctrica: Parámetro usado para monitorear la disponibilidad eléctrica del motor.
EBM	BOOL	Térmico o bimetal: Parámetro usado para la sobrecarga del motor, como protección.
K0	BOOL	Remoto: Selector.
KX	BOOL	Local: Selector.
EEVG	BOOL	Interlock de arranque: Una señal en "1" para la interface EEVG permitirá arrancar el bloque.
EBVG	BOOL	Interlock de operación: Una señal en "1" para la interface EBVG permitirá permanecer arrancado el bloque.
ESVA	BOOL	Interlock de protección: Una señal en "1" para la interface ESVA permitirá permanecer arrancado el bloque. Normalmente se conectan señales digitales en la interface ESVA.
ESPO	BOOL	Esporádico ON/OFF.
EDRW	BOOL	Control de velocidad (Speed monitor).
ELOC	BOOL	Modo Local: Una señal en "1" para la interface ELOC permitirá arrancar el bloque en modo local.
EEIZ	BOOL	Modo Individual: Una señal en "1" para la interface EEIZ permitirá arrancar el bloque en modo individual.
EBFE	BOOL	Comando de arranque.
EBFA	BOOL	Comando de parada.
QSTP	BOOL	Parada rápida (Quick stop).
FEEDBTIM	BOOL	Tiempo de retroaviso (feedback).
STARTDEL	INT	Retardo al arranque.
STOPDEL	INT	Retardo a la parada.
HORN_TIM	INT	Tiempo de duración de sirena.
GR_LINK1	INT	Grupo asociado.

En la tabla 2 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_DRV_1D.

Tabla 2. Interfaces de salida del bloque C_DRV_1D
Fuente: Elaboración propia.

EVS	BOOL	Confirmación: Una señal "1" en la interface EVS significa que el bloque esta arrancado.
EST	BOOL	Falla dinámica.
SST	BOOL	Falla estática.
EVSP	BOOL	Confirmación esporádica.
SIM_ON	BOOL	Simulación ON.
EBE	BOOL	Comando ON: Señal que detecta si el contactor principal es "1".

2.2.2.3.2. C_DRV_2D

Bloque utilizado para la programación de los motores de 2 direcciones, fajas reversibles (sentido de dirección izquierda y derecha).

Con este bloque se puede controlar y visualizar el funcionamiento de los dispositivos. El módulo monitorea según el ERM1 y ERM2 de realimentación junto con la salida del contactor EBE1 y EBE2, la disponibilidad eléctrica ESB, la sobrecarga EBM, la posición del interruptor local en el funcionamiento automático KX/K0/KY y una señal de monitoreo de velocidad. En caso de falla, el módulo desconecta el dispositivo. El bloque de accionamiento ofrece dos alternativas para la supervisión de una señal de monitor de velocidad.

Todas las condiciones del dispositivo se evalúan y se suministra para la visualización en el sistema operativo. El estándar CEMAT para OS proporciona iconos de bloques para la visualización del estado (en funcionamiento, apagado, defectuoso, modo operativo). A continuación se muestra el bloque

especial C_DRV_2D integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 17).

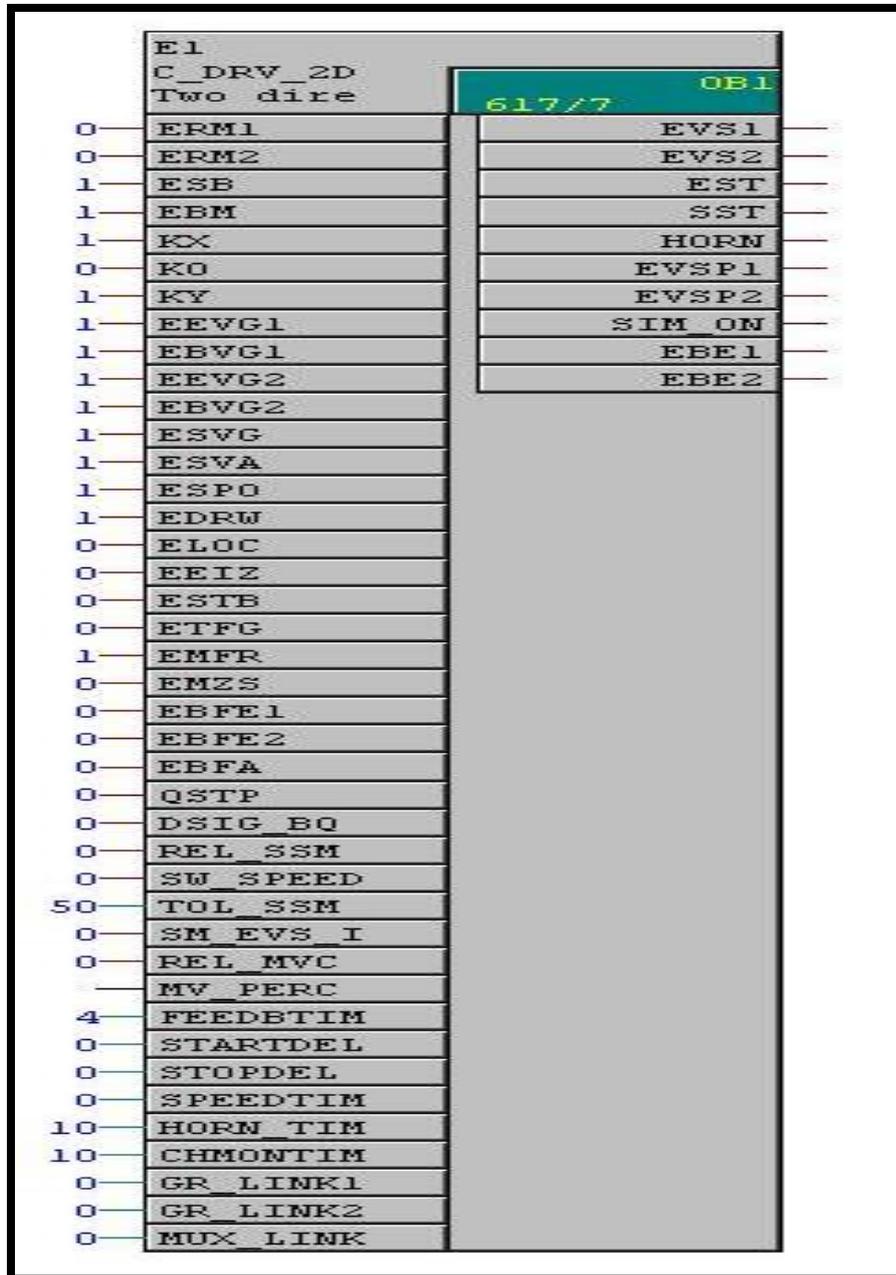


Figura 17. Bloque especial CEMAT C_DRV_2D
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

En la tabla 3 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_DRV_2D.

Tabla 3. Interfaces de entrada del bloque C_DRV_2D
Fuente: Elaboración propia.

ERM 1	BOOL	Retroaviso 1: Entrada usada para conectar el contactor principal de una dirección.
ERM 2	BOOL	Retroaviso 2: Entrada usada para para conectar el contactor principal de una dirección.
ESB	BOOL	Disponibilidad eléctrica: Parámetro usado para monitorear la disponibilidad eléctrica del motor.
EBM	BOOL	Térmico o bimetálico: Parámetro usado para la sobrecarga del motor, como protección.
K0	BOOL	Remoto: Selector.
KX	BOOL	Local 1: Selector.
KY	BOOL	Local 2: Selector.
EEVG	BOOL	Interlock de arranque: Una señal en "1" para la interface EEVG permitirá arrancar el bloque.
EBVG	BOOL	Interlock de operación: Una señal en "1" para la interface EBVG permitirá permanecer arrancado el bloque.
ESVA	BOOL	Interlock de protección: Una señal en "1" para la interface ESVA permitirá permanecer arrancado el bloque. Normalmente se conectan señales digitales en la interface ESVA.
ESPO	BOOL	Esporádico ON/OFF.
EDRW	BOOL	Control de velocidad (Speed monitor).
ELOC	BOOL	Modo Local: Una señal en "1" para la interface ELOC permitirá arrancar el bloque en modo local.
EEIZ	BOOL	Modo Individual: Una señal en "1" para la interface EEIZ permitirá arrancar el bloque en modo individual.
EBFE 1	BOOL	Comando de arranque 1.
EBFE 2	BOOL	Comando de arranque 2.
EBFA	BOOL	Comando de parada.
QSTP	BOOL	Parada rápida (Quick stop).
FEEDBTIM	BOOL	Tiempo de retroaviso (feedback).
STARTDEL	INT	Retardo al arranque.
STOPDEL	INT	Retardo a la parada.
HORN_TIM	INT	Tiempo de duración de sirena.
GR_LINK1	INT	Grupo asociado.

En la tabla 4 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_DRV_2D.

Tabla 4. Interfaces de salida del bloque C_DRV_1D
Fuente: Elaboración propia.

EVS 1	BOOL	Confirmación 1: Una señal "1" en la interface EVS1 significa que el bloque esta arrancado en una determinada dirección.
EVS 2	BOOL	Confirmación 2: Una señal "1" en la interface EVS2 significa que el bloque esta arrancado en una determinada dirección.
EST	BOOL	Falla dinámica.
SST	BOOL	Falla estática.
EVSP 1	BOOL	Confirmación esporádico 1.
EVSP 2	BOOL	Confirmación esporádico 2.
SIM_ON	BOOL	Simulación ON.
EBE 1	BOOL	Comando arrancado 1: Señal que detecta si el contactor principal de la dirección1 es "1".
EBE 2	BOOL	Comando arrancado 2: Señal que detecta si el contactor principal de la dirección 2 es "1".

2.2.2.3.3. C_VALVE

Bloque utilizado para la programación de válvulas ON-OFF abierto y cerrado, válvulas de apertura y cierre de flujos (líquidos, gas, vapor, sólidos).

Con el módulo válvula se puede controlar y visualizar el funcionamiento del dispositivo. El módulo monitorea de manera estándar las posiciones límite VE1 y VE2, la disposición eléctrica VSB y la posición del interruptor local en modo automático KX/K0. En caso de falla, el módulo desconecta la válvula. A continuación se muestra el bloque especial C_VALVE integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 18).

V		C_VALVE	
Valve		OB1	
		617/8	
1	VE1		VVS1
0	VE2		VVS2
1	VSB		VST
1	KO		SST
0	KX		HORN
1	VEVG		VVSP
1	VBVG		SIM ON
1	VSVG		VBE
1	VSP0		
0	VLOC		
0	VEIZ		
0	VSTB		
0	VKR1		
1	VMFR		
0	VMZS		
0	VBFE		
0	VBFA		
0	QSTP		
0	DSIG_BQ		
10	RTMONTIM		
0	STARTDEL		
0	STOPDEL		
10	HORN_TIM		
0	GR_LINK1		
0	GR_LINK2		
0	MUX_LINK		

Figura 18. Bloque especial CEMAT C_VALVE
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

En la tabla 5 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_VALVE.

Tabla 5. Interfaces de entrada del bloque C_VALVE
Fuente: Elaboración propia.

VE 1	BOOL	Límite de posición 1: Parámetro usado para monitorear si la posición 1 está cerrado.
VE 2	BOOL	Límite de posición 2: Parámetro usado para monitorear si la posición 2 está cerrado.
VSB	BOOL	Disponibilidad eléctrica: Parámetro usado para monitorear la disponibilidad eléctrica de la válvula.
K0	BOOL	Remoto: Selector.
KX	BOOL	Local: Selector.
VBVG	BOOL	Interlock de arranque: Una señal en "1" para la interface VBVG permitirá arrancar el bloque.
VBVG	BOOL	Interlock de operación: Una señal en "1" para la interface VBVG permitirá permanecer arrancado el bloque.
VSVA	BOOL	Interlock de protección: Una señal en "1" para la interface VSVA permitirá permanecer arrancado el bloque. Normalmente se conectan señales digitales en la interface VSVA.
VSP0	BOOL	Esporádico ON/OFF.
VDRW	BOOL	Control de velocidad (Speed monitor).
VLOC	BOOL	Modo Local: Una señal en "1" para la interface VLOC permitirá arrancar el bloque en modo local.
VEIZ	BOOL	Modo Individual: Una señal en "1" para la interface EEIZ permitirá arrancar el bloque en modo individual.
VBFE	BOOL	Comando de arranque.
VBFA	BOOL	Comando de parada.
QSTP	BOOL	Parada rápida (Quick stop).
FEEDBTIM	BOOL	Tiempo de retroaviso (feedback).
STARTDEL	INT	Retardo al arranque.
STOPDEL	INT	Retardo a la parada.
HORN_TIM	INT	Tiempo de duración de sirena.
GR_LINK1	INT	Grupo asociado.

En la tabla 6 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_VALVE.

Tabla 6. Interfaces de salida del bloque C_VALVE
Fuente: Elaboración propia.

VVS 1	BOOL	Confirmación 1: Una señal "1" en la interface VVS1 significa que el bloque esta arrancado en una determinada dirección.
VVS 2	BOOL	Confirmación 2: Una señal "1" en la interface VVS2 significa que el bloque esta arrancado en una determinada dirección.
VST	BOOL	Falla dinámica.
SST	BOOL	Falla estática.
SIM_ON	BOOL	Simulación activa.
VBE	BOOL	Comando activo: Señal usada para activar la válvula.

2.2.2.3.4. C_ANNUNC

Bloque utilizado para la programación de valores digitales del proceso y muestra una alarma, por ejemplo lee las lecturas de los sensores digitales como parada de emergencia, tirón, desvió de banda, niveles alto-bajo, atoro de chute, inductivos, etc.

Este bloque puede generar 7 alarmas individuales. La octava alarma se usa para la repetición de la alarma. Con los módulos de anuncio, las señales binarias pueden mostrarse en la pantalla del SCADA como un mensaje de alarma. A continuación se muestra el bloque especial C_ANNUNC integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 19).

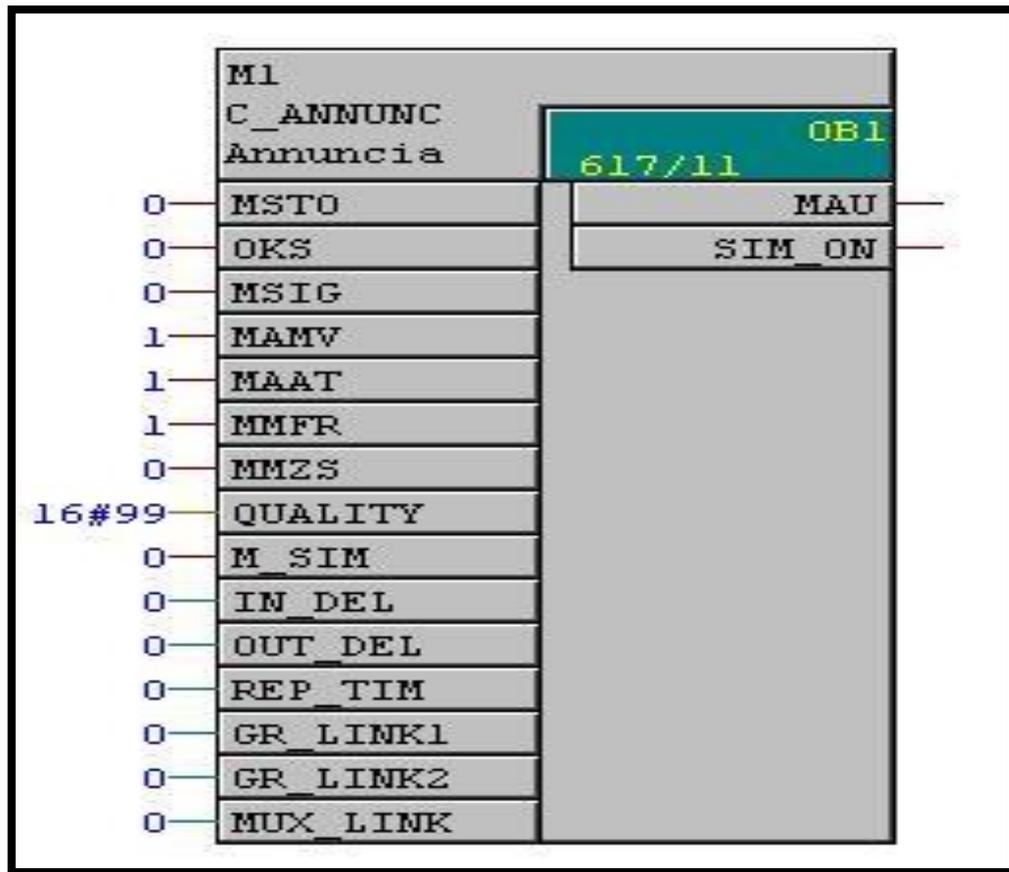


Figura 19. Bloque especial CEMAT C_ANNUNC
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

En la tabla 7 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_ANNUNC.

Tabla 7. Interfaces de entrada del bloque C_ANNUNC
Fuente: Elaboración propia.

MSTO	BOOL	Señal de entrada: Parámetro usado para conectar la señal a monitorear.
OKS	BOOL	Señal OK: La señal en "0" para la interface OKS significa que no hay ninguna falla para activar la alarma.
MSIG	BOOL	Señal de proceso.
M_SIM	BOOL	Valor de simulación.
IN_DEL	BOOL	Retardo inicio de falla.
OUT_DEL	BOOL	Retardo después de falla.

GR_LINK1	BOOL	Grupo asociado.
-----------------	------	-----------------

En la tabla 8 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_ANNUNC.

Tabla 8. Interfaces de salida del bloque C_ANNUNC
Fuente: Elaboración propia.

MAU	BOOL	Señal de salida: Si la señal es “1” para la interface MAU, activa la alarma.
SIM_ON	BOOL	Simulación activada.

2.2.2.3.5. C_DAMPER

Bloque utilizado para la programación compuertas de dos posiciones; por ejemplo como compuertas motorizadas, posicionadoras, tipo pantalón o en T, etc.

Con este módulo se puede controlar y visualizar el funcionamiento de las unidades reversibles. El módulo monitorea la disponibilidad eléctrica KSB, sobrecarga KBM, la posición del interruptor local en modo automático KX/KY/K0 y los interruptores de límite en ambas direcciones (los interruptores de límite deben de alcanzarse dentro del tiempo de supervisión y la compuerta no debe de dejar de recibir un comando para cualquier dirección). A continuación se muestra el bloque especial C_DAMPER integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 20).

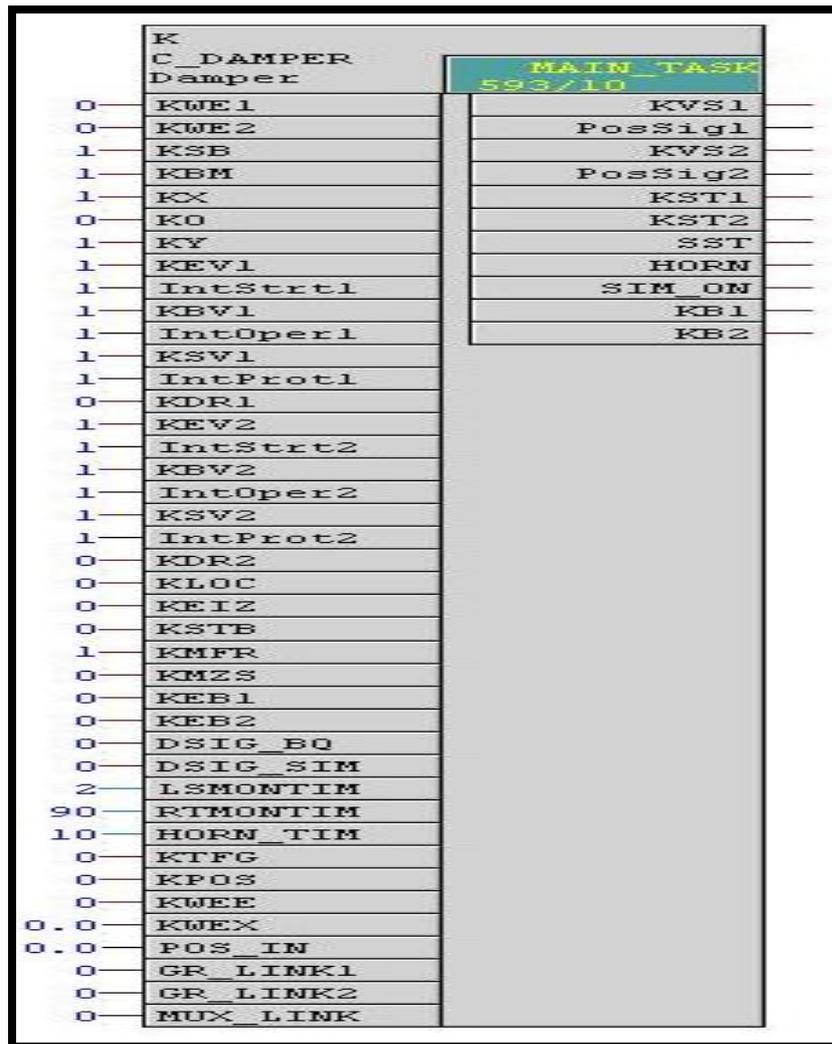


Figura 20. Bloque especial CEMAT C_DAMPER
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

En la tabla 9 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_DAMPER.

Tabla 9. Interfaces de entrada del bloque C_DAMPER
Fuente: Elaboración propia.

KWE 1	BOOL	Límite de posición 1: Parámetro usado para monitorear si la posición 1 está cerrado.
KWE 2	BOOL	Límite de posición 2: Parámetro usado para monitorear si la posición 2 está cerrado.
KSB	BOOL	Disponibilidad eléctrica: Parámetro usado para monitorear la disponibilidad eléctrica de la válvula.

KX	BOOL	Local dirección 1: Selector.
K0	BOOL	Remoto: Selector.
KY	BOOL	Local dirección 2: Selector.
KBVG	BOOL	Interlock de arranque: Una señal en “1” para la interface KBVG permitirá arrancar el bloque.
KBVG	BOOL	Interlock de operación: Una señal en “1” para la interface KBVG permitirá permanecer arrancado el bloque.
KSVA	BOOL	Interlock de protección: Una señal en “1” para la interface KSVA permitirá permanecer arrancado el bloque. Normalmente se conectan señales digitales en la interface KSVA.
KDR1	BOOL	Torque dirección 1.
KDR2	BOOL	Torque dirección 2.
KLOC	BOOL	Modo Local: Una señal en “1” para la interface KLOC permitirá arrancar el bloque en modo local.
KEIZ	BOOL	Modo Individual: Una señal en “1” para la interface KEIZ permitirá arrancar el bloque en modo individual.
KEB 1	BOOL	Comando de arranque dirección 1: Comando de arranque para mover la compuerta hacia la dirección 2.
KEB 2	BOOL	Comando de arranque dirección 2: Comando de arranque para mover la compuerta hacia la dirección 1.
RTMONTIM	INT	Tiempo de monitoreo Pos 1 a Pos 2.
HORN_TIM	INT	Tiempo de duración de la sirena.
KTFG	BOOL	Habilitación Inching.
KPOS	BOOL	Modo posicionador.
KWEE	BOOL	Habilitación set – point externo.
KWEX	REAL	Set – point externo.
POS_IN	INT	Valor de posición.
GR_LINK 1	INT	Grupo asociado.

En la tabla 10 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_DAMPER.

Tabla 10. Interfaces de salida del bloque C_DAMPER

Fuente: Elaboración propia.

KVS 1	BOOL	Confirmación posición 1: Una señal en "1" a la interface KVS1 significa que la posición 1 ya confirmo a través del FEEDBACK del bloque.
KVS 2	BOOL	Confirmación posición 2: Una señal en "1" a la interface KVS1 significa que la posición 2 ya confirmo a través del FEEDBACK del bloque.
KST 1	BOOL	Falla dinámica dirección 1.
KST 2	BOOL	Falla dinámica dirección 2.
SST	BOOL	Falla estática.
HORN	BOOL	Arranque sirena.
SIM_ON	BOOL	Simulación activada.
KB1	BOOL	Comando dirección 1: Si el comando de arranque KEB1 es "1" esta interface será activada hasta que llegue el FEEDBACK de la posición 2 de la compuerta KWE 2.
KB2	BOOL	Comando dirección 2: Si el comando de arranque KEB2 es "1" esta interface será activada hasta que llegue el FEEDBACK de la posición 1 de la compuerta KWE 1.

2.2.2.3.6. C_GROUP

Este bloque es un módulo que agrupa varios equipos entre motores, válvulas, compuertas, sensores con la finalidad de dar permiso, orden de arranque, parada y monitoreo. El bloque Grupo es el bloque principal para el funcionamiento en secuencia de los equipos agrupados.

El módulo de grupo permite la visualización de las condiciones de funcionamiento de una sección de planta, que se muestra como una pantalla de estado, y un diagnóstico de fallas detallado. Para esto, uno debe asignar a un grupo las unidades, anunciaciones y valores medidos que son parte de esta

sección de planta. El grupo puede iniciarse o detenerse a través del sistema operativo (faceplate), o a través de botones convencionales de la mesa de control, o mediante el programa. Cuando se inicia un grupo, se activa una advertencia de inicio, los tiempos para la advertencia de inicio (tiempo de espera) pueden configurarse como valores de proceso. Después de que haya transcurrido la advertencia de inicio, el grupo genera el comando de ARRANQUE El comando de ARRANQUE está limitado por el tiempo de liberación, es decir, el proceso de inicio se cancela una vez transcurrido el tiempo de liberación establecido. A continuación se muestra el bloque especial C_GROUP integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 21).



Figura 21. Bloque especial CEMAT C_GROUP
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

En la tabla 11 se muestra la descripción de las interfaces de entrada del bloque CEMAT C_GROUP.

Tabla 11. Interfaces de entrada del bloque C_GROUP
Fuente: Elaboración propia.

GEVG	BOOL	Interlock de arranque: La interface GEVG debe ser conectada con todas las condiciones necesarias para arrancar el grupo.
GBVG	BOOL	Interlock de operación: La señal en "1" para la interface GBVG permite mantener al grupo arrancado.
GQSP	BOOL	Parada rápida.
GREZ	BOOL	Retroalimentación ON: La interface GREZ debe ser conectada con todos los dispositivos que pertenecerán al grupo. La señal en "1" para la interface GREZ significa que todos los dispositivos asociados al grupo han sido arrancados.
GRAZ	BOOL	Retroalimentación OFF: La interface GRAZ debe ser conectada con todos los dispositivos que pertenecerán al grupo. La señal en "1" para la interface GREZ significa que todos los dispositivos asociados al grupo no han sido arrancados por lo que, esta señal permitirá arrancar el grupo.
GEBG	BOOL	Comando de arranque.
GABG	BOOL	Comando de parada.
HORN_TIM	INT	Tiempo de duración de la sirena.
WAIT_TIM	INT	Tiempo de espera.
RELS_TIM	INT	Tiempo de liberación.

En la tabla 12 se muestra la descripción de las interfaces de salida del bloque CEMAT C_GROUP.

Tabla 12. Interfaces de salida del bloque C_GROUP
Fuente: Elaboración propia.

GBE	BOOL	Salida comando ON: Después de arrancar el grupo, la señal GBE es “1” hasta que todos los dispositivos sean arrancados, luego la señal es “0”.
GBA	BOOL	Salida de comando OFF: Señal generada para parar los dispositivos asociados al grupo.
GDE	BOOL	Comando de arranque permanente: Después de arrancar el grupo, la señal GDE es “1” hasta que el grupo sea parado a través del comando GABG o faceplate.
GRE	BOOL	Salida de retroalimentación ON: La señal en “1” para la interface GRE indica que todos los equipos asociados al grupo han sido arrancados.
GRA	BOOL	Salida de retroalimentación OFF: La señal en “1” para la interface GRA indica que todos los equipos asociados al grupo no han sido arrancados o están parados.
GLO	BOOL	Habilitación modo local.
GES	BOOL	Habilitación modo individual.
GST	BOOL	Falla.
GSD	BOOL	Falla dinámica.
GHA	BOOL	Arranque sirena.
G_LINK	INT	Grupo asociado.

2.2.2.3.6.1. Modos de operación del grupo

➤ Modo Automático

En el modo automático se van arrancar todos los equipos que pertenecen al grupo en automático esto se realiza a través del faceplate del grupo seleccionando en el botón **Auto**, luego en Marcha si se requiere arrancar en secuencia y Paro para dar parada.

El color verde indica que el grupo ha sido arrancado en modo automático. “completamente arrancado” esta señal se escribe en el

faceplate cuando confirma el arranque de todos los equipos asociados al grupo (ver Figura 22).

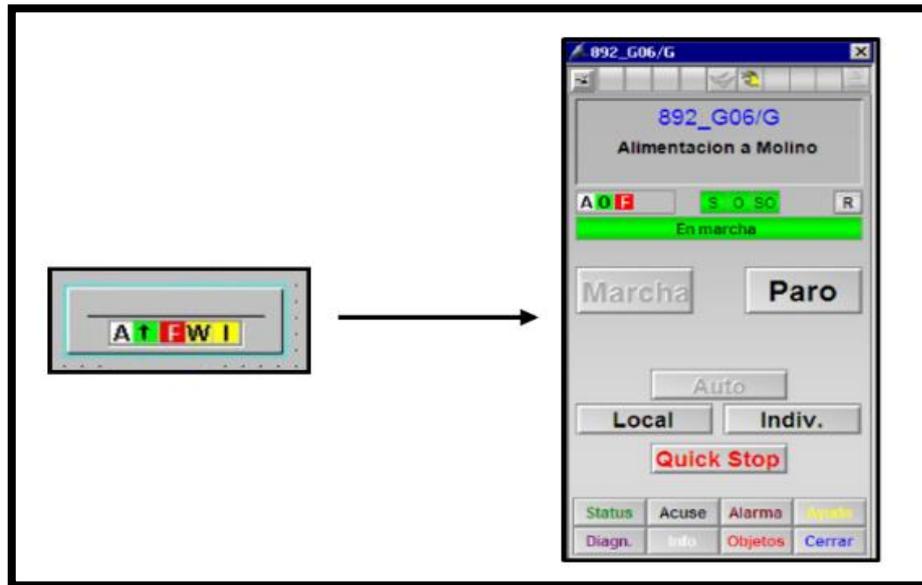


Figura 22. Animación del modo automático del bloque C_GROUP
Fuente: WinCC Explorer SCADA CEMAT.

➤ Modo Individual

En el modo individual se da permiso a los equipos que pertenecen al grupo para que se pueda arrancar de forma separada cada dispositivo, el arranque le da el operador a través del faceplate de cada equipo. El color celeste indica que el grupo se encuentra en modo individual, “modo individual” esta señal indica que el dispositivo está en modo individual, será arrancado de manera individual y no con el comando del grupo (ver Figura 23).



Figura 23. Animación del modo individual del bloque C_GROUP
Fuente: WinCC Explorer SCADA CEMAT.

➤ Modo Local

En el modo local se da permiso a los equipos que pertenecen al grupo para que se pueda arrancar de manera local. En este caso el arranque se realiza en campo desde el selector del dispositivo.

En este modo solo el enclavamiento de protección es efectivo. Las unidades se pueden controlar desde campo a través de interruptores o botones instalados. No se genera ninguna señal EVS y en este modo no es posible el inicio grupal.

El color amarillo indica que el grupo se encuentra en modo local (ver Figura 24).

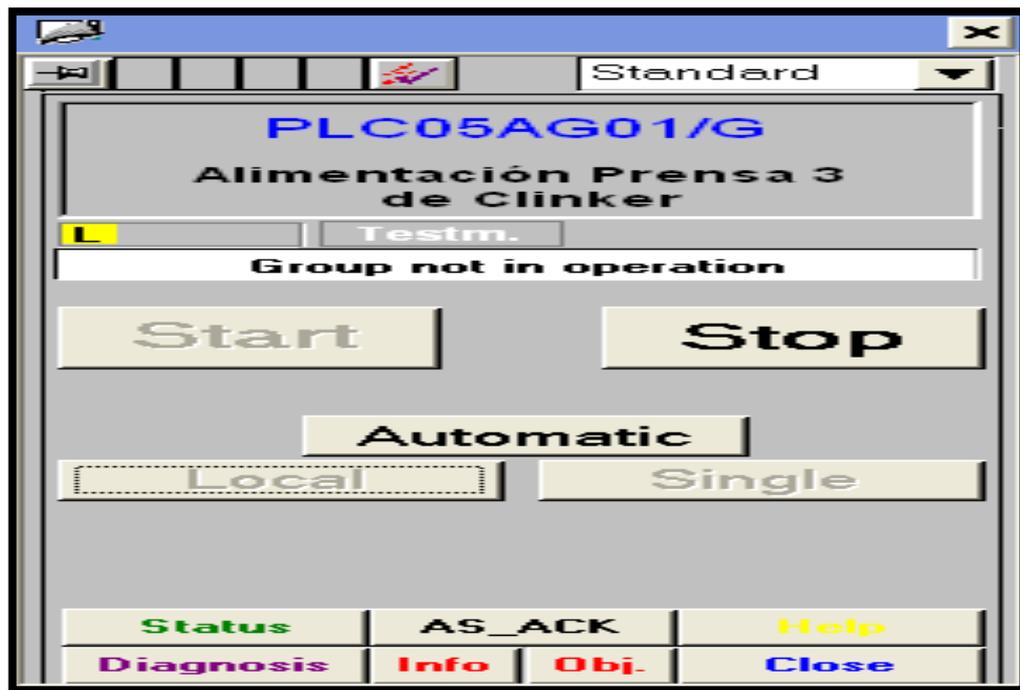


Figura 24. Animación del modo local del bloque C_GROUP
Fuente: WinCC Explorer SCADA CEMAT.

2.2.2.3.7. C_ROUTE

Bloque principal utilizado para la programación de rutas, este bloque se encargará de enviar comando de arranque o de parada a los dispositivos asociados a la Ruta.

El bloque Ruta es un módulo para la selección de direcciones de transporte sin un grupo; es decir permite la visualización de las condiciones de operación para una dirección de transporte dentro de una sección de planta.

A diferencia del bloque grupo, este bloque te permite hacer cambios dinámicos aunque se encuentren todos sus dispositivos arrancados; es decir se podrá arrancar otra ruta paralelamente y cuando confirme los dispositivos de la otra ruta, parará los dispositivos que inicialmente estaban arrancados.

Cada ruta identificada se programará con este bloque, el comando WBE (comando de arranque) se conectarán los equipos que están asociados a la ruta. A continuación se muestra el bloque especial C_ROUTE integrado en la librería del SIMATIC PCS7 CEMAT (ver Figura 25).

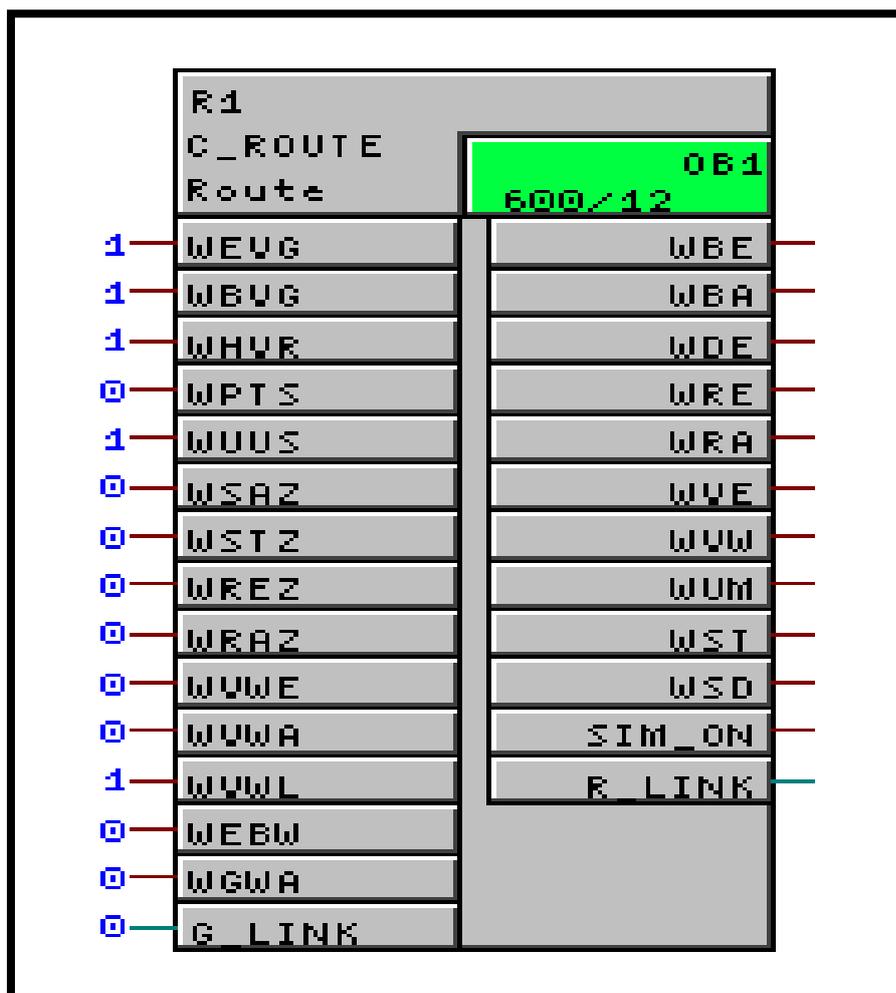


Figura 25. Bloque especial CEMAT C_ROUTE
Fuente: Programa ADMINISTRADOR SIMATIC PCS7 CEMAT.

2.2.2.3.7.1. Interfaces de entrada del bloque C_ROUTE

WEVG (Interlock de arranque): Si la señal es "0" para la interface WEVG, la ruta no podrá estar seleccionada WW. El interlock de arranque es visualizado en la pantalla de estado de las rutas.

WBGV (Interlock de operación): Si la señal es “0” para la interface WBGV, la ruta no podrá estar seleccionada WWV. Si la ruta esta arrancada o parcialmente arrancada y se pierde esta señal, la Ruta es desactivada y envía comando de parada a los dispositivos asociados.

WHVR (Interlock manual): Si la señal es “0” para la interface WHVR bloquea el cambio dinámico selección-deselección a través del programa o del faceplate. Esto puede prevenir si el grupo esta arrancado, esta ruta no podrá ser deseleccionada si la interface es “0”.

WPTS (Liberación de control por programa): Esta interface libera toda operación a través del programa o faceplate, si la interface es “0” el operador podrá trabajar con la Ruta.

WUUS (Liberación de preselección desactivada): Si la señal es 1” para la interface WUUS, bloquea la preselección del bloque ruta WWVL.

WSAZ (Falla dinámica): Si la señal es “1” para la interface WSAZ y la Ruta esta seleccionada, el grupo indica fallas dinámicas. Las anunciaciones y alarmas pueden ser conectadas en esta interface.

WREZ (Retroalimentación activado): Si la señal es “1” para la interface WREZ, significa que todos los dispositivos de la ruta están arrancados; las

conexiones para la interface es a través de todos los motores (EVS) o el límite de posición de las compuertas y válvulas (KVS1/2, VVS 1/2).

WRAZ (Retroalimentación desactivado): Si la señal es “1” para la interface WRAZ, significa que todos los dispositivos de la ruta están parados; las conexiones para la interface es a través de la negación de todos los motores (EVS) o el límite de posición de las compuertas y válvulas (KVS 1/2, VVS 1/2).

WVWE (Preselección activado): Si la señal es “1” para la interface WVWE, significa que la ruta esta pre-seleccionada a través del programa o del faceplate. Esta función es requerida para el cambio dinámico de rutas en modo automático.

WVWA (Selección desactivada): Si la señal es “1” para la interface WVWA, la Ruta debe de ser deseleccionada completamente; por lo que la señal WVE y WDE deben de ser “0”.

La selección de la ruta WVW es cancelada únicamente si la ruta esta preseleccionada por WVWL, la cancelación de la ruta seleccionada debe ser hecha por WVWA.

WVWL (Preselección desactivada): Si la señal es “1” para la interface WVWL, elimina la preselección de la ruta WVE. Si la ruta esta arrancada con la señal de parada WBA, todos los dispositivos asociados a la ruta son parados.

WEBW (Comando de arranque): La señal WEBW debe de ser conectada con la señal GBE del grupo. Durante el arranque del grupo si la Ruta esta seleccionada enviará comando de arranque a los dispositivos asociados.

WGWA (Comando de parada): La señal WGWA debe de ser conectada con la señal GDA del grupo. Durante la parada del grupo si la Ruta esta seleccionada enviará comando de parada a los dispositivos asociados.

G_LINK (Grupo asociado): La interface G_LINK del grupo debe de ser conecta con la interface G_LINK de la Ruta.

2.2.2.3.7.2. Interfaces de salida del bloque C_ROUTE

WBE (Comando de arranque): La señal en “1” de la interface WEBW genera la señal WBE. Para esto, la Ruta debe de estar seleccionada WVE y el interlock de arranque debe de ser “1”. La señal WBE principalmente es usado para arrancar los dispositivos.

WBA (Comando de parada): WBA es la señal de la Ruta que para los dispositivos. WBA depende de la selección de la ruta WWV.

Si la ruta no está seleccionada o el grupo envía comando de parada esta señal es “1”, de la misma forma si el interlock de operación no está presente, la señal WBA es “1” por lo que enviará comando de parado a los dispositivos asociados.

WDE (Comando de arranque continuo): La señal WDE es “1” junto a la señal WBE, sin embargo cambiará únicamente a “0” cuando la Ruta es parada a través del comando WGWA.

WRE (Retroalimentación activado): La señal WRE es “1” si la Ruta arranca completamente, es decir si la interface WREZ de la Ruta es “1”.

WRA (Retroalimentación desactivado): La señal WRA es “1” si la Ruta está completamente parada o si la Ruta no está seleccionada (WVW es “0”).

WVE (Ruta preseleccionada): La señal WVE es “1” si la ruta está preseleccionada.

WVW (Ruta seleccionada): La señal WVW se mantiene como preseleccionado WVE, dependiendo del interlock de operación de la Ruta.

WUM (Ruta indicador de cambio de estado): La señal WUM está presente para la duración de la transición de la ruta, es decir permanecerá en “1” hasta que este deseleccionada.

WST (Falla): La señal WST es “1” si la Ruta tiene un error dinámico o estático.

WSD (Falla dinámica): Si hay un error dinámico (alarmas), la señal WSD es “1”.

SIM_ON (Simulación activado): En consecuencia de activar el modo Test, la señal SIM_ON es “1”.

2.2.3. SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS SCADA CEMAT

Es una aplicación de software de control a nivel de producción, que se comunica con los dispositivos en campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento de la información y control de los procesos, utilizando el SCADA [11]. Los operadores de planta son los que tienen el control de los procesos a través del SCADA CEMAT, los permisos para ver los procesos estarán restringidos según su login. En la Figura 26 se muestra la pantalla principal del SCADA CEMAT ubicada en la planta de cemento UNACEM.



Figura 26. Pantalla principal del SCADA CEMAT de la planta cementera UNACEM
Fuente: UNACEM.

2.2.3.1. Funcionalidad de un sistema SCADA

Es importante conocer la distribución jerárquica de un sistema de automatización, para entender la funcionalidad de este sistema.

En la base de la pirámide encontramos los elementos básicos de cualquier sistema automático: los sensores y actuadores. Estos permiten detectar situaciones y magnitudes físicas que hacen al sistema intervenir y ajustar el proceso a los parámetros deseados, esta intervención la ejecutan en última instancia los actuadores.

En el segundo nivel de la pirámide encontramos los controladores lógicos programables o PLCs (del inglés Programmable Logic Controller). Éstos son dispositivos físicos que leen datos de los sensores y envían órdenes a los actuadores a través de un algoritmo lógico definido por el programador que se ejecuta cíclicamente para controlar el proceso.

En el tercer escalón encontramos los sistemas SCADA, estos sistemas son elementos de software que permiten recoger en tiempo real el estado de las variables que maneja uno o varios PLC, permitiendo al usuario supervisar y controlar los procesos automatizados (ver Figura 27).

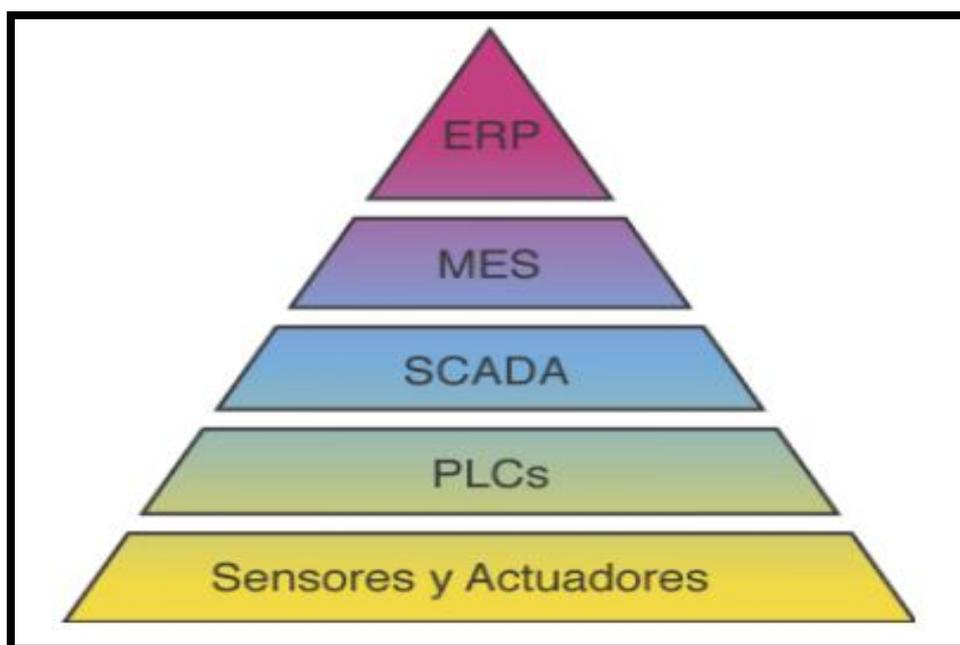


Figura 27. Jerarquía de un sistema de automatización
Fuente: <https://idboxrt.com/scada/>

Para permitir una supervisión efectiva, el medio fundamental es el diseño de interfaces gráficas, en las que se presentan datos e indicadores de proceso en tiempo real. Por tanto, cualquier sistema SCADA debe ofrecer un

IDE o entorno de desarrollo interactivo que proporcione las herramientas necesarias para representar esquemáticamente un proceso, siguiendo las líneas básicas que presenta cualquier diseñador gráfico del mercado. Estos displays de información se denominan HMI (acrónimo del inglés Human Machine Interface).

Además, estos sistemas permiten un control sobre el proceso, esto significa que deben ofrecer, además de la entrada de información al sistema, el envío de órdenes de proceso al PLC o PLCs monitorizados para modificar el comportamiento en tiempo real [11].

2.2.3.2. Sistema del Operador

El sistema del operador basado en el control de procesos SIMATIC PCS7 CEMAT permite al operador controlar el proceso de forma cómoda y segura. El operador puede observar el proceso a través de distintas vistas e intervenir ejecutando funciones de control si es necesario. La arquitectura del sistema de operador es muy variable y puede adaptarse con flexibilidad a un programa nuevo u otro detalle. Tiene las siguientes características:

- Cuenta con una arquitectura flexible y modular con componentes de hardware y software para sistemas mono puesto y multi puesto.
- Potentes estaciones de operador basadas en tecnología PC estándar, aptas para entornos industriales y de oficinas.

- Sistema de archivo de alto rendimiento basado en archivos circulantes y backup integrado, opcionalmente con archivado histórico vía Storage Plus/CAS.
- Modificación y reproducción sin afectar al funcionamiento y test online mediante carga selectiva de servidores redundantes.
- Comunicación AS/OS optimizada: Transmisión de datos sólo tras la modificación de los mismos, independientemente del ciclo de respuesta del controlador.
- Gestión de alarmas sumamente efectiva para facilitar el trabajo de los operadores.
- Gestión centralizada de usuarios, controles de acceso, firma electrónica.
- En combinación con un reloj maestro SICLOCK, el sistema de operador puede aplicar a todo el sistema la sincronización horaria UTC (Universal Time Coordinated) dentro del sistema de control de procesos SIMATIC PCS 7 [13].

La estación de control es el lugar donde los operadores controlan y/o modifican los procesos de la planta (ver Figura 28). En la planta UNACEM, los operadores cumplen turnos rotativos de 24x7 donde por lo menos hay 3 operadores en cada turno y un jefe de turno. Ante cualquier problema con el sistema SCADA, los operadores suelen llamar al ingeniero de turno del área de mantenimiento.



Figura 28. Estación de control

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1817>

2.2.3.3. Características

Como características generales que proporcionan todos los objetos CEMAT en el proceso, a través del faceplate de cada uno en tiempo real son:

- Cuadro de diagnóstico.
- Cuadro de información.
- Cuadro de alarmas.
- Cuadro de mantenimiento.

2.2.3.3.1. Cuadro de diagnóstico

Parámetros de campo: A través de este cuadro se puede visualizar las señales eléctricas, interruptores o contactares.

Parámetros de interfaz: A través de este cuadro se puede visualizar condiciones de enclavamiento del equipo.

Parámetros de proceso: Permite cambiar tiempo de arranque, parada, control de giro, etc.

Fallos del equipo: Permite visualizar las fallas del equipo y proceder al diagnóstico requerido.

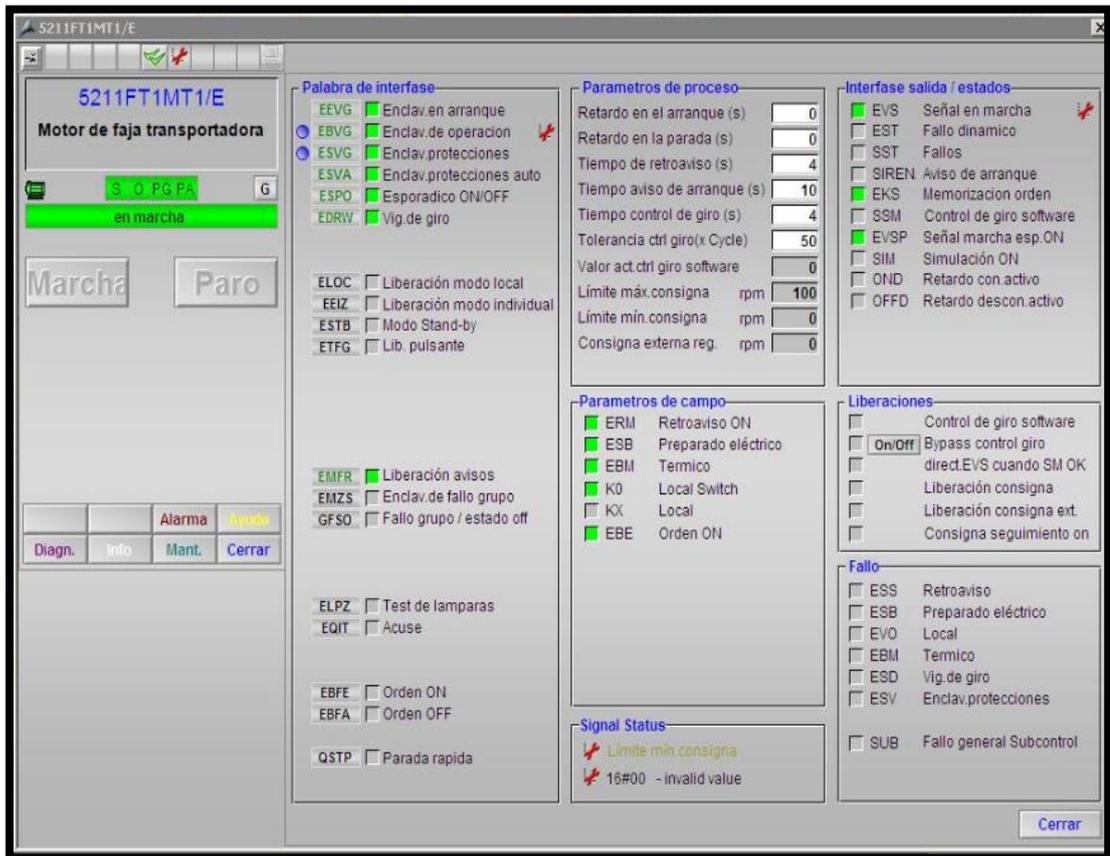


Figura 29. Cuadro de diagnóstico
Fuente: UNACEM.

2.2.3.3.2. Cuadro de información

Brinda información adicional del equipo como por ejemplo la ubicación de la instalación del equipo en campo, direcciones de E/S, datos de CCM, notas del operador y objetos relacionados con los mensajes. En ocasiones no hay información en este faceplate por lo que, se identifica el equipo y se escribe la información.

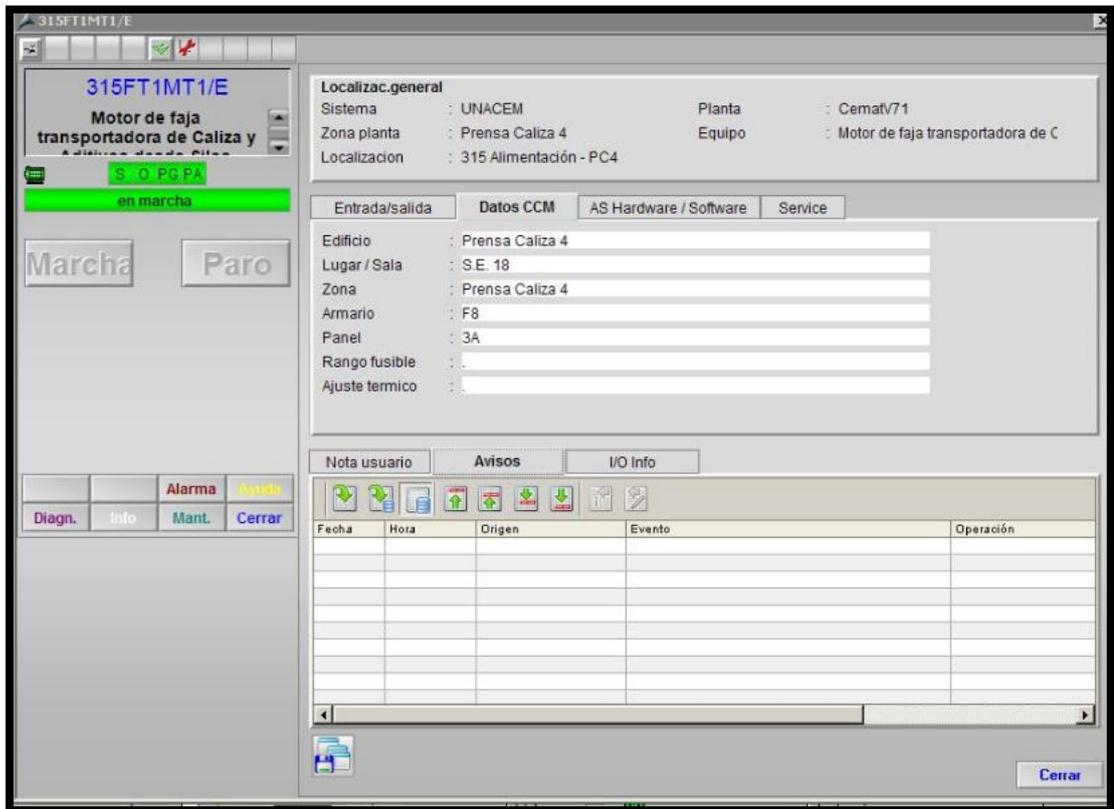


Figura 30. Cuadro de información
Fuente: UNACEM.

2.2.3.3.3 Cuadro de mantenimiento

El cuadro de mantenimiento muestra los valores estadísticos como horas de funcionamiento, tiempo de inactividad de las fallas y los datos de información de mantenimiento (mantenimiento, configuración, el estado y la información del dispositivo para las equipos). Cuadro importante para darles seguimiento a los equipos a través de las curvas que genera su funcionamiento.

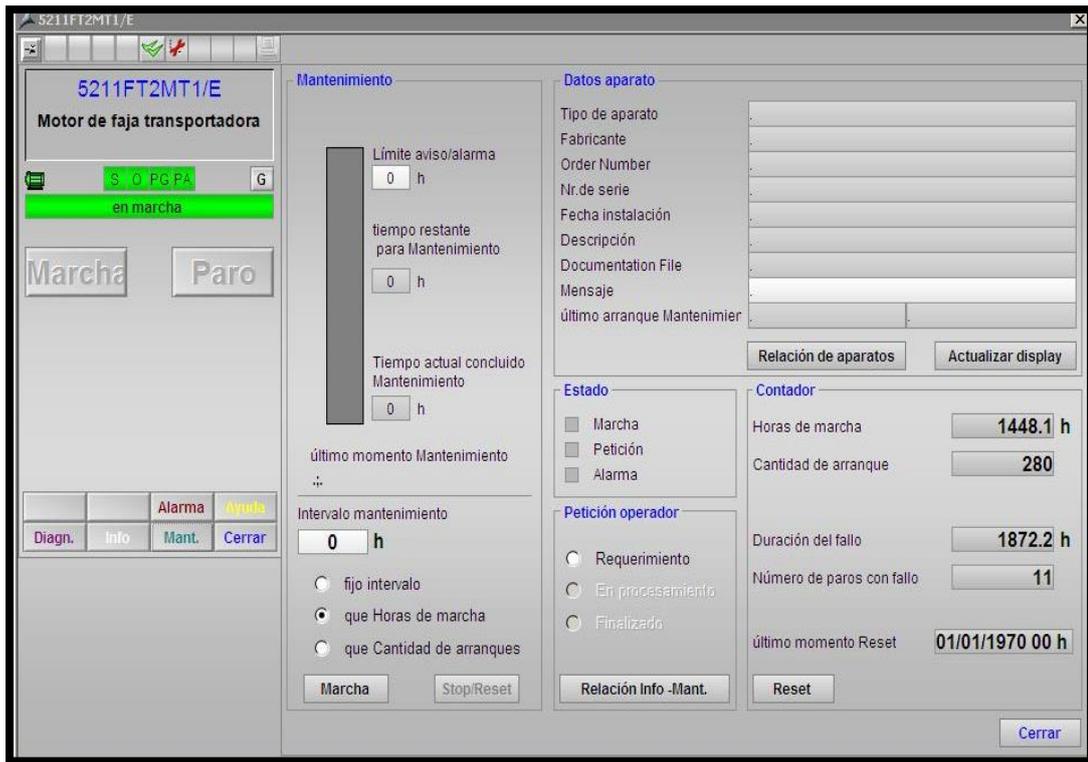


Figura 31. Cuadro de mantenimiento
Fuente: UNACEM.

2.2.3.3.4. Cuadro de alarmas

El cuadro de diálogo de alarma muestra el detalle de las fallas y avisos ocasionados en el equipo, brinda información de la fecha y hora exacta así como el evento de la alarma para su eventual corrección.

Conociendo el evento de la alarma se podrá definir una solución directa hacia el problema.

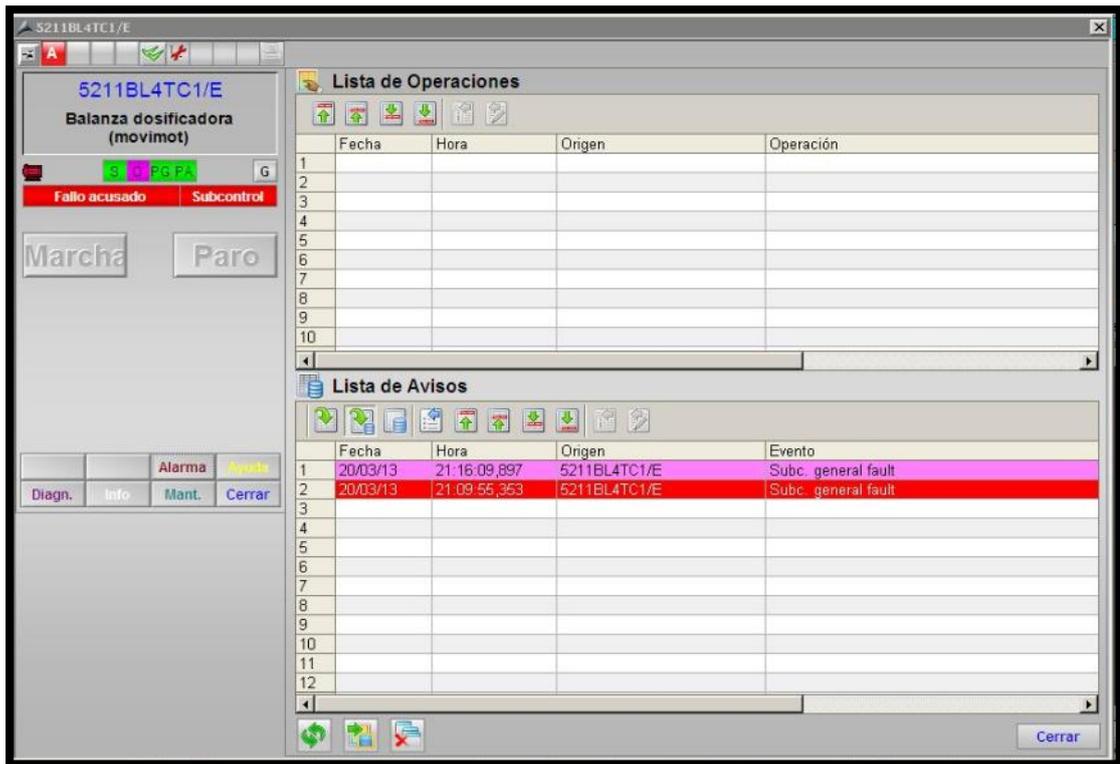


Figura 32. Cuadro de información
Fuente: UNACEM.

2.2.3.4. Funciones

A través de la vista del WinCC Explorer, se puede configurar parámetros como:

Comunicación con la PC, manipulación de los tag de diferentes PLC, modificar una pantalla del SCADA, crear usuario y contraseña, modificar la resolución de la pantalla del SCADA, etc (ver Figura 33).

El Windows Control Center (WinCC) constituye el entorno de desarrollo de Siemens para visualización y control de procesos industriales. WinCC permite la supervisión, adquisición y tratamientos de datos que provienen de un proceso. El WinCC dispone de todos los módulos software para la creación de ventanas gráficas, archivos de procesos, ventanas de alarmas y generación

de documentos a impresora. Además la filosofía abierta del WinCC posibilita la interconexión del sistema con otras aplicaciones [4].

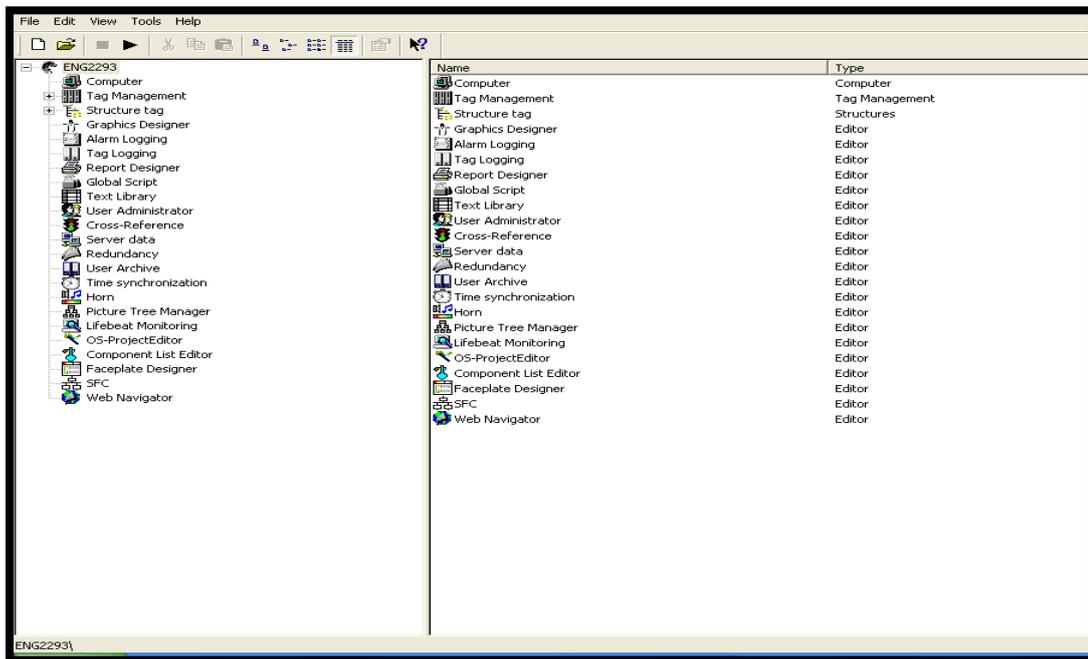


Figura 33. Ventana del explorador (WinCC Explorer)
Fuente: UNACEM.

Funciones generales

- Adquisición de datos: Para recoger, procesar y almacenar la información recibida.
- Supervisión: Para observar desde un monitor la evolución de las variables de control en tiempo real.
- Control: Para modificar la evolución del proceso, actuando sobre los reguladores autónomos básicos o monitoreando otro proceso y hacer los cambios necesarios [11].

Funciones específicas

- Transmisión: La transmisión de información con dispositivos de campo y otros PLC.

- Base de datos: Gestión de datos con bajos tiempo de acceso.
- Presentación: Representación gráfica de los datos. Interfaz del operador o HMI (Human Machine Interface).
- Explotación: Los datos adquiridos son explotados para gestión de calidad, control estadístico, gestión de la producción, gestión administrativa y financiera [11].

2.2.3.4.1. Equipo (Computer)

En este componente se listan los ordenadores que tomarán parte en el proyecto y haciendo doble clic sobre este ícono se puede configurar las propiedades del proyecto.

Se puede definir el nombre del ordenador, su funcionamiento (servidor o cliente), los componentes que se iniciarán al arrancar el modo de ejecución, seleccionar el idioma, desactivar combinaciones de teclas mientras el proyecto está activo para no permitir la salida de la monitorización, seleccionar la imagen de inicio, seleccionar las características de cada ventana (pantalla completa, adaptar imagen, deshabilitar opciones como minimizar, cambiar de tamaño, cerrar, etc). [15].

2.2.3.4.2. Administrador de variables (Tag Management)

Este componente permite crear, estructurar y manipular las variables que se utilizaran en el proyecto. Se definen las variables internas, variables externas, los drivers de comunicación y las conexiones con el PLC (ver Figura 34).

Las variables internas son propias del entorno WinCC y no están directamente relacionadas con el proceso, mientras que las variables externas están relacionadas directamente con el proceso. Las variables y los grupos de variables se crean al pulsar botón derecho del mouse donde corresponda sobre el área de trabajo, o sea la parte derecha del explorador de WinCC [15].

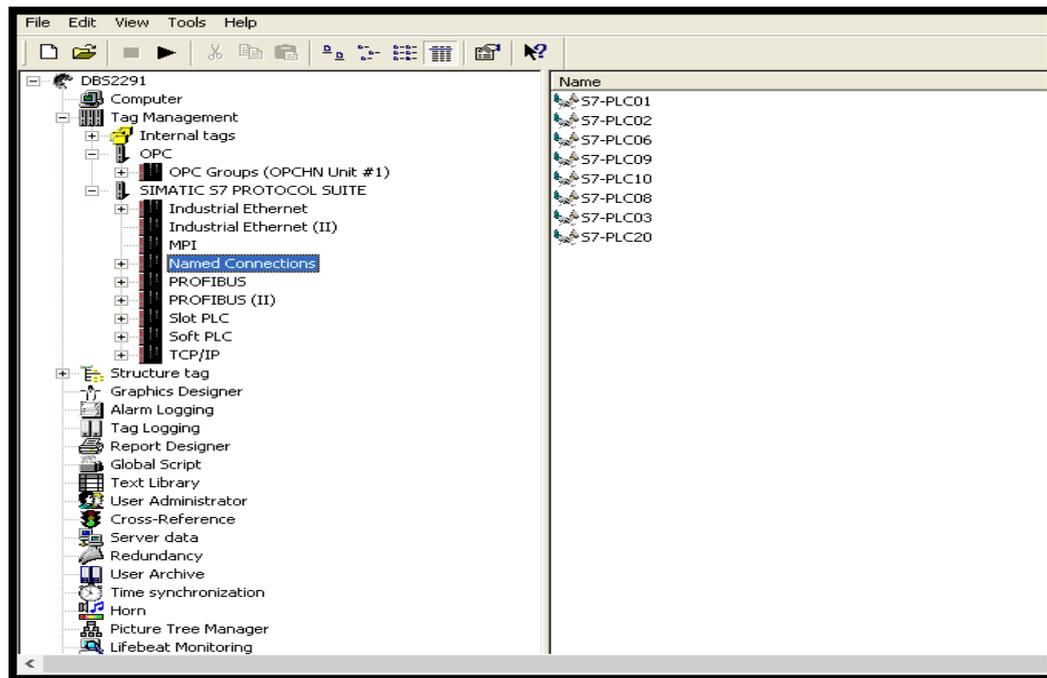


Figura 34. Administrador de variables (Tag Managment)
Fuente: UNACEM.

2.2.3.4.3. Editor Gráfico (Graphics Designer)

Con este componente se crean, renombrar y eliminar imágenes, es un entorno de dibujo con la capacidad de que sus objetos pueden asociar sus propiedades a las variables creadas. También se puede, ver las propiedades de cada ventana. Permite crear o editar una imagen. En la Figura 35 se muestra el entorno del Editor gráfico del WinCC Explorer.

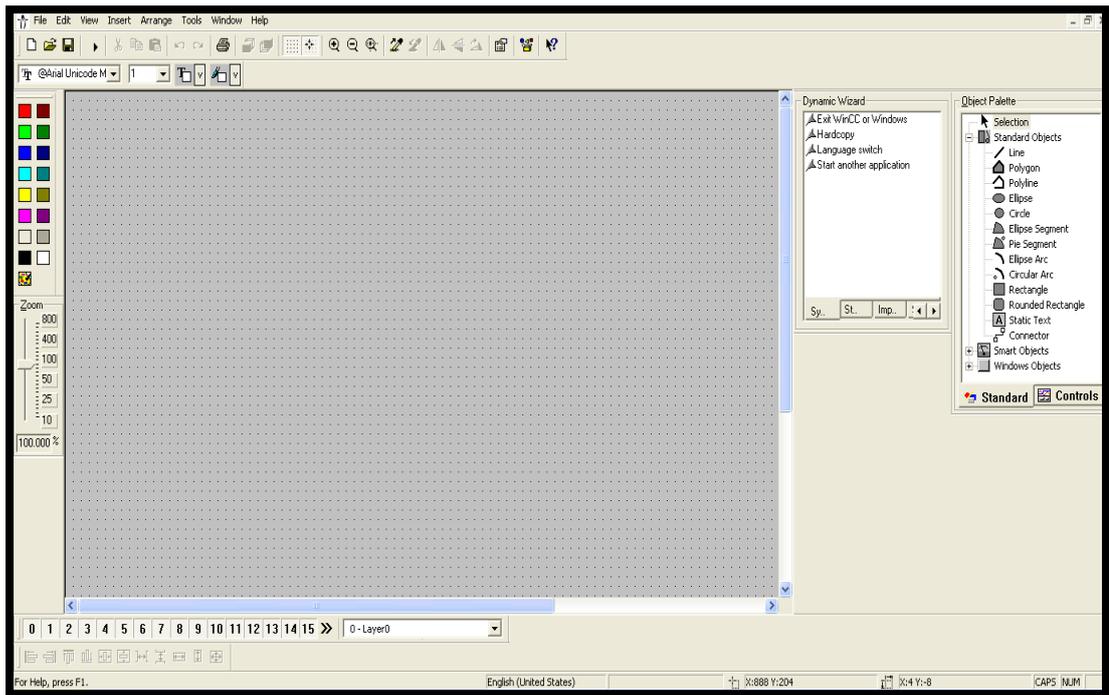


Figura 35. Editor gráfico (Graphics Designer)
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5. Librería de objetos especiales para cemento

SIMATIC PCS7 CEMAT ofrece una plantilla que contiene los objetos especiales que cuentan con un script y una lógica programada en WinCC con aplicaciones para su uso. Todos los objetos en la plantilla poseen una serie de propiedades, cuyo número depende del objeto. También se pueden animar los objetos mediante programas elaborados en Visual Basic y lenguaje C. En la Figura 36 se muestra la plantilla de objetos especiales del CEMAT.

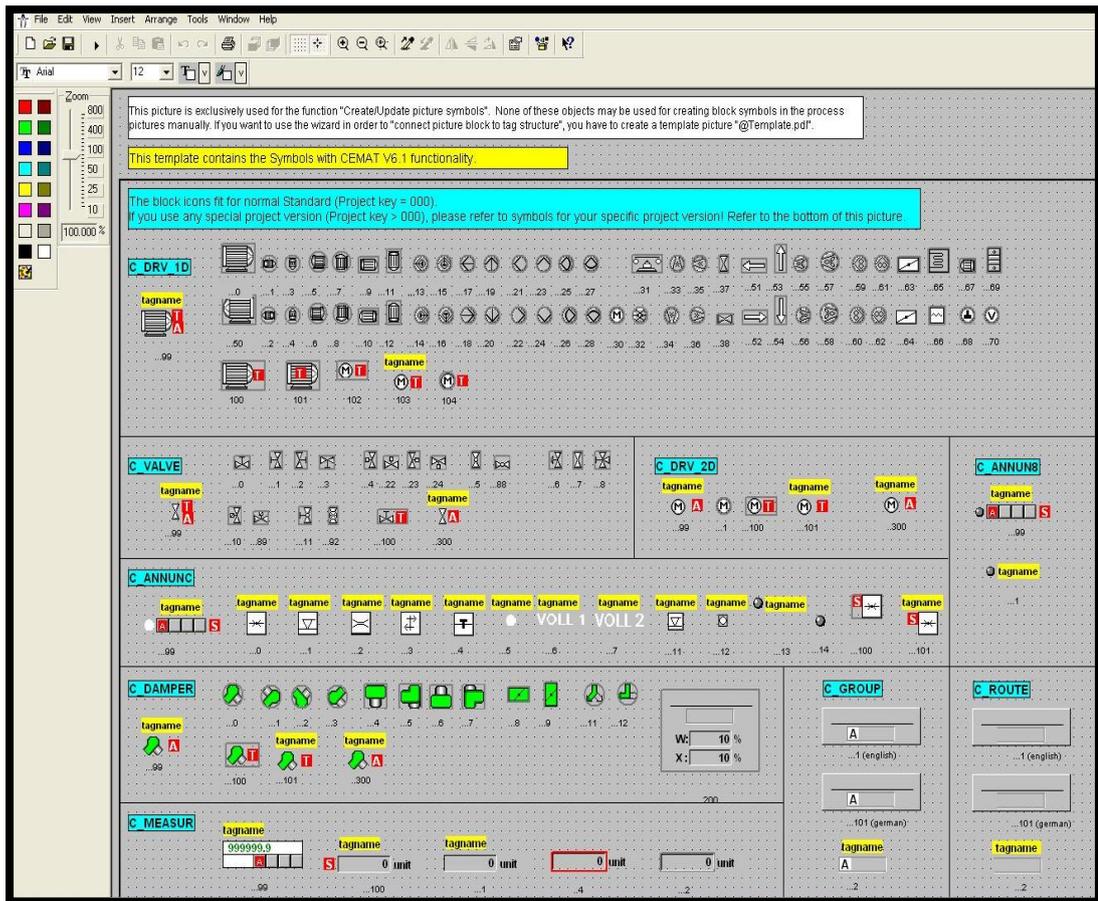


Figura 36. Plantilla de objetos especiales CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.1. Bloque C_DRV_1D como aplicación

Utilizado para la programación de motores, sopladores, exhaustores, balanzas dosificadoras, etc. Hay una serie de objetos que puede ser programado a través de este bloque (ver Figura 37). Todos los objetos tienen la misma configuración, elegir cual es el que se programará dependerá del requerimiento del cliente.

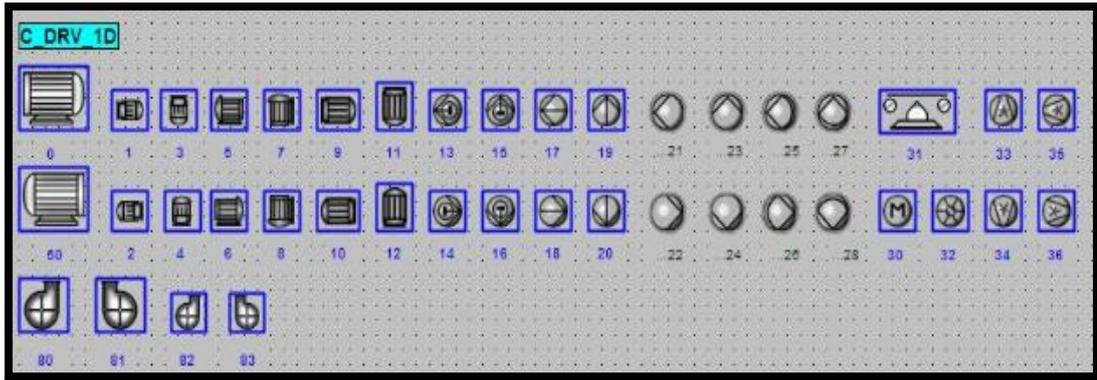


Figura 37. Plantilla del bloque C_DRV_1D objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.2. Bloque C_DRV_2D como aplicación

Utilizado para la programación de los equipos de motores de dos direcciones como fajas transportadoras de doble giro. Hay una serie de objetos que puede ser programado a través de este bloque (ver Figura 38). Todos los objetos de esta plantilla tienen la misma configuración, elegir cual es el que se programará dependerá del requerimiento del cliente o del programa.

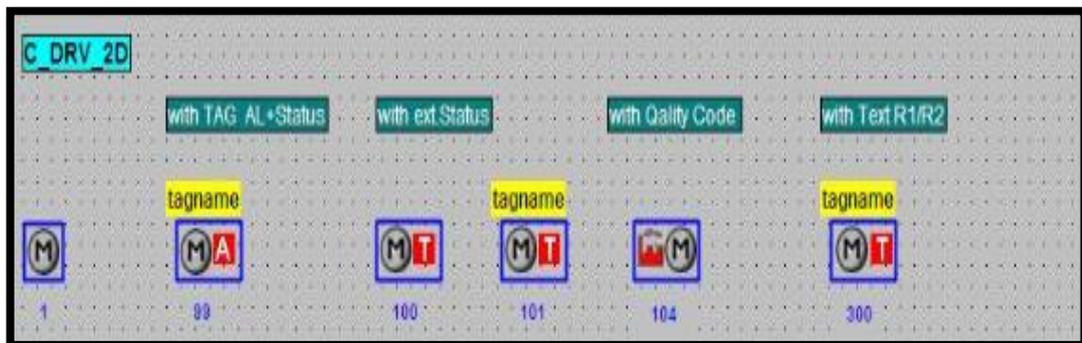


Figura 38. Plantilla del bloque C_DRV_2D objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.3. Bloque C_VALVE como aplicación

Utilizado para válvulas ON-OFF, abierto y cerrado. Válvulas de apertura y cierre de flujos. Hay una serie de objetos que puede ser programado a través de este bloque (ver Figura 39). Todos los objetos de la plantilla del bloque

C_VALVE tienen la misma configuración, elegir cual es el que se programará dependerá del requerimiento del cliente.

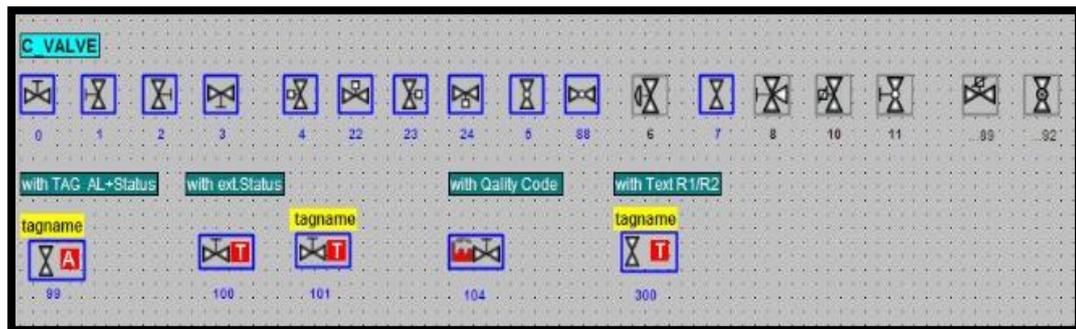


Figura 39. Plantilla del bloque C_VALVE objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.4. Bloque C_ANNUNC como aplicación

Utilizado para leer valores digitales del proceso y mostrar una alarma. Hay una serie de objetos que puede ser programado a través de este bloque (ver Figura 40). Todos los objetos de esta plantilla tienen la misma configuración, elegir cual es el que se programará dependerá del requerimiento del cliente o del programa.

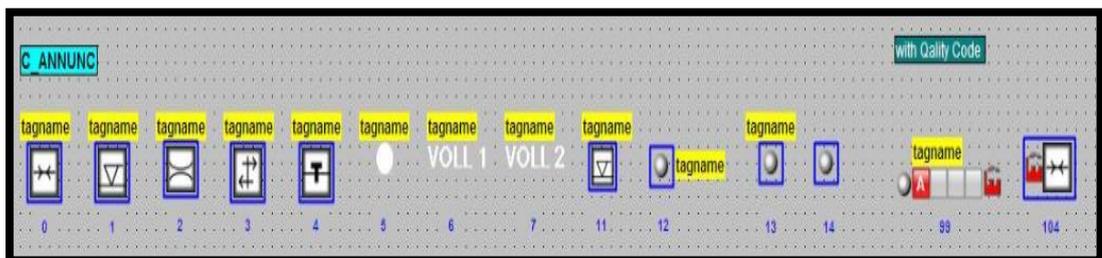


Figura 40. Plantilla del bloque C_ANNUNC objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.5. Bloque C_DAMPER como aplicación

Utilizado para compuertas de 2 posiciones, compuertas motorizadas, tipo pantalón o en T. Hay una serie de objetos que puede ser programado a través de este bloque (ver Figura 41). Todos los objetos de esta plantilla tienen

la misma configuración, elegir cual es el que se programará dependerá del requerimiento del cliente o del programa.

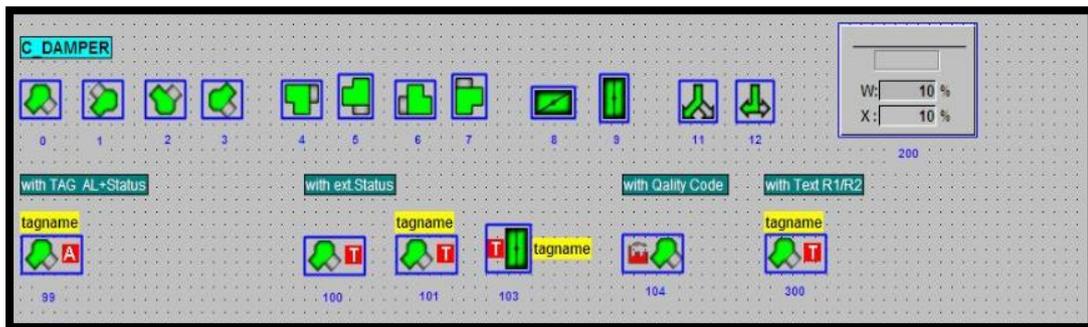


Figura 41. Plantilla del bloque C_DAMPER objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.6. Bloque C_GROUP como aplicación

Utilizado para agrupar varios equipos y/o dispositivos de un determinado sector de la planta. Bloque principal del SCADA CEMAT, muy utilizado por los operadores ya que controlan parte de sus procesos a partir del grupo, para arrancar los equipos automáticamente. De igual forma para darles seguimiento a los equipos que pertenecen al grupo, conectado por la interface GR_LINK, a través del faceplate del grupo “ventana de alarmas”, para visualizar cualquier diagnostico identificado por el sistema. En la Figura 42 se muestra el objeto especial C_GROUP del CEMAT.



Figura 42. Plantilla del bloque C_GROUP objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.5.7. Bloque C_ROUTE como aplicación

Utilizado para agrupar dispositivos de un determinado sector y arrancar los equipos automáticamente (ver Figura 43). Permite el cambio dinámico hacia otra ruta sin parar los dispositivos inicialmente arrancados. En el SCADA CEMAT hay poco uso de esta plantilla, normalmente porque ocupa mucho espacio. Pero se encuentra programado únicamente como visualización en el SCADA para ver el estado de la ruta.

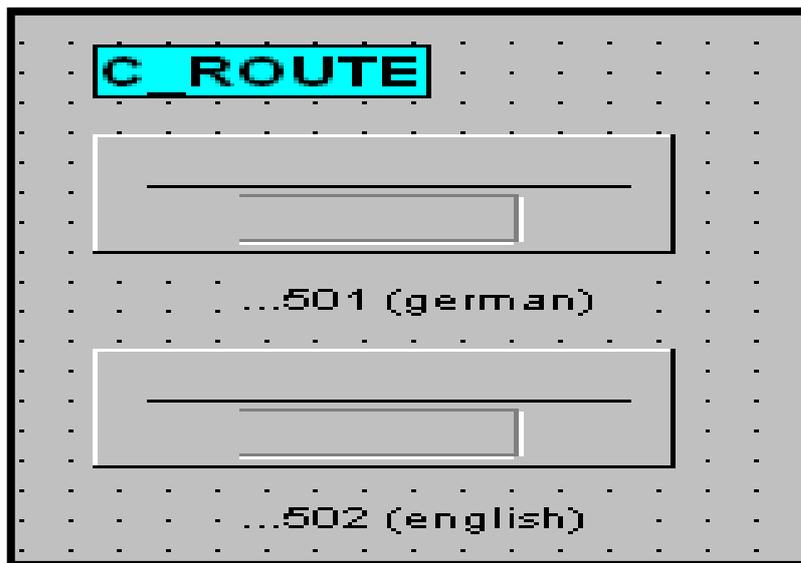


Figura 43. Plantilla del bloque C_ROUTE objeto especial del CEMAT
Fuente: UNACEM.

2.2.3.6. Comunicación Industrial

La comunicación industrial que posee UNACEM se basa en el Sistema Cemat (Cement Automation) de SIEMENS, como estándar del sistema SCADA y posee como bus industrial un anillo de fibra óptica.

2.2.3.6.1. Red de fibra óptica

La red de fibra óptica de la planta de UNACEM está compuesto por un anillo de fibra óptica de 8 hilos, 3 switchs Scalance X-400 y 17 switchs Scalance X-200. La distribución de los 8 hilos de este anillo es la siguiente:

- Hilos 1 y 2: Plant Bus: Es el bus de proceso e intercambio de información entre los PLCs de Planta Atocongo y los Servidores del CEMAT (DBS). También se encuentra conectado a este bus la Estación de Ingeniería (ENG).
- Hilos 3 y 4: Terminal Bus: Es el bus de proceso e intercambio de información entre los Servidores del CEMAT (DBS) y las Estaciones de Operación de Planta Atocongo (OWS). También se encuentra conectado a este bus la Estación de Ingeniería (ENG).
- Hilos 5 y 6: Red CCTV: Se han asignado estos hilos a la red de CCTV existente en Planta Atocongo que está a cargo del Departamento de SP.
- Hilos 7 y 8: Reserva.

Cada PLC contiene en su tablero un switch SCALANCE X-204, con dos puertos de fibra y 4 puertos RJ-45. Cada PLC está conectado al switch usando un cable RJ45/AUI (DB15). No se requiere un conversor porque las tarjetas Ethernet poseen un transceiver activo.

Cada switch X-400 posee una memoria que guarda la configuración del sistema. En caso de daño del equipo esta puede ser colocada en el nuevo reemplazo y el equipo estará configurado exactamente igual. Los puertos conectados a los PLC S7 trabajan a 100Mbps.

Todos los switch poseen dos puertos de fibra para ser conectados al anillo. El switch SW-101 es el maestro del anillo de bus de planta y el switch SW-102 es el maestro del anillo del Bus de terminales, estos switch monitorean el estado de la redundancia, en caso de falla de alguno de los segmentos del anillo, este switch re direccionará la información por el camino disponible para llegar a las estaciones afectadas. Esta recuperación se produce dentro de un tiempo menor a 300ms [14].

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Asocem: Asociación de productores de cemento, entidad gremial que congrega a las empresas: UNACEM SAA, Cementos Pacasmayo SAA y Yura SA; y a las entidades que agrupan a los inversionistas privados.

Unacem: Unión Andina de Cementos, es la fusión de Cementos Lima y Cemento Andino.

Controlador lógico programable (PLC): Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Scada: Es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en

el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

Sistema de control: Conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Sistema de control distribuido (DCS): Es similar a un PLC con la diferencia que está diseñado para el manejo de procesos regulatorios, aunque también tiene la capacidad de realizar control discreto. Es capaz de controlar muchos lazos y dispone de herramientas que permiten realizar estrategias avanzadas de control, en base a la interconexión de bloques de funciones.

HMI (Human Machine Interface): El interfaz hombre-máquina, es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es una de las principales herramientas utilizada por los operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.

SFC (Sequential Function Chart): Es un lenguaje de programación donde la programación es secuencial, controla generalmente un área pequeña de una planta, en la que una misma tarea de control se presenta varias veces de forma similar. El tipo SFC contiene una interfaz estandarizada para controlar

el SFC mediante el programa de usuario o por parte del operador, permitiendo configurar hasta 32 cadenas secuenciales para formular la función de control.

CFC (Continous Function Chart): Es un lenguaje de programación que permite interconectar gráficamente las funciones complejas; no es necesario programar numerosas funciones estándar, puesto que dispone de librerías que contienen bloques predefinidos (funciones lógicas, aritméticas, de regulación y de procesamiento de datos).

Faceplate: Es una plantilla de objetos o imagen, en la cual facilita la inserción de nuevos objetos, variables y propiedades de un determinado dispositivo. Cada dispositivo programado con un faceplate va a disponer de variables propias.

Chart in Chart: Chart que contiene internamente otro chart (lógica de programación), creado a partir de entradas y salidas definidas de acuerdo al uso que mejor se adapte a la programación a desarrollar.

DB Coupling: Es la herramienta que permite enviar y recibir las señales requeridas para la programación, desde un PLC a otro PLC.

Bloque FC: Creados para generar resultados que no se almacenan. Dentro de la programación se usa en la lógica general de los programas, por ejemplo en líneas generales de actuación de máquinas, secuencias e interrelación entre ellas.

Bloque FB: Parecido al bloque FC, pero vitaminados. No solamente se podrá hacer lo que haces en los bloques FC sino que además se almacena valores ya que tiene asociados DB.

Bloque DB: Utilizado para almacenar información de datos. Existen 2 tipos de bloques de datos. DB globales, en los cuales todos los OBs, FBs y FCs pueden guardar o leer datos y DBs de instancia, los cuales se encuentran asignados a un FB en particular.

Silos: Es donde se almacena el producto final (cemento), donde existen varios silos para el almacenamiento de los diferentes tipos de cemento que fabrica la planta de cemento.

Tolva: Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte. Generalmente es de forma cónica y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono.

MES: Sistema de ejecución de manufactura, permite acceder a toda la información de procesos en tiempo real. Tiene múltiples funciones y permite una utilización óptima con alta calidad de producción y a bajo costo.

CIM: Sistema de manufactura integrada por computadora, permite el uso de la tecnología por medio de la computadora para integrar las actividades de la empresa.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE RUTAS PARA LA MEJORA DEL PROCESO DE TRANSPORTE DE MATERIALES EN LA EMPRESA UNACEM

Al conocer las falencias en el proceso de transporte de materiales de la empresa UNACEM, se verifica la necesidad de:

- Programar los equipos para que arranquen automáticamente.
- Hacer flexible la fabricación de cemento e inclusión de futuras recetas de cemento.
- Darle factibilidad al operador a la hora de elegir una ruta de descarga de materia prima o cemento a través del SCADA Cemat.

Desde las balanzas dosificadoras hasta las 3 fajas transportadoras (transportan cemento hacia el Envase), hay varios dispositivos entre ellas las prensas de rodillos y los molinos de bolas; cada dispositivo tiene un programa establecido por lo que el nuevo programa se realizará paralelamente al programa actual. Hay la necesidad de identificar todas las rutas que involucran este proceso y hacer un programa con la idea de hacer flexible la fabricación

de cemento. A todo esto, que al operador le resulte fácil la integración del nuevo programa en el SCADA CEMAT de la planta UNACEM.

3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA

Tras la revisión de los equipos en la estación de ingeniería y en el SCADA, se concluye lo siguiente:

- UNACEM cuenta con 4 prensas de clinker y 3 molinos de bolas para la elaboración de su cemento.
- A través de las balanzas dosificadores, dosifican la materia prima para la elaboración del cemento, la materia dosificada es transportada a las prensas de rodillos (Clinker) o los molinos de bolas.
- Mediante las prensas de rodillos (Clinker) y los molinos de bolas se obtiene el cemento.
- Desde las prensas de rodillos o los molinos de bolas, el cemento se transporta hacia las fajas principales transportadoras.
- Hay diferentes rutas para transportar la materia prima y de la misma forma diferentes rutas para transportar el cemento.
- Existen diferentes equipos involucrados en el proceso de transporte como: fajas transportadoras, fajas transportadoras reversibles, compuertas, válvulas, exhaustores, colectores.
- Actualmente cada equipo tiene su propia programación.

UNACEM cuenta con una nomenclatura para cada tipo de dispositivo que se encuentra en la planta, por ejemplo: una compuerta eléctrica de doble

vía tiene por nombre XXXCEXMRX, donde el número de serie es asignado por el supervisor de mantenimiento.

Para programar las rutas de transporte de cemento desde las prensas de rodillos hacia las fajas transportadoras, se identifica lo siguiente:

Hay 3 prensas de rodillos:

- Prensa de Clinker 1: Los equipos de transporte involucrados en esta prensa se encuentran en el PLC04.
- Prensa de Clinker 2: Los equipos de transporte involucrados en esta prensa se encuentran en el PLC05.
- Prensa de Clinker 3: Los equipos de transporte involucrados en esta prensa se encuentran en el PLC11.

Hay 3 fajas principales transportadoras que transportan el cemento hacia el Envase:

- 561FT1MT1: Equipo ubicado en el PLC07.
- 561FT2MT1: Equipo ubicado en el PLC07.
- 563FT1MT1: Equipo ubicado en el PLC07.

Toda información obtenida es a través de la pantalla (proceso de transporte de cemento) del SCADA de la Línea 2, donde se puede ver las 3 prensas de clinker, las 3 canaletas y las 3 fajas transportadoras que se dirigen hacia los silos de almacenamiento de cemento (ver Figura 44).

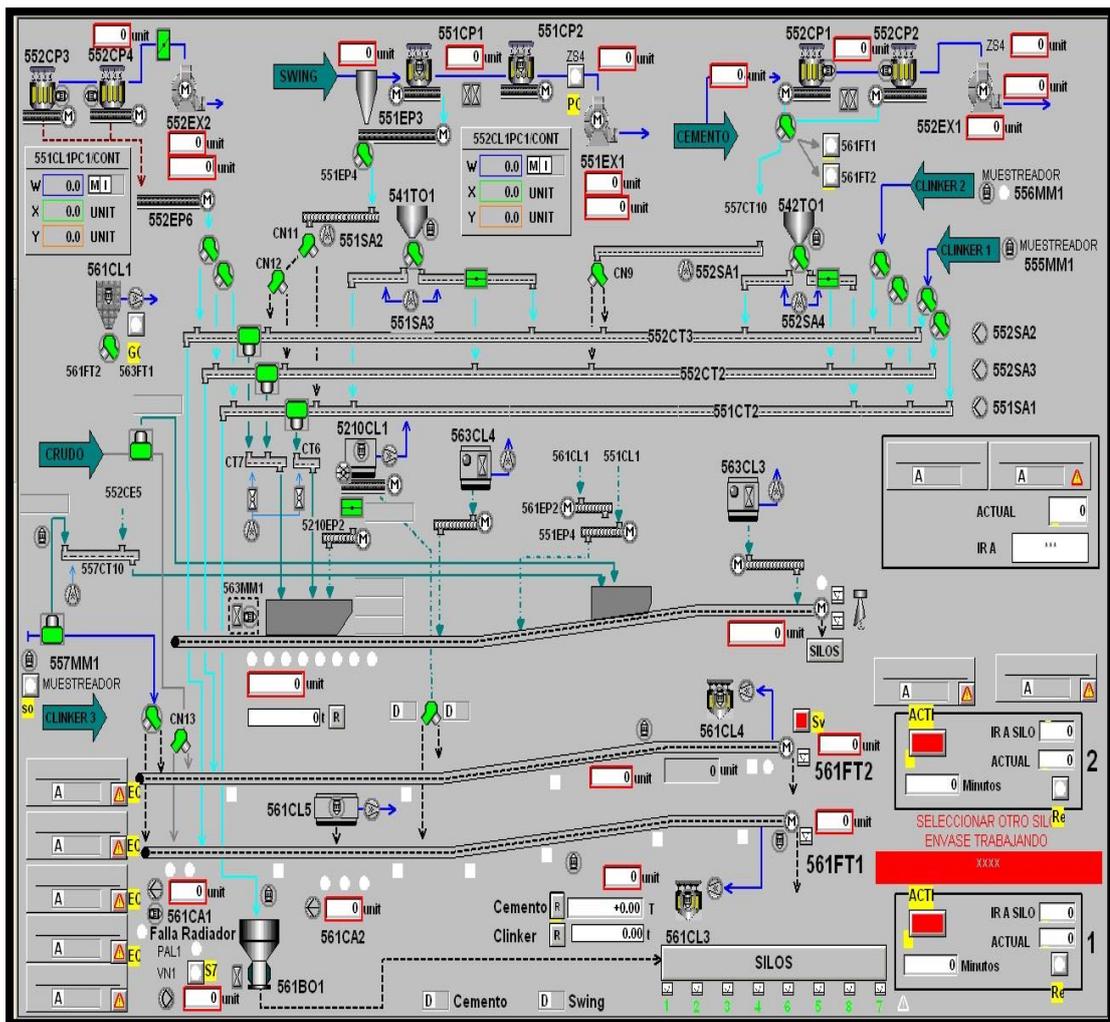


Figura 44. Pantalla proceso de transporte de cemento – Línea 2
Fuente: UNACEM.

En la Figura 45 se identifica más dispositivos involucrados en la etapa de transporte de cemento desde las prensas de rodillos a fajas, la pantalla es abierta al dar click a la pestaña que dice **CLINKER1**, **CLINKER 2** o **CLINKER 3**.

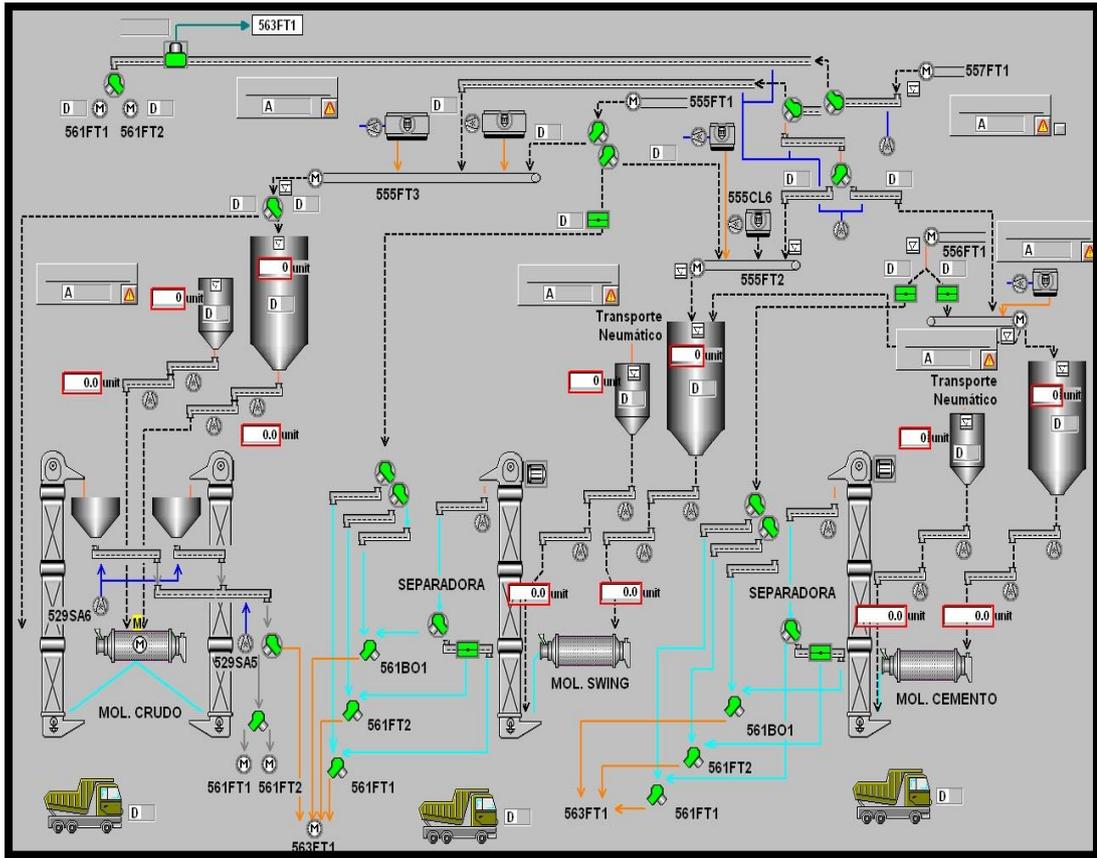


Figura 45. Pantalla proceso de transporte de cemento – Línea 2
Fuente: UNACEM.

El operador elige el destino (Hay 8 silos y 5 celdas de almacenamiento de cemento) donde será transportado el cemento a través de las fajas, identificando los dispositivos involucrados en el destino elegido y arrancando cada uno de ellos.

Para programar las rutas de transporte de materia prima desde las balanzas dosificadoras hasta las prensas de rodillos, se identifica lo siguiente:

- Hay balanzas dosificadoras que alimentan las prensas de rodillos.
- Hay balanzas que pueden alimentar otras prensas de rodillos o molinos de bolas a través de fajas reversibles o compuertas eléctricas.

- A través de selecciones el operador direcciona el arranque de las fajas reversibles.
- A través de selecciones el operador elige el posicionamiento de las compuertas.
- Hay compuertas manuales que entregan bits para confirmación de ruta.
- Actualmente cada equipo tiene su lógica de programación.
- Las balanzas dosificadoras tienen una programación independiente y para la fabricación de cemento, tiene una lógica de programación un poco compleja.

Para el proceso de transporte de materia prima en la prensa de clinker 1, se identificaron dispositivos como fajas reversibles, colectores, exhaustores, compuertas eléctricas, compuertas manuales, selectores, balanzas dosificadoras, silos (tolvas) de almacenamiento de materia prima (ver Figura 46).

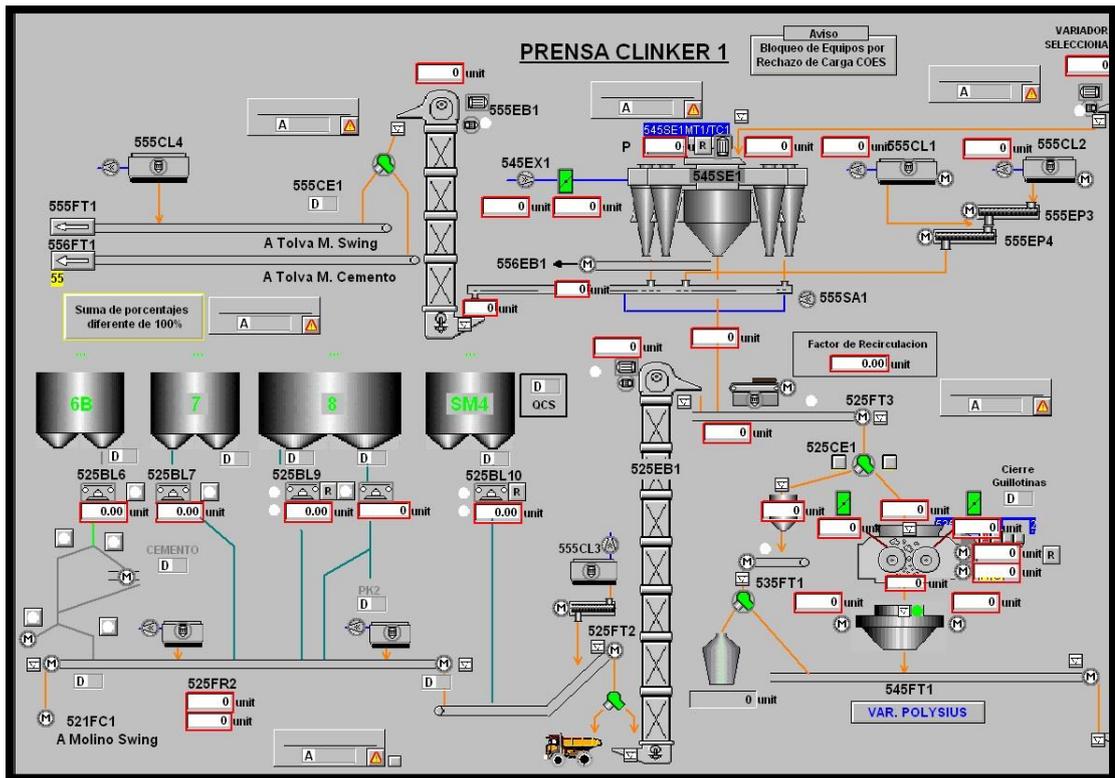


Figura 46. Pantalla principal de la prensa de clinker 1
Fuente: UNACEM.

Para el proceso de transporte de materia prima en la prensa de clinker 2, se identificaron dispositivos como fajas reversibles, colectores, exhaustores, compuertas eléctricas, compuertas manuales, selectores, balanzas dosificadoras, silos (tolvas) de almacenamiento de materia prima (ver Figura 47).

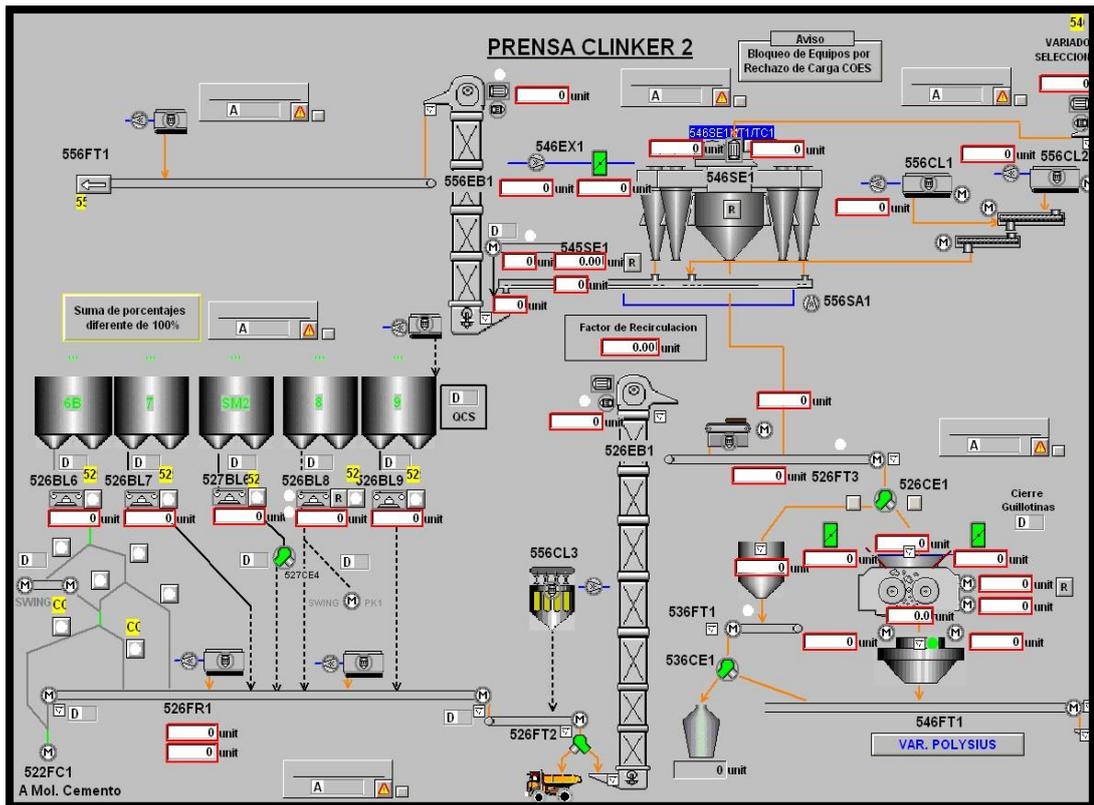


Figura 47. Pantalla principal de la prensa de clinker 2
Fuente: UNACEM.

Para el proceso de transporte de materia prima en la prensa clinker 3, se identificaron dispositivos como fajas reversibles, colectores, exhaustores, compuertas eléctricas, selectores, balanzas dosificadoras, silos almacenamientos de materia prima (ver Figura 48).

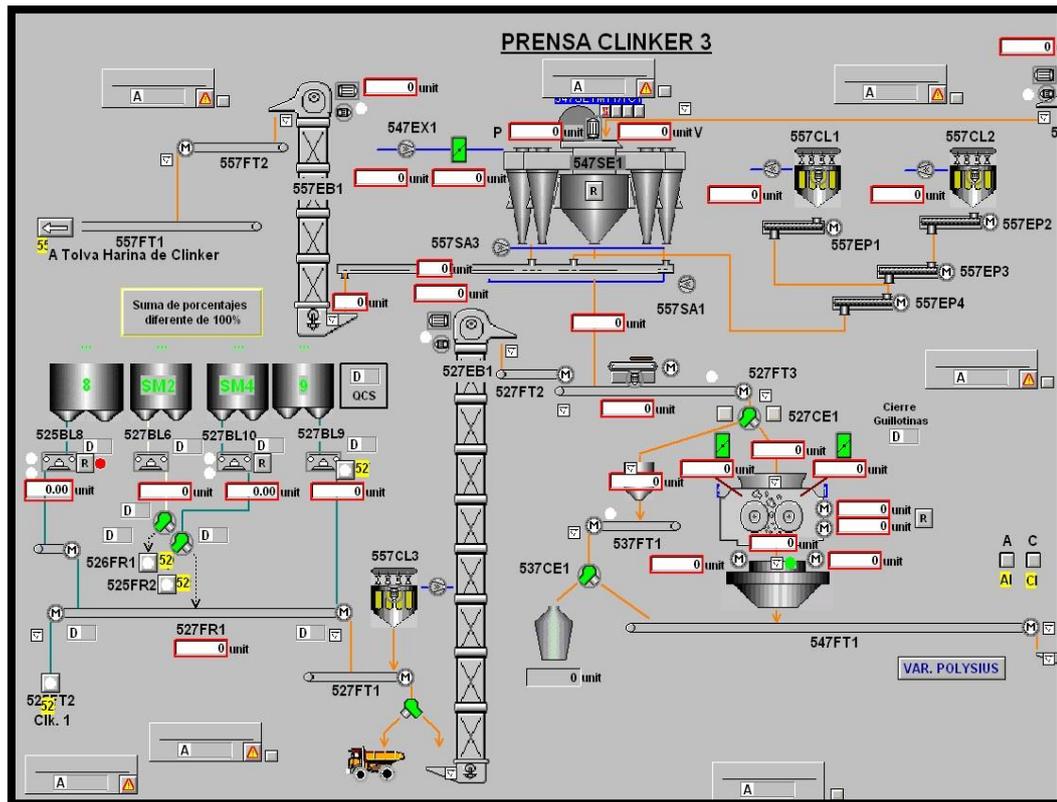


Figura 48. Pantalla principal de la prensa de clinker 3
Fuente: UNACEM.

En esta etapa las balanzas dosificadoras alimentan la prensa de rodillos, hay balanzas que pueden alimentar a otras prensas de rodillos a través del posicionamiento de las compuertas o fajas reversibles.

El operador selecciona las balanzas a través del faceplate de “Selección” que está ubicado al lado de las balanzas. El posicionamiento de las compuertas los realiza a través de la “Selección” que está ubicado a su lado.

La dirección de las fajas reversibles dependerá de la selección que se elija, selección ubicado al lado de las fajas. No hay ningún bloqueo o enclavamiento para el arranque de las fajas reversible solo dependerá de la selección de dirección.

Luego de elegir la ruta y los dispositivos involucrados, a través del Grupo de “Alimentación” arrancan en modo automático los dispositivos.

Las balanzas tienen como enclavamiento el porcentaje de las recetas de fabricación cemento, si este porcentaje no es 100% las balanzas no arrancan.

En general los enclavamientos de las balanzas son:

- Selección de balanza.
- Suma de porcentajes 100%.
- Balanza normalizada.
- Dispositivo consecuente arrancado, ya sea posicionamiento de una compuerta o una faja reversible.

Cabe mencionar que UNACEM solo fabrica clinker, y algunos silos de almacenamiento contienen otros adicionados como yeso, caliza, etc.

Las balanzas dosificarán el porcentaje para la receta final, por ejemplo para la preparación del cemento “A”, necesitan 3 adicionados cada uno en diferentes porcentajes, porcentajes que tienen que sumar 100%.

Cada adicionado varía de acuerdo a una receta, donde no hay ningún enclavamiento que bloquee si el porcentaje de adicionado es mayor o menor al porcentaje establecido por el Sistema de Gestión de Calidad, por ejemplo:

Para la preparación de la receta A:

Materia prima 1 – 10%.

Materia prima 2 – 15%.

Materia prima 3 – 75%.

Los porcentajes tienen que sumar 100% y las balanzas no tienen que estar en falla, solo se considera a la hora de sumar los porcentajes las balanzas que están seleccionadas.

3.1.1. PLAN DE PROYECTO

3.1.1.1. Objetivo

El objetivo del proyecto es la integración del nuevo programa que permita mejorar el sistema de proceso de transporte de materiales con el fin de cumplir los objetivos específicos ya planteados.

Para el correcto desarrollo del proyecto, se ha tenido que planificar fases que aseguren el avance y el cumplimiento de los tiempos.

3.1.1.2. Fases

Se han identificado 5 fases para el desarrollo del proyecto:

- Gestión.
- Ingeniería.
- Desarrollo.
- Puesta en marcha.
- Documentación.

3.1.1.3. Diagrama de Gantt

En la Figura 49 se muestra, a través de un diagrama de Gantt, las tareas que se realizaron en la etapa de programación desde los equipos de molienda hacia fajas/bombas, con sus respectivos periodos de tiempo.

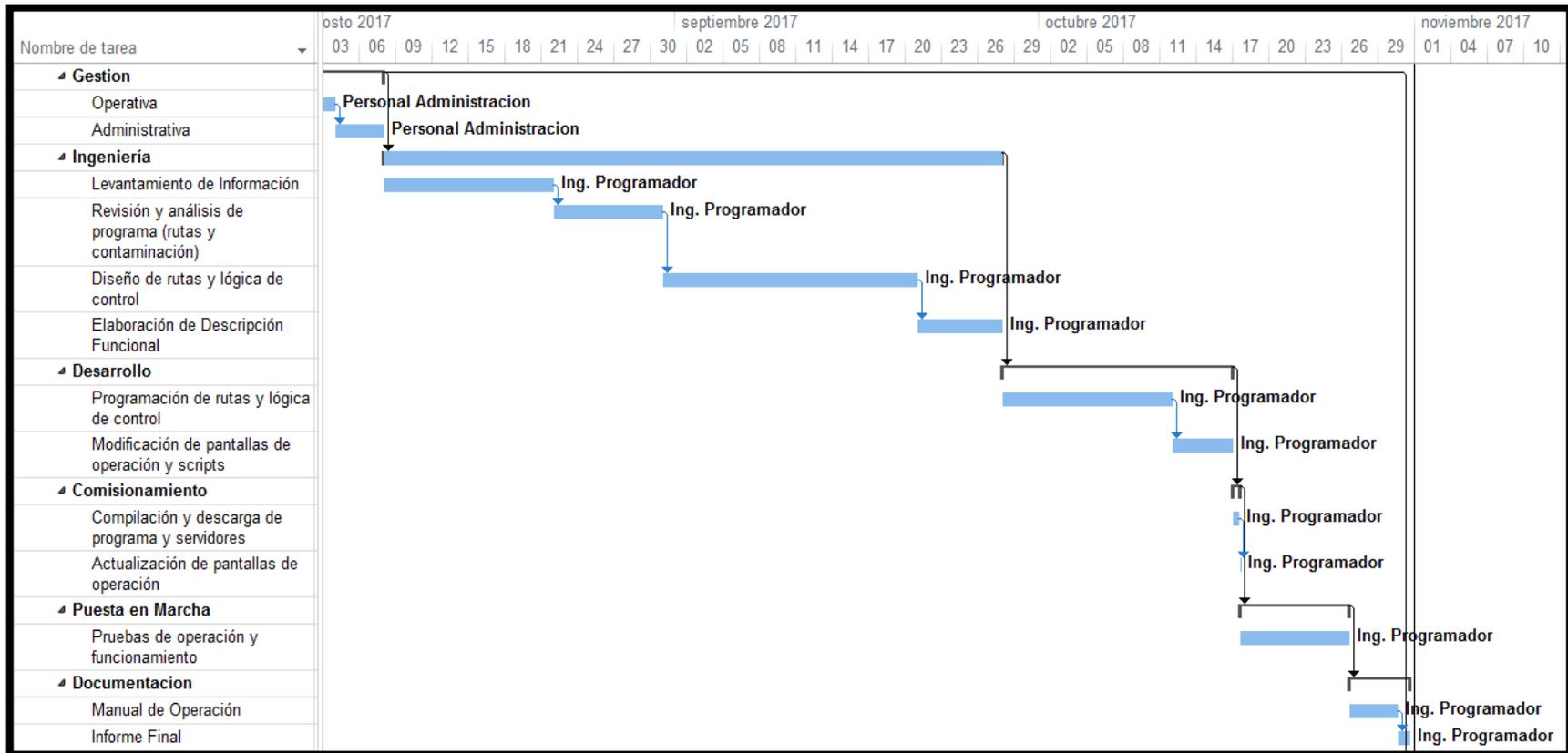


Figura 49. Diagrama de Gantt – Rutas de transporte desde equipos de molienda hacia fajas/bombas
Fuente: CMIT Ingenieros.

En la Figura 50 se muestra, a través de un diagrama de Gantt, las tareas que se realizaron en la etapa de programación desde las balanzas dosificadoras hacia equipos de molienda de cemento, con sus respectivos periodos de tiempo.

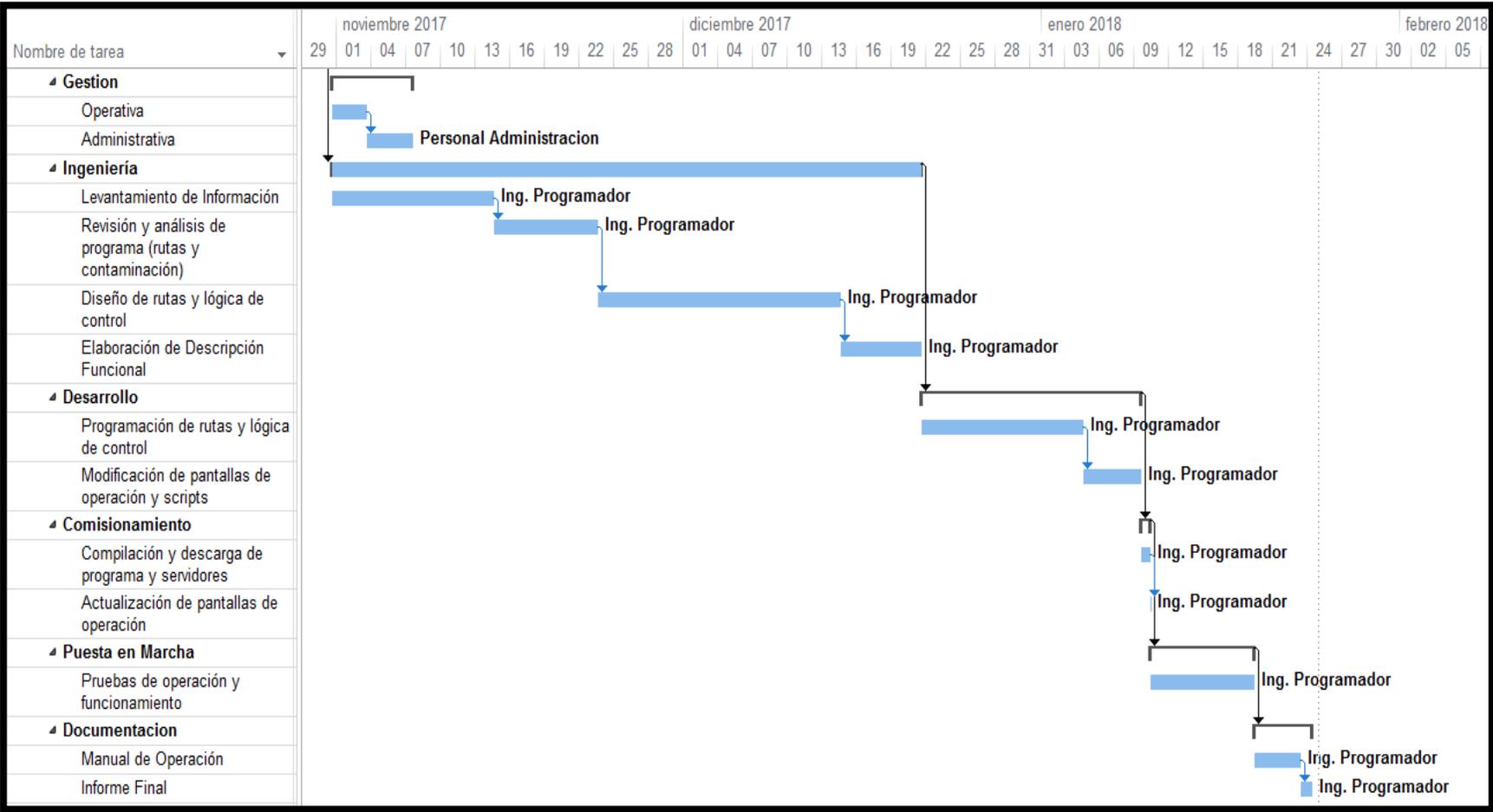


Figura 50. Diagrama de Gantt – Rutas de transporte desde balanzas dosificadoras hacia equipos de molienda de cemento
Fuente: CMIT Ingenieros.

3.1.2. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Para la estimación del costo de programación se oferta el desarrollo de lo siguiente:

- Programación de los PLC involucrados en la etapa de transporte de materiales.
- Capacitación al operador, con énfasis en el control de operación a través del sistema SCADA.

3.1.2.1. Procedimiento Propuesto

A. Revisión y Análisis de Programa

- Levantamiento de información (rutas y contaminación).
- Diseño de rutas y lógica de control.
- Elaboración de descripción funcional.

B. Servicio de Ingeniería y Documentación

- Ingeniería básica.
- Ingeniería de desarrollo PCS7 CEMAT AS, OS, ES, WinCC.
- Ingeniería de documentación.

C. Desarrollo, Comisionamiento y Puesta en marcha

- Integración del nuevo programa.
- Puesta en marcha de aplicaciones PCS7 CEMAT AS, OS y ES.
- Pruebas con los nuevos comandos de operación.
- Acompañamiento e instrucción en operación.

3.1.2.2. Estimación general

En la tabla 13 se detalla el servicio que se va a proveer.

Tabla 13. Lista de servicio a proveer
Fuente: CMIT Ingenieros.

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	P. UNIT S/.	P. TOTAL S/.
01	01	PROGRAMACIÓN DE ENCLAVAMIENTOS Y RUTAS DE TRANSPORTE DE MOLIENDA DE CEMENTO		
1.1	01	<u>INGENIERÍA</u>		
1.1.1	01	Ingeniería básica		
1.1.2	01	Ingeniería de desarrollo		
1.1.3	01	Ingeniería de documentación		
1.2		<u>SERVICIOS EN PLANTA</u>		
1.2.1	01	Integración del nuevo programa		
1.2.2	01	Puesta en marcha de aplicaciones AS,OS, ES		
1.2.3	01	Pruebas con el modo de operación		
1.2.4	01	Gastos generales		
		TOTAL	S/.	20,000.00

El costo del proyecto es un valor aproximado brindado por la empresa CMIT Ingenieros.

3.2. DESARROLLO DEL SISTEMA

La revisión previa de los equipos y el levantamiento de información, determina lo siguiente:

- Existen 6 fuentes de alimentación que son las prensas (PK1, PK2 y PK3) y los molinos de bolas (Swing, Cemento y Crudo).
- Existen 7 destinos que son las 3 fajas principales transportadoras, 3 canaletas y la bomba PETERS.
- Hay 16 balanzas dosificadoras que alimentan 3 prensas de rodillos y 3 molinos de bolas.

3.2.1. DISEÑO DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES

Para la elaboración final del diseño de rutas se presenta la primera matriz para ser aprobada por el área de “Producción” y así saber si hay más rutas no identificadas. En la Figura 51 se muestra la primera matriz presentada para que la aprueben y así continuar con el presente trabajo, se identificaron 27 rutas.

	Faja 561FT1	Faja 561FT2	Faja 563FT1 via 551CT2	Faja 563FT1 via 552CT2	Faja 563FT1 via 552CT3	Faja 563FT1 via 557CT10	Bomba 561B01
Prensa de Clinker 1	X	X	X	X	X		X
Prensa de Clinker 2	X	X	X	X	X		X
Prensa de Clinker 3	X	X				X	
Molino Swing	X	X	X	X	X		X
Molino Cemento	X	X	X	X	X		X

Figura 51. Primera matriz de rutas de transporte de cemento
Fuente: CMIT Ingenieros.

Tras reuniones con el área de Producción, hay rutas que no estaban siendo consideradas, por eso la modificación de la matriz de rutas de transporte de cemento a partir de la presentada anteriormente; los recuadros

sombreados indica que las ruta es elegida por compuerta manual, se identificaron 43 rutas (ver Figura 52).

	561FT1	561FT2	BOMBA PETERS	563FT1 Directo	563FT1 Via 552CT3	563FT1 Via 552CT2	563FT1 Via 551CT2	M1 (CRUDO) 529TO1	M2 (SWING) 527TO1	M2 (SWING) Via 556FT2	M3 (CEM) 528TO1
Prensa de Clinker 1	X	X	X		X	X	X	X	X		
Prensa de Clinker 2	X	X	X		X	X	X		X		X
Prensa de Clinker 3	X	X		X				X	X	X	X
Prensa de Clinker 4	X	X		X					X		X
Molino Crudo	X	X		X							
Molino Swing	X	X	X		X	X	X				
Molino Cemento	X	X	X		X	X	X				

Figura 52. Segunda matriz de rutas de transporte de cemento
Fuente: CMIT Ingenieros.

A partir de la última reunión se define las rutas finales. Se identificaron 42 rutas de transporte de cemento (ver Figura 53).

	561FT1	561FT2	BOMBA PETERS	563FT1 Directo	563FT1 Via 552CT3	563FT1 Via 552CT2	563FT1 Via 551CT2	M1 (CRUDO) 529TO1	M2 (SWING) 527TO1	M3 (CEM) 528TO1
Prensa de Clinker 1	X	X	X		X	X	X	X	X	
Prensa de Clinker 2	X	X	X		X	X	X		X	X
Prensa de Clinker 3	X	X		X				X	X	X
Prensa de Clinker 4	X	X		X					X	X
Molino Crudo	X	X		X						
Molino Swing	X	X	X		X	X	X			
Molino Cemento	X	X	X		X	X	X			

Figura 53. Matriz final de rutas de transporte de cemento
Fuente: CMIT Ingenieros.

Las rutas serán programadas en el mismo PLC donde está ubicado la prensa de clinker. Se definieron los nombres de las rutas que serán programadas en el PLC correspondiente, La Figura 54 muestra la matriz final de rutas de transporte y los nombres asignados para cada una de ellas.

	561FT1	561FT2	BOMBA PETERS	563FT1 Directo	563FT1 Vía 552CT3	563FT1 Vía 552CT2	563FT1 Vía 551CT2	M1 (CRUDO) 529TO1	M2 (SWING) 527TO1	M3 (CEM) 528TO1
Prensa de Clinker 1	F5F1	F5F2	F5B0	-	F5F33	F5F32	F5F31	F5M1	F5M2	-
Prensa de Clinker 2	F6F1	F6F2	F6B0	-	F6F33	F6F32	F6F31	-	F6M2	F6M3
Prensa de Clinker 3	P3F1	P3F2	-	P3F3	-	-	-	P3M1	P3M21	P3M3
Prensa de Clinker 4	PLC19G06R1	PLC19G06R2	-	PLC19G06R3	-	-	-	-	PLC19G06R4	
Molino Crudo	M1F1	M1F2	-	M1F3	-	-	-	-	-	-
Molino Swing	M2F1	M2F2	M2B0	-	M2F33	M2F32	M2F31	-	-	-
Molino Cemento	M3F1	M3F2	M3B0	-	M3F33	M3F32	M3F31	-	-	-

Figura 54. Matriz final de nombres de rutas de transporte de cemento
Fuente: CMIT Ingenieros.

Para la elaboración de rutas de transporte desde las balanzas dosificadoras que alimentan las prensas de rodillos, a través de información brindada por parte del operador y las revisiones previas de los dispositivos, se identificó la matriz de rutas de transporte de materia prima (ver Figura 55).

BALANZA	PLC	PK1	PK1 vía 527CE4	PK2	PK3	M.SWING	M.CEMENTO
521BL5	PLC07			X		X	X
521BL6				X		X	X
521BL7						X	
521BL8						X	
521BL9						X	
522BL5		X				X	X
522BL6		X				X	X
522BL7							X
522BL8							X
522BL9							X
525BL6	PLC04	X				X	X
525BL7		X				X	
526BL8		X			X		
525BL9		X				X	
525BL10		X					
526BL6	PLC05			X		X	X
526BL7				X			X
526BL8		X		X		X	X
526BL9				X			X
527BL8	PLC11	X	X	X	X	X	X
527BL9		X			X		
527BL10		X	X		X	X	
5211BL1	PLC19						
5211BL2							
5211BL3							
5211BL4							

Figura 55. Primera matriz de rutas de transporte de materia prima
Fuente: CMIT Ingenieros.

Tras investigaciones previas y la migración de una balanza dosificadora hacia otro PLC, se realizaron algunos cambios en la matriz de rutas (ver Figura 56).

PLC	SILO	BALANZA	PK1	PK1 vía 527CE4	PK2	PK3	M.SWING	M.CEMENTO	M. CEMENTO vía 525FR1	M. CEMENTO vía 521FR1	PK4
PLC07	5	521BL5			X		X	X			
	6A	521BL6			X		X	X			
	8	521BL7					X				
	SM3	521BL8					X				
	SM1	521BL9					X				
	5	522BL5	X				X	X			
	6A	522BL6	X				X	X			
	8	522BL7						X			
	SM3	522BL8						X			
SM1	522BL9						X				
PLC04	6B	525BL6	X				X	X	X		
	7	525BL7	X				X				
	8	525BL9	X				X				
	SM4	525BL10	X								
PLC05	6B	526BL6			X		X	X		X	
	7	526BL7			X			X			
	8	526BL8	X		X		X	X			
	9	526BL9			X			X			
	SM2	526BL2			X	X	X	X			
PLC11	8	527BL8				X					
	9	527BL9				X					
	SM4	527BL10				X	X				
PLC19	13A	5211BL1									X
	13B	5211BL2									X
	15	5211BL3									X
	14	5211BL4									X

Figura 56. Matriz final de rutas de transporte de materia prima
Fuente: CMIT Ingenieros.

Existen algunas balanzas que pueden alimentar con 2 o 3 rutas a un mismo destino. Después de verificar la matriz y la pantalla principal del clinker 1 (figura 46), se corrobora si hay más rutas para un mismo destino.

En la tabla 14 se muestra el nombre de las rutas de las balanzas que se encuentran en la prensa de clinker 1.

Tabla 14. Matriz de rutas de balanzas de la prensa de clinker 1
Fuente: Elaboración propia.

Balanzas	525BL6	525BL7	525BL9	525BL10
	525BL6_PK1_1	525BL7_PK1	525BL9_PK1	525BL10_PK1
	525BL6_PK1_2	525BL7_MS	525BL9_MS	

Nombre de rutas	525BL6_MS1			
	525BL6_MS2			
	525BL6_MS3			
	525BL6_MC1			
	525BL6_MC2			

En la prensa de clinker 2 se verifica la matriz (figura 56) y la pantalla principal del clinker 2 (figura 47) para identificar si hay 2 o más rutas que alimenta un mismo destino. Se asigna el nombre de cada ruta de la balanza, según su destino.

En la tabla 15 se muestra el nombre de las rutas de las balanzas que se encuentran en la prensa de clinker 2.

Tabla 15. Matriz de rutas de balanzas de la prensa de clinker 2
Fuente: Elaboración propia.

BALANZAS	526BL6	526BL7	526BL8	526BL9	526BL2
Nombre de rutas	526BL6_PK2_1	526BL7_PK2	526BL8_PK1	526BL9_PK2	526BL2_PK1_1
	526BL6_PK1_2	526BL7_MC	526BL8_PK2	526BL9_MC	526BL2_PK1_2
	526BL6_MS		526BL8_MS		526BL2_PK2
	526BL6_MC1		526BL8_MC		526BL2_PK3
	526BL6_MC2				526BL2_MS
	526BL6_MC3				526BL2_MC
	526BL6_MC4				
	526BL6_MC5				

En la prensa de clinker 3 se verificó la matriz (figura 56) y la pantalla principal del clinker 3 (figura 48) para identificar si hay 2 o más rutas que alimenta un mismo destino. Se asignó el nombre de cada ruta de la balanza, según su destino.

En la tabla 16 se muestra el nombre de las rutas de las balanzas que se encuentran en la prensa de clinker 3.

Tabla 16. Matriz de rutas de balanzas de la prensa de clinker 3
Fuente: Elaboración propia.

BALANZAS	527BL8	527BL9	527BL10
Nombre de rutas	527BL8_PK1	527BL9_PK1	527BL10_PK1_1
	527BL8_PK3	527BL9_PK3	527BL10_PK1_2
			527BL10_PK3
			527BL10_MS

Se identificó todas las rutas de transporte de materiales, desde las prensas de rodillos hacia las fajas principales hay 35 rutas. Desde las balanzas dosificadoras hacia las prensas de rodillos hay 40 rutas.

Cada ruta identificada se programa en un CHART del respectivo PLC, el nombre del CHART se encuentra asignado en las figuras y tablas anteriores.

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS ASOCIADOS A LAS RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES

Con la identificación de todas las rutas que serán programadas en cada PLC según su ubicación. Se realizará un seguimiento a cada ruta y sus dispositivos involucrados, es decir todos los equipos asociados desde la fuente de alimentación hacia el destino.

3.2.2.1. Identificación de equipos asociados a las rutas de transporte en la prensa de clinker 1

En primera instancia se realiza la identificación de equipos que están asociados a las rutas de la prensa de clinker 1, con la ayuda de las pantallas de transporte de materiales (figura 44 y 45) se elabora un flowsheet (ver Figura 57).

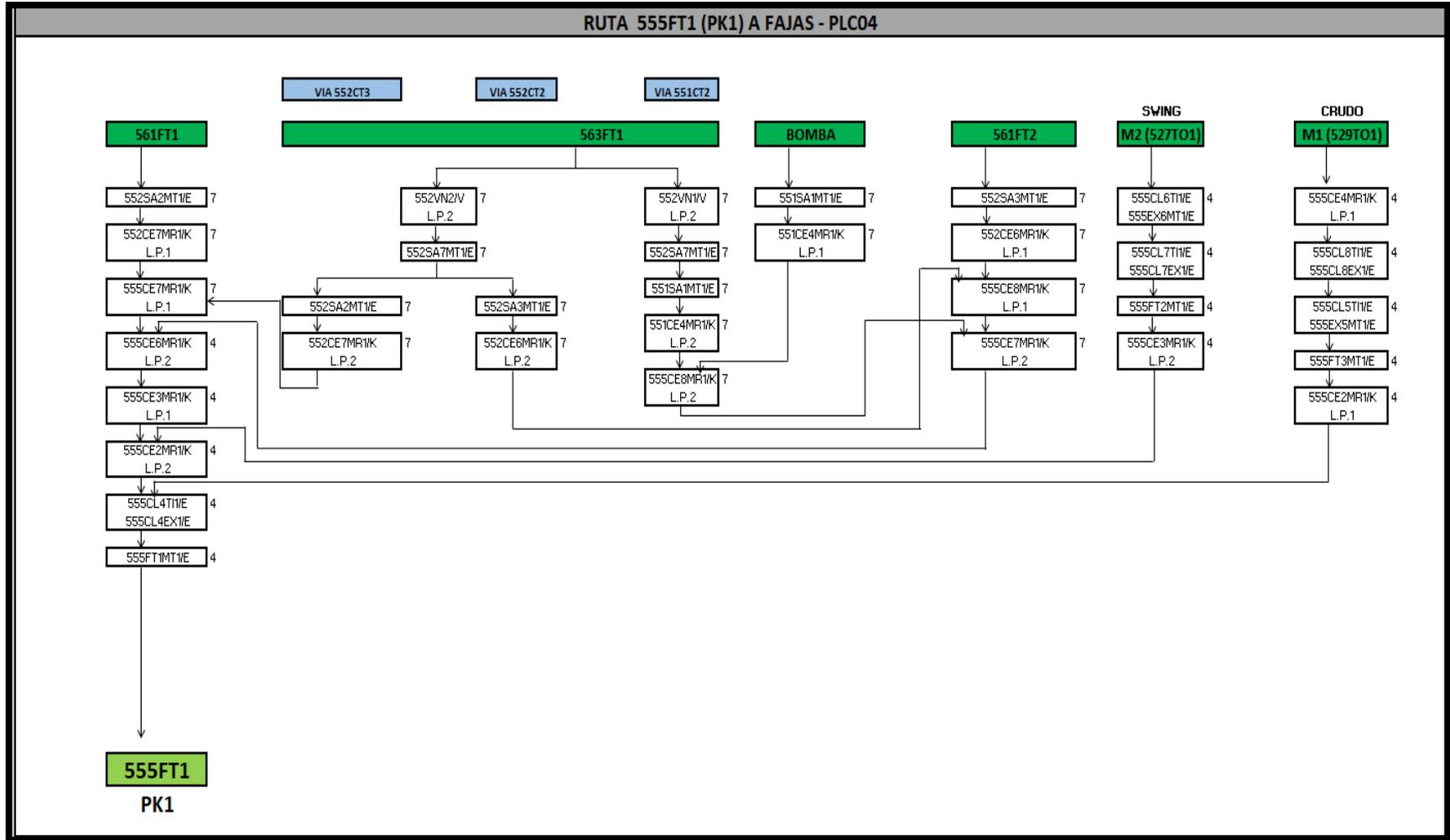


Figura 57. Flowsheet de rutas de transporte de la PK1
 Fuente: CMIT Ingenieros.

El flowsheet de las rutas de transporte desde la PK1 hacia las fajas (ver Figura 57) sirve de guía y apoyo a la hora de programar. Los dispositivos están ordenados secuencialmente al arrancar.

Los dispositivos involucrados en el transporte de cemento desde la prensa de clinker 1 hacia las fajas transportadoras, han sido identificados con su respectiva ruta. El nombre de cada ruta fue asignado por CMIT y aprobados por el área de Producción.

3.2.2.2. Identificación de equipos asociados a las rutas de transporte en la prensa de clinker 2

Se realizó el mismo procedimiento para la elaboración del flowsheet de las rutas de transporte desde la PK2 hacia las fajas (figura 58).

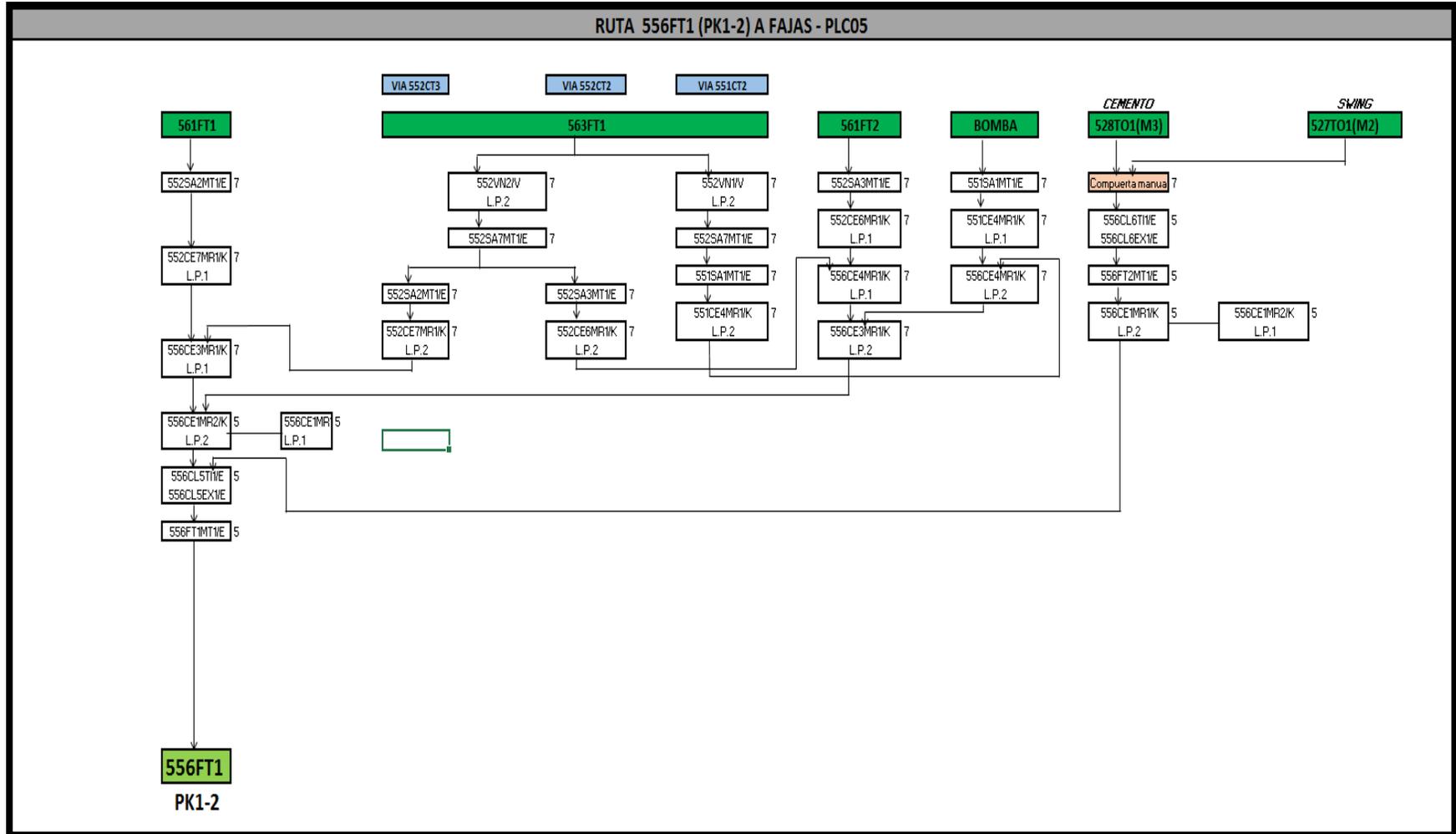


Figura 58. Flowsheet de rutas de transporte de la PK2
 Fuente: CMIT Ingenieros.

3.2.3. PROGRAMACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES Y LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

Identificando las rutas y los equipos que pertenecen en el proceso de transporte de materiales, la programación de cada ruta será desarrollada en orden y en la oficina de la empresa, ubicada en Miraflores. La empresa cuenta con una máquina virtual donde están integrados el software necesario para la programación y el backup más actualizado del multiproyecto de la planta.

3.2.3.1. Programación de rutas de transporte desde las prensas de rodillos a destinos (fajas, bomba y molinos).

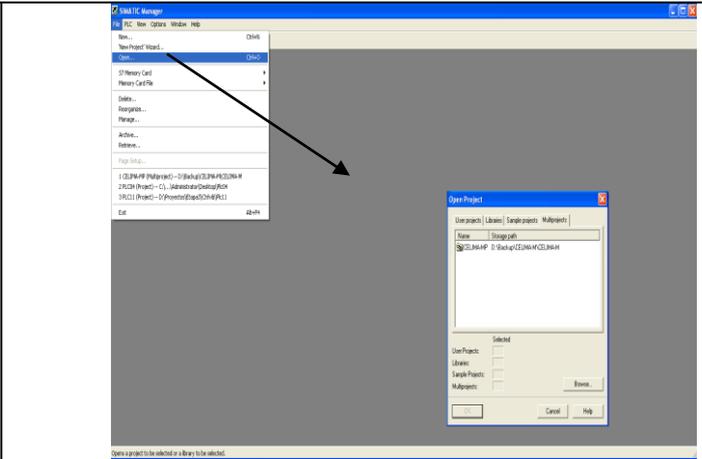
Se identificaron 8 rutas de transporte de cemento, desde la prensa de clinker 1 a destinos (fajas, bomba y molinos):

- F5F1.
- F5F2.
- F5F31.
- F5F32.
- F5F33.
- F5B0.
- F5M1.
- F5M2, ver matriz de equipos identificados en la PK1 (figura 57).

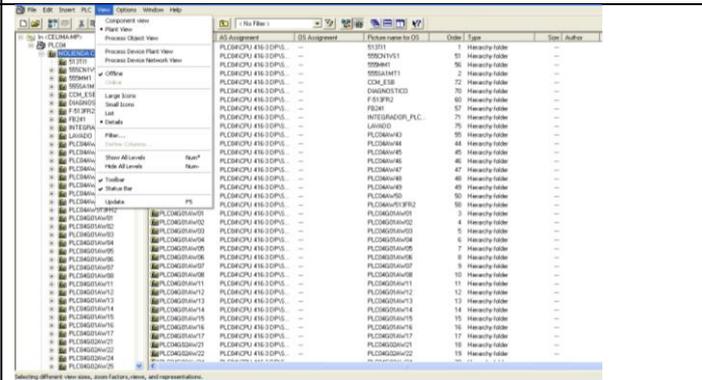
3.2.3.1.1. Creación de rutas

Se identificó el PLC donde están programados los dispositivos de la PK1.

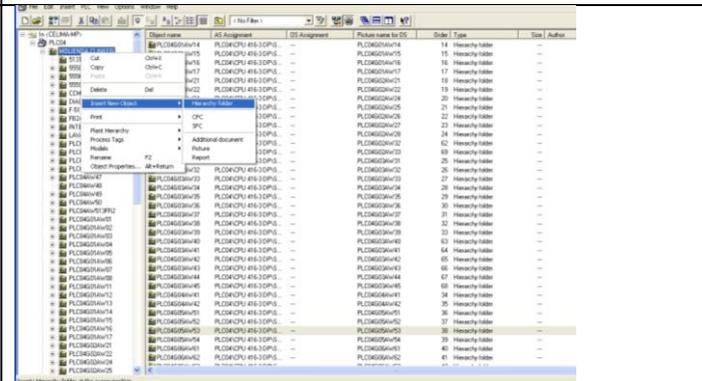
Iniciar SIMATIC Manager:
 1. Ir a Open.
 2. Vista del multiproyecto.



Vista de planta (Plant View), en esta vista se crea los folder que integran los CHART (figura 6).



Se creó los siguientes folder:
 Rutas maestras y esclavas.
 Grupo.
 Combobox.
 Enable.
 Coupling.



Folder creado RUTAS_E2.

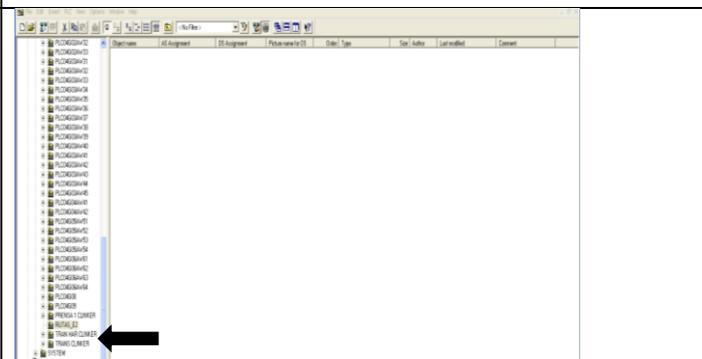
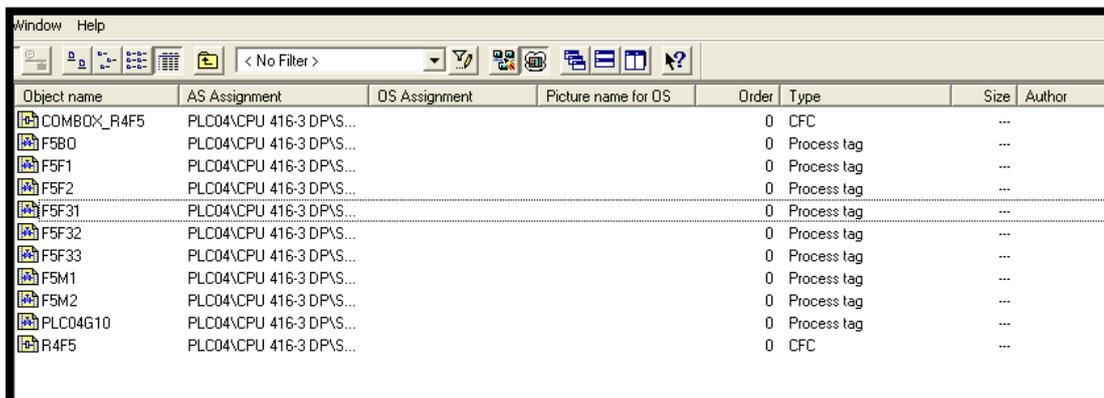


Figura 60. Procedimiento para la creación de rutas
 Fuente: CMIT Ingenieros.

En el folder RUTAS_E2 se crearon los CHARTS de rutas (ver Figura 61).



Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type	Size	Author
COMBOX_R4F5	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	CFC	...	
F5B0	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5F1	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5F2	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5F31	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5F32	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5F33	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5M1	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
F5M2	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
PLC04G10	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	Process tag	...	
R4F5	PLC04\CPU 416-3 DPAS...			0	CFC	...	

Figura 61. Chart de rutas creados – PK1
Fuente: UNACEM.

Se realizó el mismo procedimiento para las rutas de las otras prensas de clinker:

Se identificó 8 rutas de transporte de cemento, desde la prensa de clinker 2 a destinos (fajas, bomba y molinos).

- F6F1.
- F6F2.
- F6F31.
- F6F31.
- F6F32.
- F6F33.
- F6M2.
- F6M3.

Los CHARTS de rutas fueron creados en el respectivo PLC (ver Figura 62).

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type	Size	Author
COMBOX_R5F6	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	CFC	...	
F6B0	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6F1	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6F2	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6F31	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6F32	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6F33	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6M2	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
F6M3	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
PLC05G11	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	Process tag	...	
R5F6	PLC05\CPU 416-3 DP\...			0	CFC	...	

Figura 62. Charts de rutas creados – PK2
Fuente: UNACEM.

Se identificó 7 rutas de transporte de cemento, desde la prensa de clinker 3 a destinos (fajas, bomba y molinos):

- P3F1.
- P3F2.
- P3F3.
- P3M1.
- P3M21.
- P3M22.
- P3M3.

Los CHARTS de rutas fueron creados en el respectivo PLC (ver Figura 63).

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type	Size	Author
COMBOX_G11P3	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	CFC	...	
P3F1	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3F2	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3F3	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3M1	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3M21	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3M22	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
P3M3	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
PLC05AG13	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	Process tag	...	
R11P3	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	CFC	...	

Figura 63. Charts de rutas creados – PK3
Fuente: UNACEM.

Todas las rutas identificadas están asociadas a un Grupo. El operador únicamente arranca el Grupo a través del faceplate, el grupo es el encargado de darle comando de arranque a las rutas asociadas a él.

En la matriz de rutas y dispositivos (figura 58), se puede observar que hay dispositivos ubicados en otro PLC en la misma ruta. Para la elaboración de rutas maestras y esclavas, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Los dispositivos que están ubicados en el mismo PLC, pertenecen a la ruta maestra.
- Los dispositivos que no están ubicados en el mismo PLC, pertenecen a la ruta esclava.

El chart COUPLING es programado para indicar las señales de todos los dispositivos que envía el PLC o recibe de otros PLC, por ejemplo: confirmación de equipos arrancados, posicionamiento de compuertas, rutas elegidas, grupos arrancados, etc.

El chart ENABLE es el bit que habilitará el nuevo programa; si el bit es “1” los dispositivos trabajarán con el programa actual, caso contrario con el programa nuevo.

3.2.3.1.2. Lógica de programación para las rutas de transporte de cemento

3.2.3.1.2.1. Condiciones de funcionamiento del bloque RUTA (C_ROUTE)

➤ Estado totalmente deseleccionado

En un inicio cuando el bloque RUTA se encuentra en estado deseleccionado todas sus salidas se encuentran en "0", en el faceplate del SCADA lo simboliza con una "D" color blanco.

➤ Estado seleccionado previo al arranque del Grupo

La ruta se selecciona presionando el botón Select del faceplate o activando la interface WVWE (Preselección).

Al seleccionar se activan las salidas del bloque:

WRA: Si WRAZ=0, no se programa nada.

WVE: Ruta preseleccionada.

WVW: Ruta seleccionada.

WUM: Flag de transición de la ruta.

➤ Estado seleccionado con arranque del Grupo

Al arrancar el grupo a través del comando GBE, llega a la interface WEBW de la ruta y se activan las salidas:

WBE: Se mantiene hasta que el grupo deje de enviar el GBE, cuando completa el arranque de los dispositivos o se pasó el tiempo.

➤ Estado cuando se completa el arranque de la Ruta y en consecuencia del GRUPO.

En la interface WREZ debe de estar programado la Preselección de la ruta WVE y la confirmación de los dispositivos de la ruta, cuando se activa el WREZ se activas las salidas:

WRE: Retroalimentación de la ruta.

Se desactivan las salidas:

WUM: Flag de transición de la ruta.

WBE: Al activar la interface WRE se entiende que el arranque está completo, entonces el grupo deja de enviar el comando GBE a la ruta.

➤ Estado deseleccionado de la Ruta:

La ruta se deselecta presionando el botón Deselect del faceplate o activando la interface WVWL (preselección off). Esta condición se programa si queremos deselectar automáticamente cuando seleccionamos otra ruta o previamente a la parada del GRUPO. Se activan las salidas:

WBA: Comando de parada, no se programa nada.

Se desactivan las salidas:

WDE: Comando de arranque permanente.

WVE: Ruta preseleccionada, en consecuencia se pierde la interface WREZ y luego el WRE.

➤ Transición de estado deseleccionado a totalmente deseleccionado de la RUTA

La interface WVWA (deseleccionar ruta) de ser activada, o la interface WRAZ pero no se utiliza.

NOTA: Para realizar el cambio dinámico de ruta, es decir cambiar de rutas sin parar ningún dispositivo, no se debe de programar la parada de los dispositivos con la interface WBA (comando de parada), únicamente deben de parar cuando complete el arranque de la otra ruta.

3.2.3.1.2.2. Condiciones del interlock de operación (WBVG)

Para las condiciones de operación se evaluaron todas las rutas que usan las 3 canaletas como vía de transporte.

Si una ruta es arrancada por la canaleta A, todas las otras rutas que van por la misma canaleta son bloqueadas o interlockeadas; es decir no pueden ser seleccionadas y/o arrancadas. Al estar interlockeadas en el faceplate lo simboliza con la letra "O". Solo una ruta trabajará en la canaleta requerida, para ello se elaboró una matriz de lógica de bloqueo de rutas (ver Figura 64).

PLC07	M2F1	M2F2	M2BO	M2F31	M2F32	M2F33	
Bloquea a las sgtes rutas	M3F33	M3F32	M3F31	M3BO	M3F2	M3F1	PLC07
	F5F33	F5F32	F5F31	F5BO	F5F2	F5F1	PLC04
	F6F33	F6F32	F6F31	F6BO	F6F2	F6F1	PLC05
PLC07	M3F1	M3F2	M3BO	M3F31	M3F32	M3F33	
Bloquea a las sgtes rutas	M2F33	M2F32	M2F31	M2BO	M2F2	M2F1	PLC07
	F5F33	F5F32	F5F31	F5BO	F5F2	F5F1	PLC04
	F6F33	F6F32	F6F31	F6BO	F6F2	F6F1	PLC05
PLC04	F5F1	F5F2	F5BO	F5F31	F5F32	F5F33	
Bloquea a las sgtes rutas	M2F33	M2F32	M2F31	M2BO	M2F2	M2F1	PLC07
	M3F33	M3F32	M3F31	M3BO	M3F2	M3F1	PLC07
	F6F33	F6F32	F6F31	F6BO	F6F2	F6F1	PLC05
PLC05	F6F1	F6F2	F6BO	F6F31	F6F32	F6F33	
Bloquea a las sgtes rutas	M2F33	M2F32	M2F31	M2BO	M2F2	M2F1	PLC07
	M3F33	M3F32	M3F31	M3BO	M3F2	M3F1	PLC07
	F5F33	F5F32	F5F31	F5BO	F5F2	F5F1	PLC04

Figura 64. Matriz de lógica de programación para el bloqueo de rutas por canaletas

Fuente: CMIT Ingenieros.

Por ejemplo, si se programa la ruta F5F1, las rutas M2F33, M3F33 y F6F33 tienen que ser programadas como interlock de operación. La Figura 65 muestra el chart de la ruta y sus enclavamientos de operación.

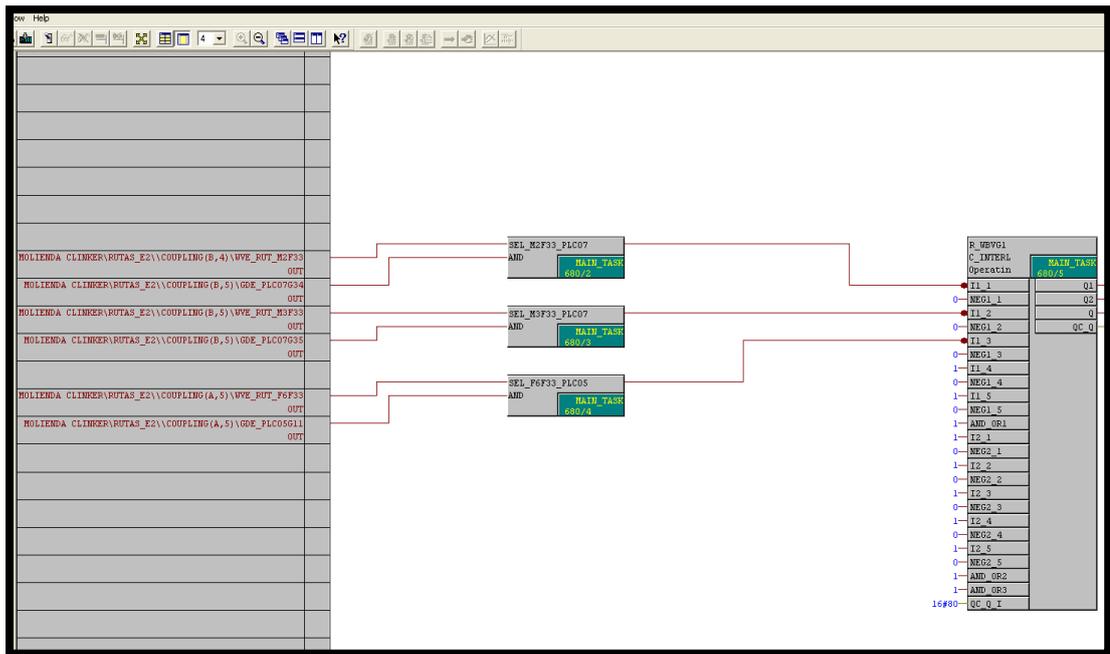


Figura 65. Ejemplo de bloqueo de ruta por canaleta
Fuente: UNACEM.

El comando permanente del grupo GDE y la ruta seleccionada (parámetro WVE) indican que están trabajando por esa ruta, si se cumplen estas condiciones la ruta F5F1 es bloqueada. Para que la ruta sea arrancada, todas las rutas que pasan por la canaleta no tienen que estar arrancadas.

Esta lógica es programada para las otras rutas con la ayuda de la matriz de bloqueo de rutas (figura 64).

3.2.3.1.2.3. Condiciones de preselección (WVWE)

Cuando el operador a través del SCADA selecciona celda de la ruta; en el programa enviará un pulso de 5 segundos a la interface WVWE (preselección de la ruta). En la Figura 66 se muestra la lógica programada.

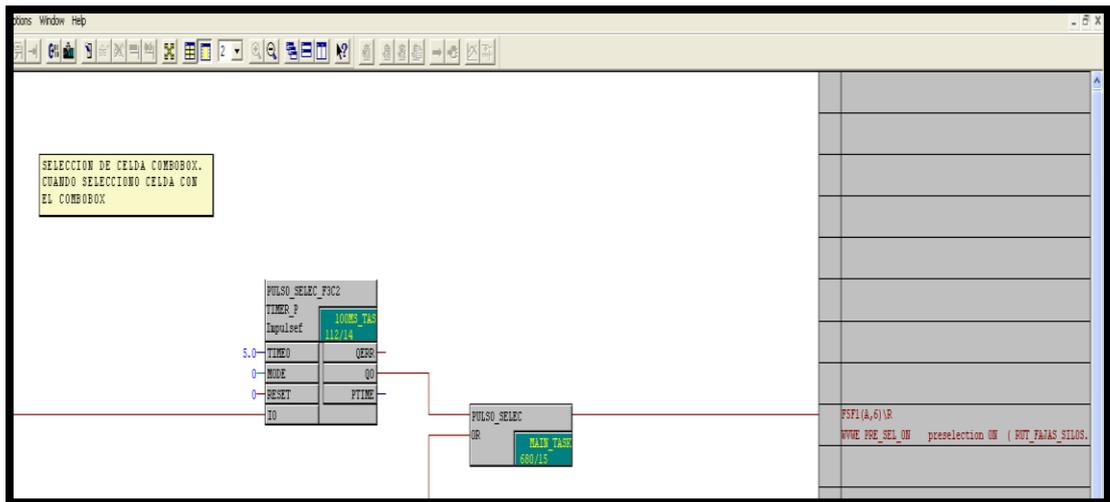


Figura 66. Ejemplo de condiciones de preselección de ruta WVWE
Fuente: UNACEM.

Esta lógica es programada para todas las rutas identificadas desde la prensa de rodillos hacia destinos.

3.2.3.1.2.4. Condiciones de deselección (WVWL)

Si el GRUPO de la ruta es parado a través del SCADA, la señal GDE es "0". Cuando la interface GDE es "0" activará un pulso de 2 segundos y si la ruta esta seleccionada (WVE=1), ambas condiciones activarán la deselección de la ruta (WVWL=1). En la Figura 67 se muestra la lógica del pulso de 2 segundos que es enviado luego de parar el GRUPO.

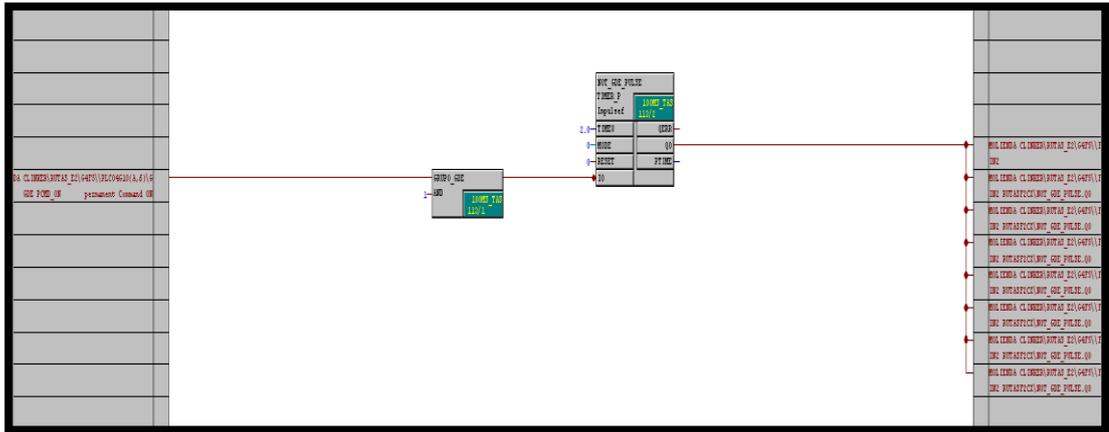


Figura 67. Ejemplo de condiciones de desección de ruta WWVL
Fuente: UNACEM.

Como se observa este pulso es enviado como condición al WWVL de todas las rutas que pertenecen al mismo PLC.

Esta lógica es programada para todas las rutas identificadas desde la prensa de rodillos hacia destinos.

3.2.3.1.2.5. Condiciones de desección total (WVWA)

Si se cumplen las siguientes 3 condiciones:

Ruta seleccionada (WVW=1).

Ruta no preseleccionada (WVE=0).

Cualquiera de las confirmaciones de las otras rutas de la misma matriz (WRE=1). Por ejemplo si programamos la ruta F5F1, se programa la interface WRE de las otras rutas: F5F2, F5F31, F5F32, F5F33, F5B0, F5M1 y F5M2 (ver Figura 68).

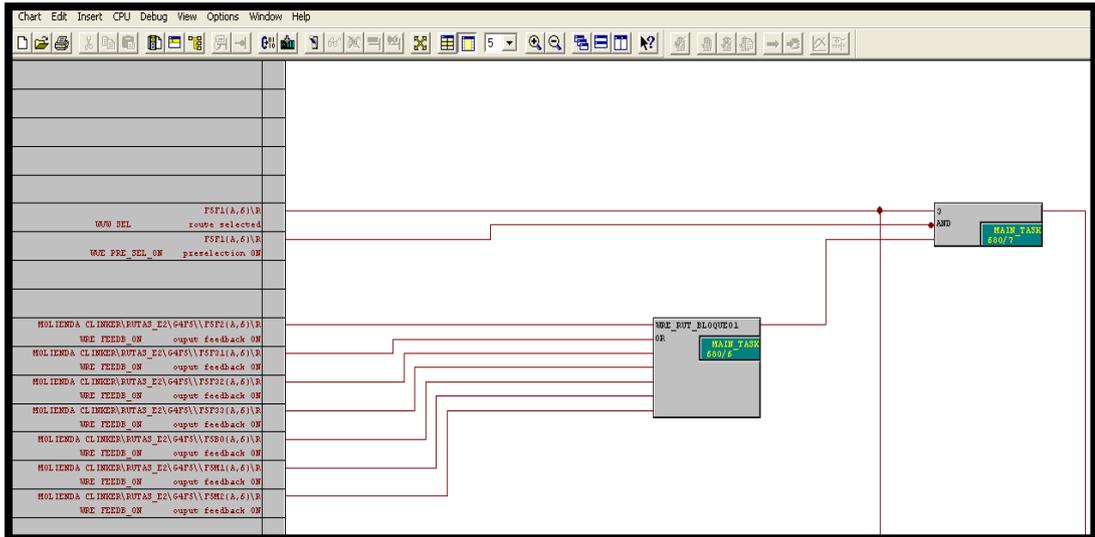


Figura 68. Ejemplo de condiciones de deselección total de ruta WWVA
Fuente: UNACEM.

Las confirmaciones de las otras rutas y cada vez que el grupo es parado, activan la interface WWVA.

Esta lógica es programada para todas las rutas identificadas desde la prensa de rodillos hacia destinos.

3.2.3.1.2.6. Condiciones para iniciar el arranque (WRAZ).

No hay condiciones para iniciar el arranque, pero se tomará en cuenta para futuras conexiones. La Figura 69 muestra el CHART de condición inicial con bit forzados a “1”, para futuras conexiones o requerimientos.

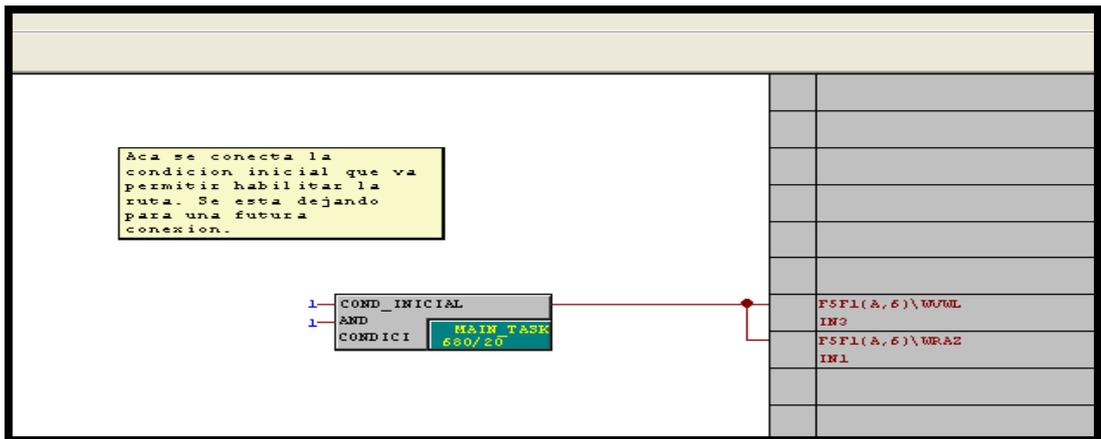


Figura 69. Condiciones de inicio de arranque de ruta WRAZ
Fuente: UNACEM.

Esta lógica es programada para todas las rutas identificadas desde la prensa de rodillos hacia destinos.

3.2.3.1.2.7. Condiciones de arranque total (WREZ)

Tolos los dispositivos arrancados asociados a la ruta correspondiente son programados en esta interface. La Figura 70 muestra las 2 condiciones para la confirmación de arranque se active (WRE=1).

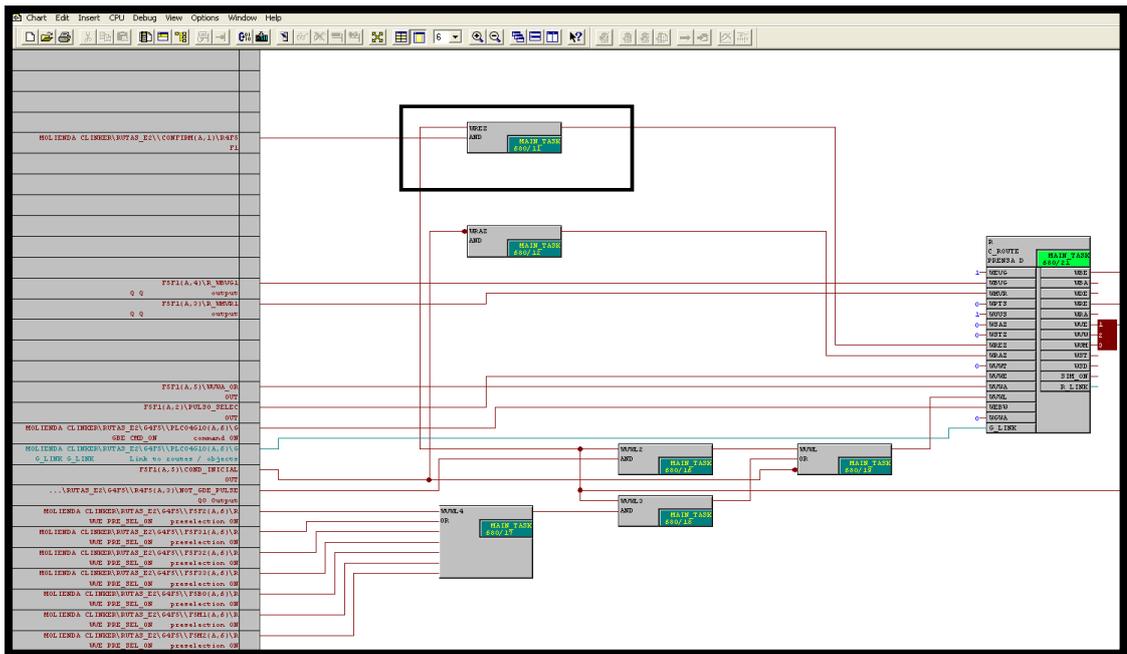


Figura 70. Condiciones de arranque total de ruta WREZ
Fuente: UNACEM.

Esta confirmación indica el arranque total de la ruta.

Esta lógica es programada para todas las rutas identificadas desde la prensa de rodillos hacia destinos.

3.2.3.1.2.8. Comando de arranque (WBE)

Interface conectada a todos los dispositivos que pertenecen a la ruta, permite arrancar los dispositivos en automático.

Por ejemplo para la ruta F5F1, con la ayuda del flowsheet de dispositivos (figura 58), se identifica 6 dispositivos que pertenecen a la ruta. La Figura 71 muestra el comando de arranque de la ruta WBE y los dispositivos programados a él.

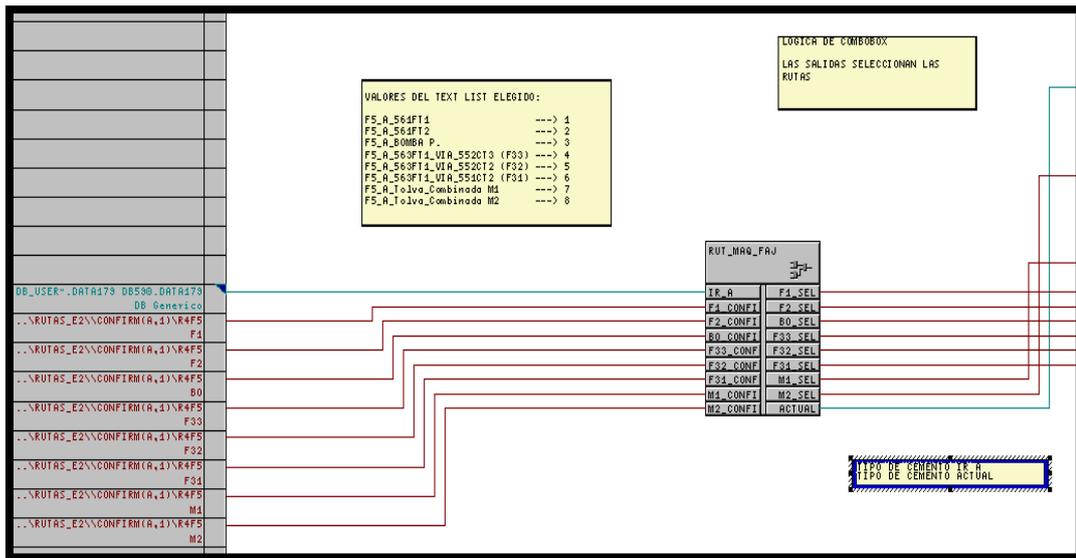


Figura 73. CHART in CHART – Confirmación y selección de dispositivos
Fuente: UNACEM.

Lógica para selección de rutas: El operador tiene un TextList en el SCADA donde selecciona una ruta. Por ejemplo si el operador quiere elegir una ruta de la prensa de clinker 1, la lógica funciona así:

- F5F1=1.
- F5F2=2.
- F5BO=3.
- F5F33=4.
- F5F32=5.
- F5F31=6.
- F5M1=7.
- F5M2=8.

El bloque comparador (CMP \geq) tiene 2 entradas y una salida. Compara las dos entradas y si son iguales la salida es “1”. El dato (IR_A) está conectado en la entrada IN1 de todos los bloques comparadores, la cantidad de bloques dependerá de las rutas maestras identificadas, tomando el caso anterior hay 8

rutas por lo tanto 8 bloques y son enumerados del 1 al 8 tal como muestra la Figura 74.

Por ejemplo, si el operador elige la ruta F5F33, el dato (IR_A) será “4”, luego realizará una comparación con todos los bloques, en este caso la entrada IN2 del bloque comparador **F5F33_SEL** es “4”.

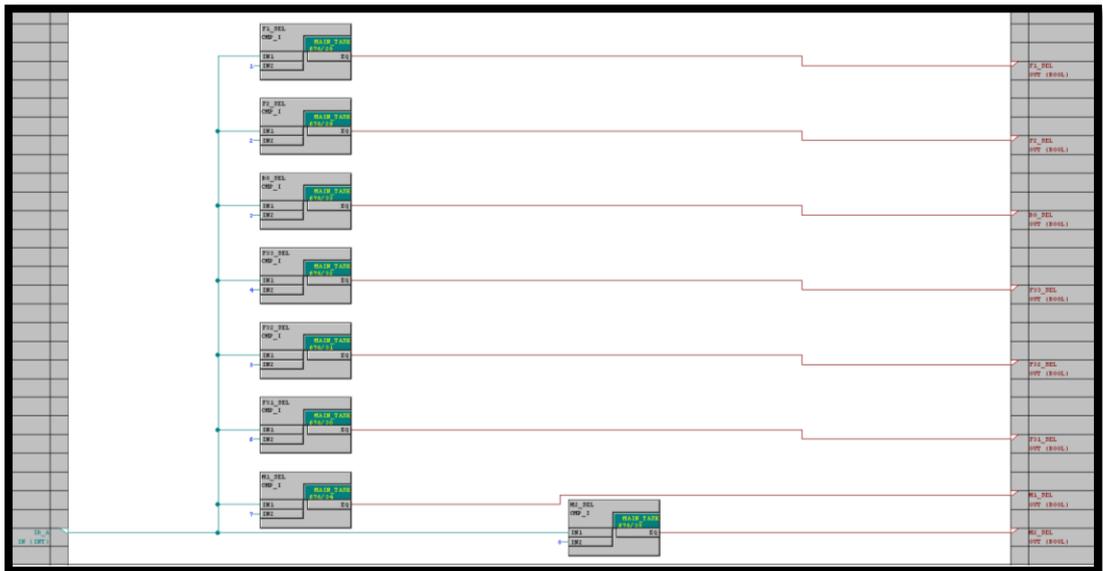


Figura 74. Programación interna del CHART in CHART confirmación de dispositivos
Fuente: UNACEM.

Lógica para la confirmación de rutas: El bloque SEL_R tiene 2 entradas y un bit de habilitación. Si este bit es “1” se escribe lo que está programado en la entrada “IN0”, si el bit es “0” se escribe lo que está programado en la entrada “IN1”. La Figura 75 muestra el funcionamiento de este bloque.

SEL_R			
Function			
This block sets the value of input IN0 (K = 1) or IN1 (K = 0) at the output, depending on the value at input K.			
I/O			
	Name	Data type:	Default
Inputs:	K	BOOL	0
	IN0	REAL	0.0
Output	IN1	REAL	0.0
	OUT	REAL	0.0

Figura 75. Funcionamiento del bloque SEL_R
Fuente: UNACEM.

La salida ACTUAL es un dato entero que evalúa cual ruta confirma un arranque total; si ninguna ruta confirma, la salida (ACTUAL) es “0”. Si la ruta F5F2 confirma arranque total se escribe el valor que tiene programado en el bloque, en este caso “2”. La salida (ACTUAL) es escrita por la ruta que confirme arranque total.

En la Figura 76 se muestra la lógica para la confirmación de rutas.

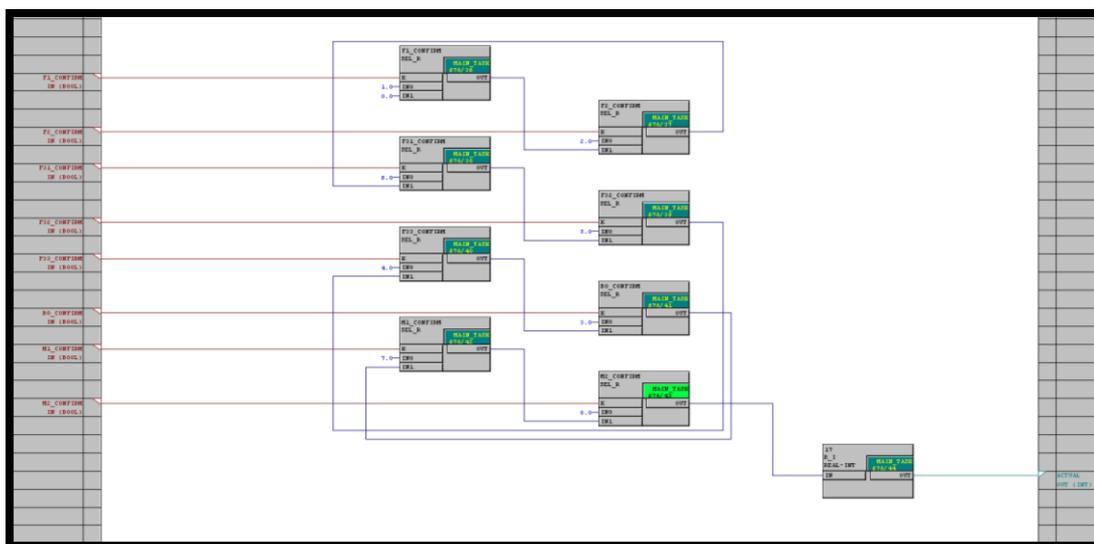


Figura 76. Lógica interna de programación de confirmación de rutas
Fuente: UNACEM.

CHART in CHART para evaluar el tipo de cemento y sus condiciones de operación. Se creó CHART in CHART con las condiciones de la ruta seleccionada a través del SCADA, confirmación de la ruta actual y el material de las rutas identificadas.

La figura 77 muestra el CHART in CHART creado en la hoja 2 del combobox maestro, tomando como ejemplo el que está programado en la prensa de clinker 1.

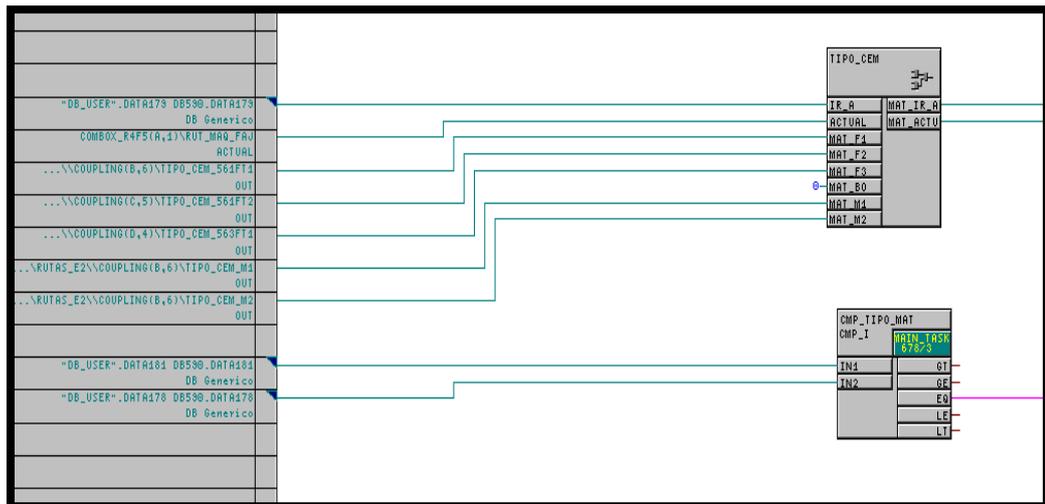


Figura 77. CHART in CHART – Tipo de cemento
Fuente: UNACEM.

El CHART in CHART (TIPO_CEM) evalúa la ruta elegida a través del TextList y el tipo de cemento que pasa por la faja. La lógica de comparación es realizada para que no ocurra contaminación en la faja.

El bloque que compara el tipo de material (CMP_I) evalúa el tipo de cemento que está produciendo la actual prensa de clinker y la etiqueta del tipo de cemento (evaluado con la ruta y el material de la faja) coinciden, si ambas condiciones se cumplen habilita el arranque del grupo.

En la Figura 78 se muestra la condición de arranque programado en una de las interfaces del GRUPO maestro.

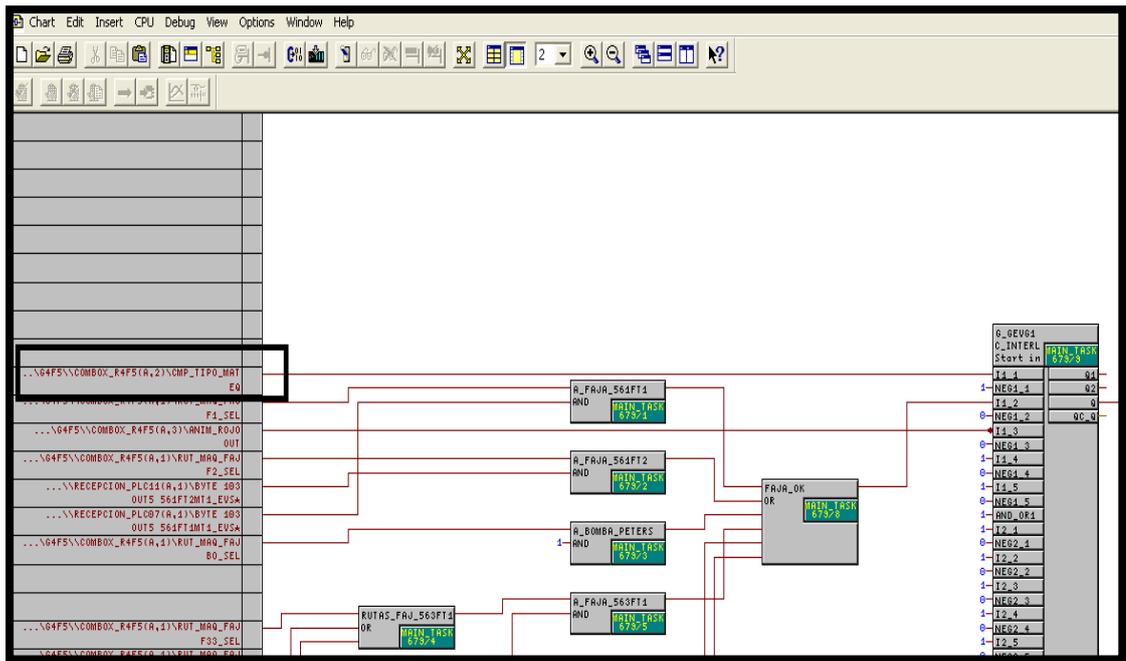


Figura 78. Condición de arranque del GRUPO maestro – Lógica de contaminación
Fuente: UNACEM.

Lógica para la animación del TextList

Compara la ruta seleccionada con la ruta actual confirmada, si ambas condiciones se cumplen envía un bit de confirmación a la interface IN1 del CHART in CHART (convertidor a entero).

En la interface IN2 del CHART in CHART (convertidor a entero) se programó todas las selecciones de la ruta y la no confirmación del interlock de operación.

En la Figura 79 se muestra ambas lógicas que están conectadas al CHART in CHART.

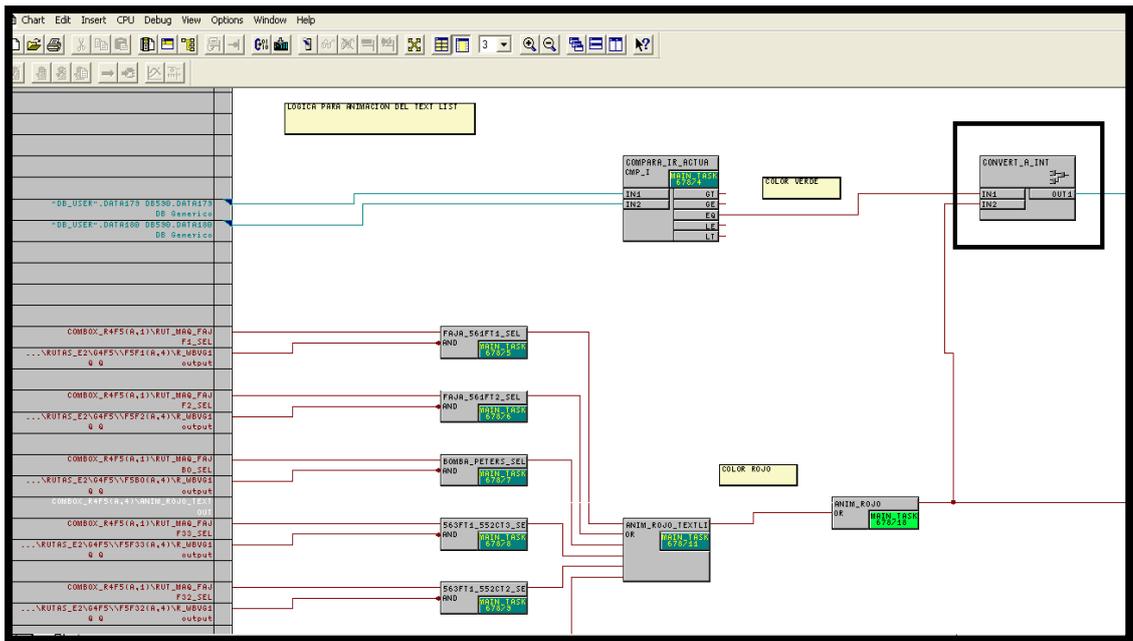


Figura 79. CHART in CHART – Convertidor a entero
Fuente: UNACEM.

El CHART in CHART (convertidor a entero) evalúa sus 2 entradas como resultado de una suma binaria:

- IN1=0, IN2=0 entonces OUT=0.
- IN1=1, IN2=0 entonces OUT=1.
- IN1=0, IN2=1 entonces OUT=2.
- IN1=1, IN2=1 entonces OUT=3.

Cada suma es evaluada en la animación del TextList programada en el SCADA. El resultado de la suma es guardado en el dato **DB_USER.DATA 183**. En la Figura 80 se muestra la lógica programada en el CHART in CHART.

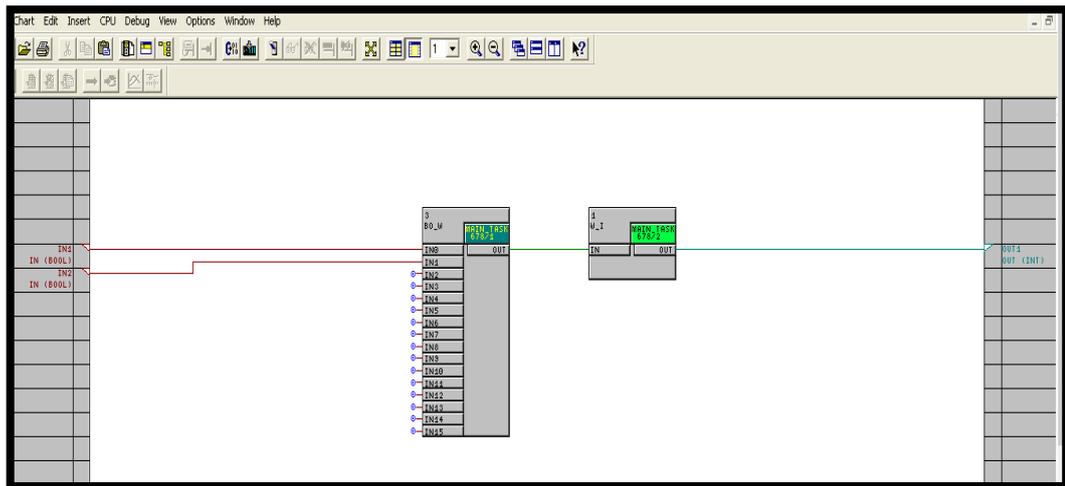


Figura 80. Lógica interna del CHART in CHART Convertidor a entero
Fuente: UNACEM.

La lógica del combobox maestro se replicó para las otras prensas de rodillos.

3.2.3.1.3.2. Combobox esclavo

A través del flowsheet de las 3 prensas de clinker, se identifica cuáles son los dispositivos que secuencialmente arrancan. Hay dispositivos que no pertenecen al mismo PLC de la prensa de clinker pero están incluidos en la ruta. Por ejemplo en el flowsheet de la prensa de clinker 3 (figura 58), en la ruta P3M1 y P3M21 hay dispositivos del PLC04 que pertenecen a la ruta. Estos dispositivos son los llamados esclavos de la ruta.

El combobox esclavo permite recibir la selección y confirmación de la ruta maestra. En la Figura 81 se muestra el CHART in CHART que realizará esta lógica.

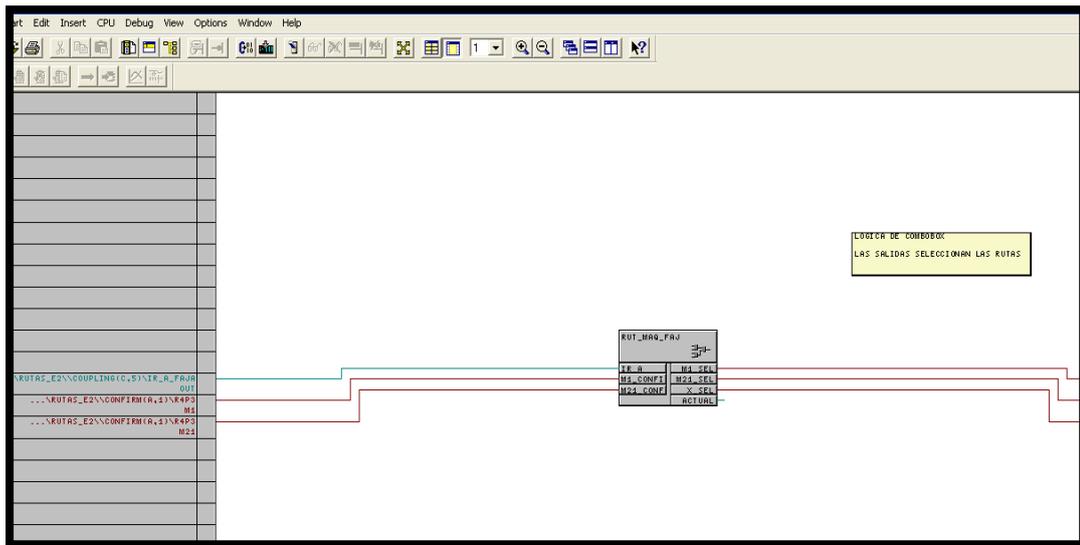


Figura 81. CHART in CHART- Lógica de selección de rutas esclavas
Fuente: UNACEM.

3.2.3.1.4. Lógica para las confirmaciones de las rutas maestras y esclavas

En los flowsheet de las prensas de clinker, hay rutas esclavas y maestras de todas las prensas. Se creó 2 CHART in CHART, uno que evalúa las confirmaciones de la ruta esclava y el otro que recibe las confirmaciones de la ruta maestra.

La confirmación de la ruta esclava permite arrancar al primer dispositivo de la ruta maestra (condición de operación).

La confirmación de la ruta maestra permite saber a las rutas esclavas, que toda la ruta está totalmente arrancada.

En la Figura 82 se muestra la confirmación de las rutas esclavas (PLC07) y las rutas maestras (PLC11), tomando como ejemplo las rutas de la prensa de clinker 1.

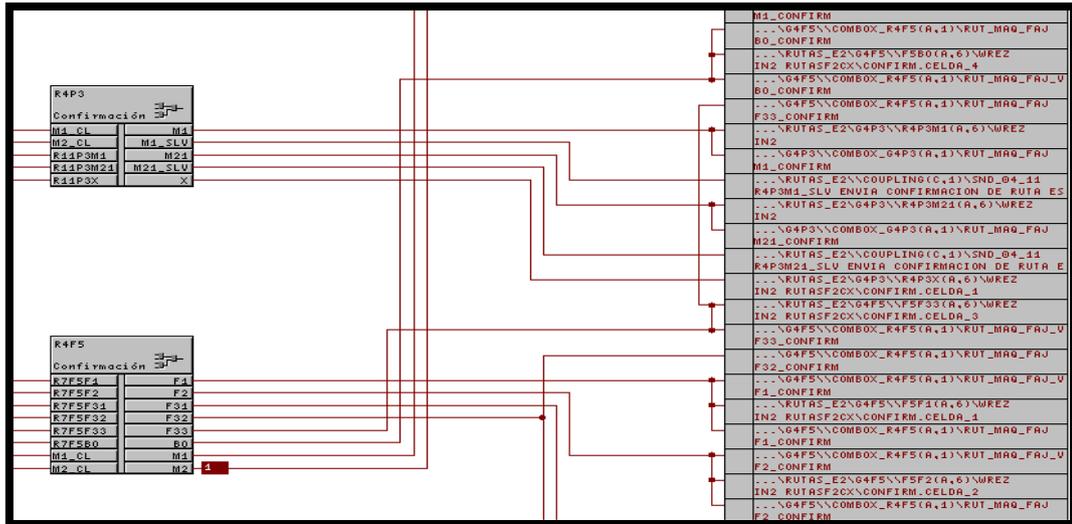


Figura 82. CHART in CHART – Confirmaciones de rutas maestras y esclavas
Fuente: UNACEM.

La lógica confirmación de rutas maestras y esclavas se replicó para las otras prensas de rodillos.

3.2.3.1.5. Lógica para la programación del GRUPO

3.2.3.1.5.1. Grupo Maestro

Condiciones de Arranque (GEVG)

Para que arranque el grupo, se evalúa 3 condiciones:

- El tipo de cemento a producir y la etiqueta del tipo de cemento, ambas deben coincidir.
- La animación de color rojo debe de ser “0”, es decir no debe haber problemas con las rutas y sus condiciones de operación.
- La selección de la ruta y la faja (donde se transportará el cemento) arrancada, para esta lógica se toma en cuenta todas las rutas que pertenecen al grupo.

Por ejemplo las condiciones de arranque del grupo maestro de la prensa de clinker 1 cuenta con 8 rutas, identificadas en la matriz de rutas, con las 3 fajas arrancadas como condición (ver Figura 83).

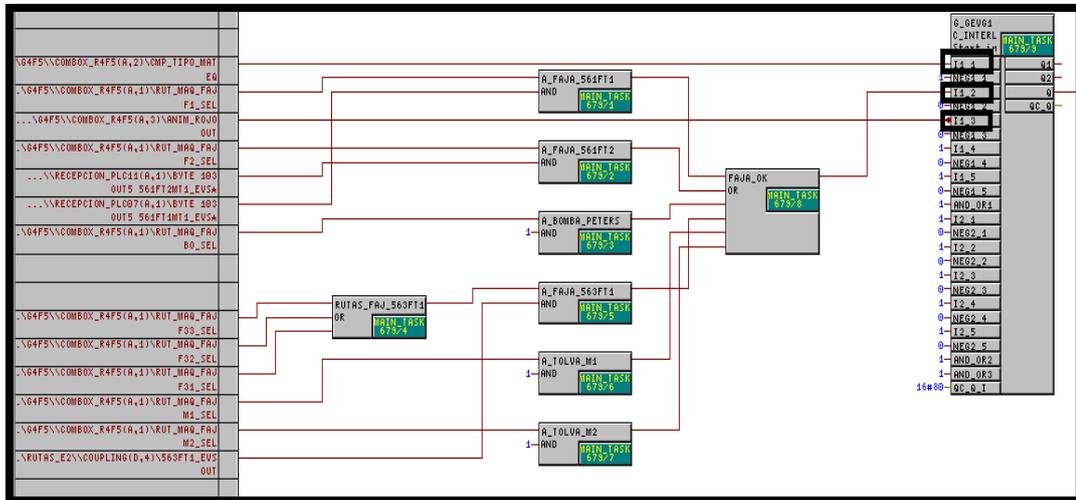


Figura 83. Condiciones de arranque del GRUPO maestro
Fuente: UNACEM.

Condiciones de arranque y parada (GEBG y GABG)

El operador a través del faceplate del Grupo en el SCADA, arranca y para el GRUPO.

Condiciones para iniciar el arranque (GRAZ)

Para iniciar el arranque del grupo maestro, todas las selecciones de las rutas maestras negadas ($WVE=0$) son conectadas a esta interface. En la Figura 84 se muestra la lógica para iniciar el arranque del grupo maestro de la prensa de clinker 1.

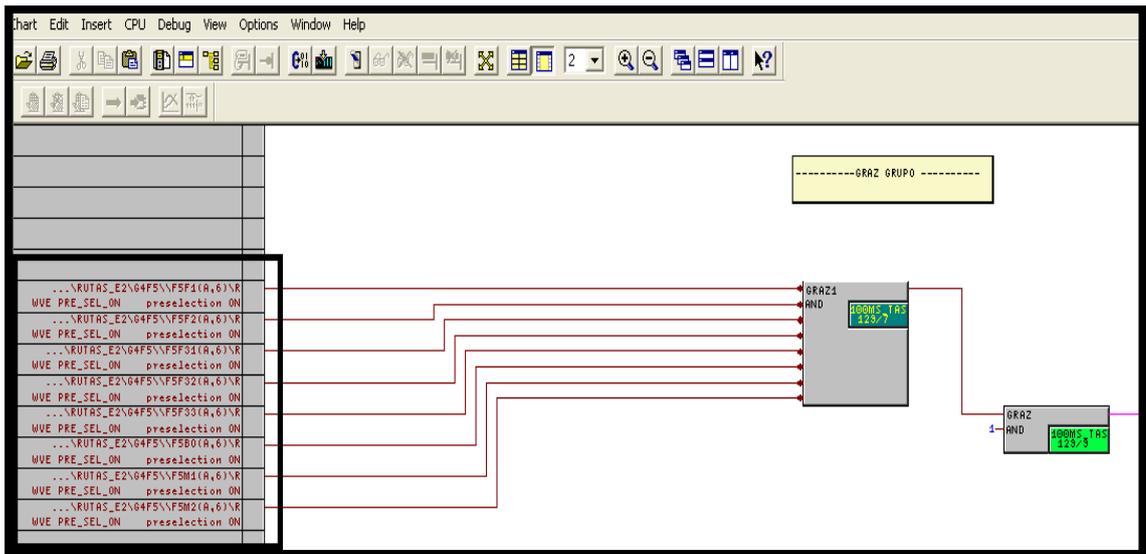


Figura 84. Condiciones para el inicio de arranque del GRUPO maestro (GRAZ)
Fuente: UNACEM.

Condiciones de arranque total (GREZ)

Para las condiciones de esta interface, la confirmación de arranque de todas las rutas maestras WRE se conectan a esta interface. En la Figura 85 se muestra las condiciones, tomando como ejemplo la ruta maestra de la prensa de clinker 1.

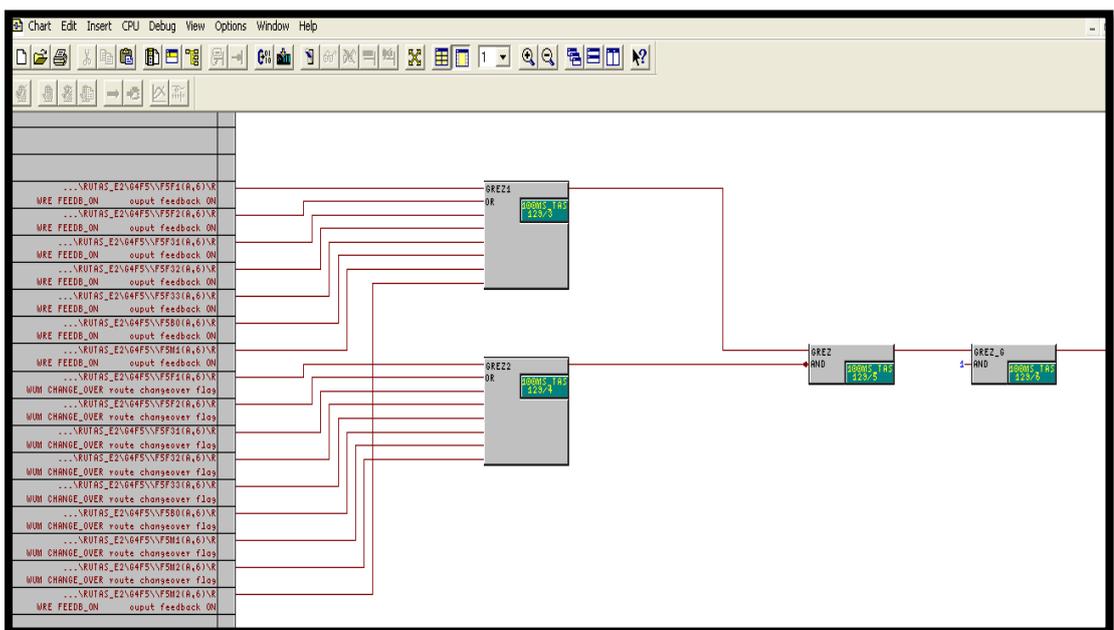


Figura 85. Condiciones para arranque total del GRUPO maestro (GREZ)
Fuente: UNACEM.

Fuente: UNACEM.

Las condiciones para las interfaces del grupo maestro y la lógica mencionada anteriormente se replican para los otros GRUPOS.

3.2.3.1.5.2. Grupo Esclavo

A. Condiciones de Arranque (GEVG)

- No tiene condiciones de arranque.

B. Condiciones de arranque y parada (GEBG y GABG)

- El comando de arranque del grupo maestro GBE arranca el grupo esclavo, de la misma forma el comando GDE para este GRUPO.

C. Condiciones para iniciar el arranque (GRAZ).

- Para iniciar el arranque del grupo esclavo, todas las selecciones de las rutas esclavas negadas y algunos dispositivos que pertenecen a la etapa de transporte de cemento no arrancados son conectadas a la interface. En la Figura 87 se muestra la lógica para iniciar el arranque del grupo esclavo de la prensa de clinker 1.

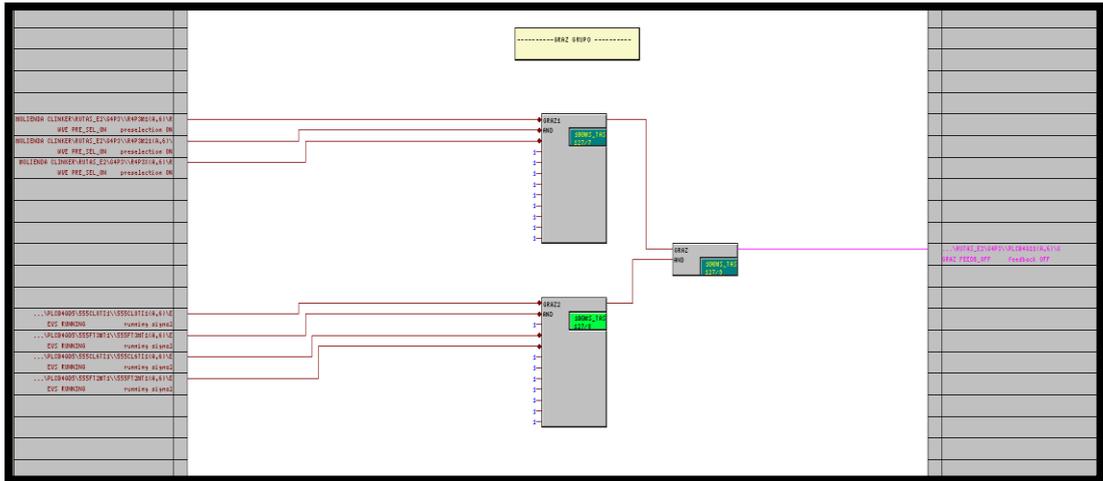


Figura 87. Condiciones para inicio de arranque del GRUPO esclavo GRAZ
Fuente: UNACEM.

D. Condiciones de arranque total (GREZ)

- Para las condiciones de esta interface, la confirmación de arranque de todas las rutas esclavas WRE y el bit que detecta el cambio de estado de las rutas WUM son conectadas. En la Figura 88 se muestra ambas condiciones, tomando como ejemplo la ruta esclava de la prensa de clinker 1.

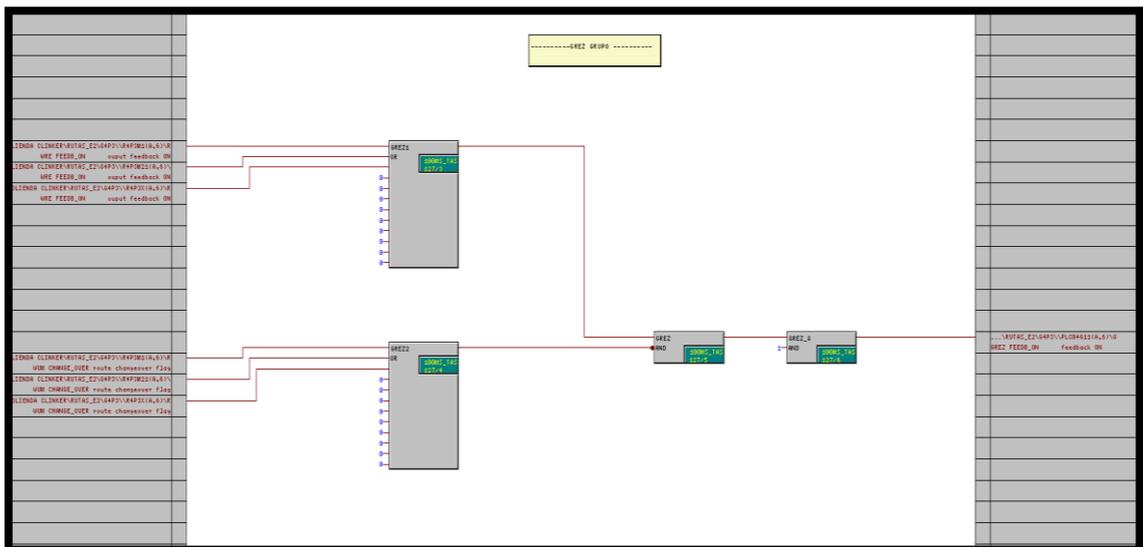


Figura 88. Condiciones para el arranque total del GRUPO esclavo GREZ
Fuente: UNACEM.

E. Comando de arranque (GBE)

- Esta interface se conecta al comando de arranque de las rutas esclavas WEBW asociadas a este grupo.
- Como condición para seleccionar nuevamente la ruta esclava que se encontraba seleccionada.

F. Comando de arranque permanente (GDE)

- Para la programación de rutas, este comando es utilizado para la parada de los dispositivos que pertenecen a la ruta esclava. En la Figura 89 se muestra el grupo esclavo de transporte de la prensa de clinker 1.

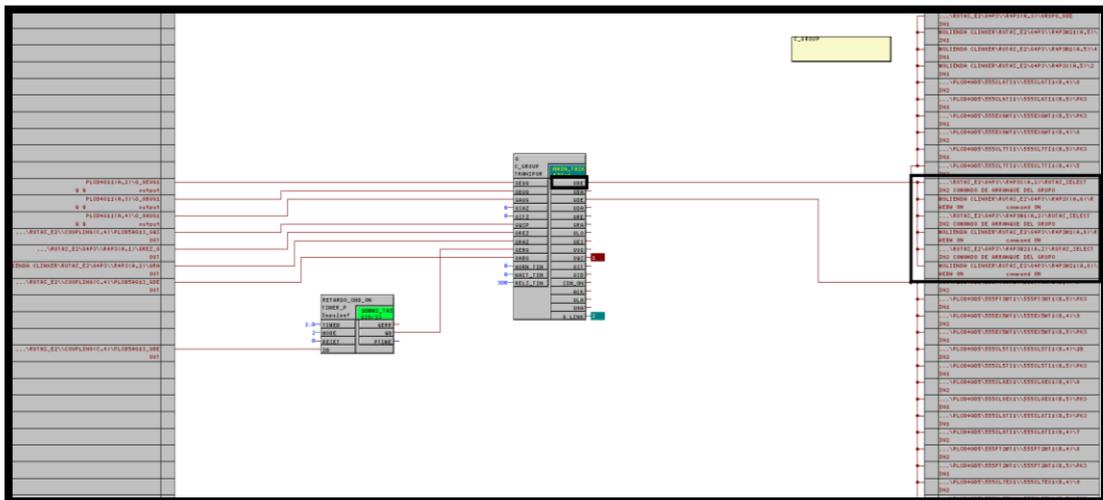


Figura 89. Interfaces conectadas al comando de arranque del GRUPO esclavo Fuente: UNACEM.

Las condiciones para las interfaces del grupo y la lógica mencionada anteriormente se replican para las otros GRUPOS.

3.2.3.2. Programación de rutas de transporte desde las balanzas dosificadoras a las prensas de rodillo

En la prensa de clinker 1, hay 4 balanzas dosificadoras que alimentan las prensas y/o destinos. Se identificaron 12 rutas de transporte de materia

prima (ver Tabla 14), desde las balanzas dosificadoras hacia la prensa de clinker 1 y otros destinos:

- 525BL6_PK1_1 (hacia prensa de clinker 1).
- 525BL6_PK1_2 (hacia prensa de clinker 1).
- 525BL6_MS1 (hacia molino swing).
- 525BL6_MS2 (hacia molino swing).
- 525BL6_MS3 (hacia molino swing).
- 525BL6_MC1 (hacia molino cemento).
- 525BL6_MC2 (hacia molino cemento).
- 525BL7_PK1 (hacia molino prensa de clinker 1).
- 525BL7_MS (hacia molino swing).
- 525BL9_PK1 (hacia prensa de clinker 1).
- 525BL9_MS (hacia molino swing).
- 525BL10_PK1 (hacia prensa de clinker 1).

Hay 2 o más rutas que alimentan un mismo destino ya sea por una faja reversible o la posición de una compuerta.

Se realizó el mismo procedimiento para crear los folder y charts en el multiproyecto. En la Figura 90 se muestra el folder (RUTAS_E3) y los chart creados.

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type
RUTAS_525BL10	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_525BL10	4	Hierarchy folder
RUTAS_525BL6	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_525BL6	1	Hierarchy folder
RUTAS_525BL7	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_525BL7	2	Hierarchy folder
RUTAS_525BL9	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_525BL9	3	Hierarchy folder
COUPLING_E3	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---		0	CFC
E3_RUTAS	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---		0	CFC
RECETAS	PLC04\CPU 416-3 DP\...	---		0	CFC

Figura 90. Folder RUTAS_E3 – Charts de rutas creados para la prensa de clinker 1
Fuente: UNACEM.

Este procedimiento se replica para las otras prensas de rodillos.

En la prensa de clinker 2, hay 5 balanzas dosificadoras que alimentan las prensas y/o destinos. Hay 22 rutas de transporte de materia prima (ver Tabla 15), desde las balanzas dosificadoras hacia la prensa de clinker 2 y otros destinos: En la Figura 91 se muestra el folder (RUTAS_E3) y los charts creados.

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type
COUPLING_E3	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	COUPLING_E3	1	Hierarchy folder
E3_RUTAS	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	E3_RUTAS	8	Hierarchy folder
RECETAS	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RECETAS	2	Hierarchy folder
RUTAS_526BL2	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_526BL2	3	Hierarchy folder
RUTAS_526BL6	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_526BL6	4	Hierarchy folder
RUTAS_526BL7	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_526BL7	5	Hierarchy folder
RUTAS_526BL8	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_526BL8	6	Hierarchy folder
RUTAS_526BL9	PLC05\CPU 416-3 DP\...	---	RUTAS_526BL9	7	Hierarchy folder

Figura 91. Folder RUTAS_E3 – Charts de rutas creados para la prensa de clinker 2
Fuente: UNACEM.

En la prensa de clinker 3, hay 3 balanzas dosificadoras que alimentan las prensas y/o destinos. Hay 8 rutas de transporte de materia prima (ver Tabla 16), desde las balanzas dosificadoras hacia la prensa de clinker 3 y otros destinos: En la Figura 91 se muestra el folder (RUTAS_E3) y los charts creados.

Object name	AS Assignment	OS Assignment	Picture name for OS	Order	Type
RUTAS_527BL10	PLC11\CPU 416-3 DP\S...	...	RUTAS_527BL10	3	Hierarchy folder
RUTAS_527BL8	PLC11\CPU 416-3 DP\S...	...	RUTAS_527BL8	1	Hierarchy folder
RUTAS_527BL9	PLC11\CPU 416-3 DP\S...	...	RUTAS_527BL9	2	Hierarchy folder
COUPLING_E3	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	CFC
E3_RUTAS	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	CFC
RECETAS	PLC11\CPU 416-3 DP\S...			0	CFC

Figura 92. Folder RUTAS_E3 – Charts de rutas creados para la prensa de clinker 3

Fuente: UNACEM.

El chart COUPLING es programado para indicar las señales de todos los dispositivos que envía el PLC y recibe de otros PLC, por ejemplo: confirmación de equipos arrancados, posicionamiento de compuertas, rutas elegidas, grupos arrancados, etc.

El chart ENABLE es el bit que nos habilitará el nuevo programa; si el bit es “1” los dispositivos trabajarán con el programa actual, si el bit “0” trabajarán con el programa nuevo.

3.2.3.2.1. Lógica de programación para las rutas de transporte de materia prima

3.2.3.2.1.1. Condiciones del interlock de operación (WBVG)

Para las condiciones de operación se evaluaron todas las rutas que usan las fajas reversibles como vía de transporte.

Por ejemplo si una ruta usa la faja reversible hacia una dirección, todas las otras rutas que se dirigen hacia la faja con dirección contraria, son bloqueadas.

Se elaboró una tabla que sirva como matriz para programar la interface WBVG para todas las rutas, identificando 2 fajas reversibles y todas las rutas que la usan como transporte de materia prima.

Tabla 17. Matriz de rutas que usan la faja reversible 525FR2
Fuente: Elaboración propia.

FAJA REVERSIBLE - 525FR2		
PLC	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2
04	525BL6_MS2	525BL6_PK1_1
	525BL6_MS3	525BL7_PK1
	525BL7_MS	525BL9_PK1
	525BL9_MS	525BL6_PK1_2
07	522BL5_MS2	522BL5_PK1
	522BL6_MS2	522BL6_PK1
05	526BL2_MS	526BL2_PK1_1
	526BL8_MS	526BL8_PK1
11	527BL10_MS	527BL10_PK1_1

Tabla 18. Matriz de rutas que usan la faja reversible 525FR1
Fuente: Elaboración propia.

FAJA REVERSIBLE - 525FR1		
PLC	DIRECCIÓN 1	DIRECCIÓN 2

04	525BL6_MS1 525BL6_MS3	525BL6_PK1_2 525BL6_MC2
07	522BL5_MS1 522BL6_MS1	522BL5_MS2 522BL5_MC 522BL5_PK1 522BL6_MS2 522BL6_MC 522BL6_PK1

La matriz es usada para programar las condiciones de operación de una ruta determinada. En la Figura 93 se muestra las rutas que operan en dirección contraria de la faja, conectadas a la interface WBVG de la ruta 525BL6_PK1_1.

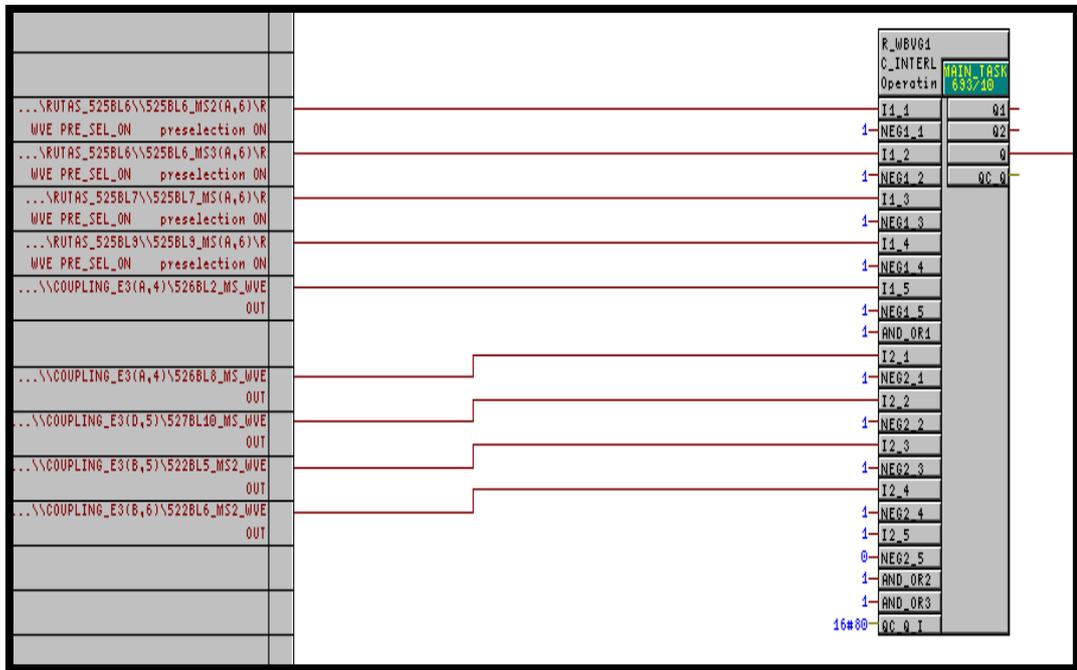


Figura 93. Condiciones de operación de la ruta WBVG
Fuente: UNACEM.

3.2.3.2.1.3. Condiciones de preselección (WVWE)

El bloque OP_A_LIM crea un TAG en el WinCCExplorer, este TAG permite programar un TextList en el SCADA. Se creó un CHART in CHART con las rutas de la balanza hacia todos sus destinos. En la Figura 94 se muestra el bloque OP_A_LIM de la balanza 525BL6.

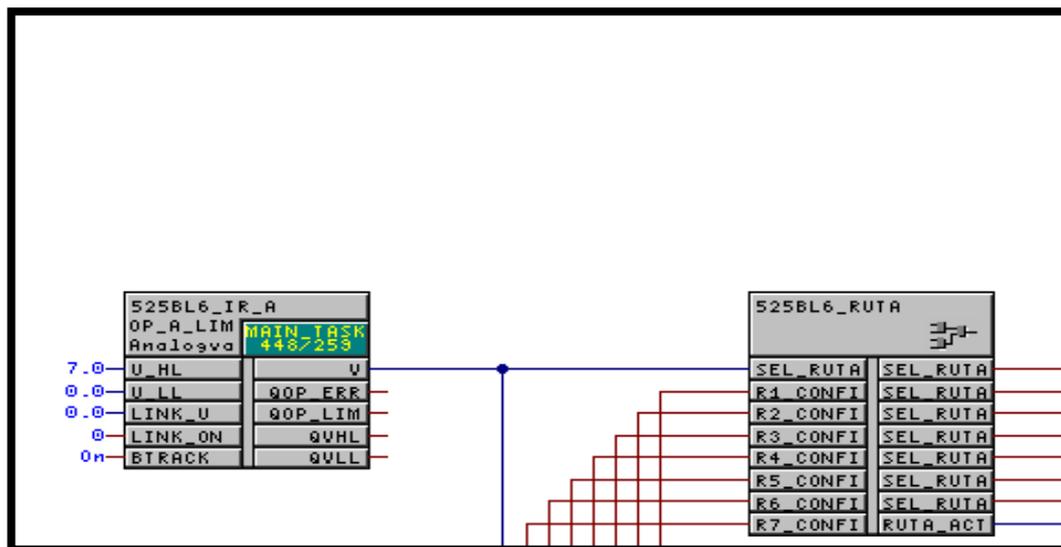


Figura 94. Condiciones de preselección de la ruta WVWE
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica para las otras balanzas de las prensas de rodillo, identificando las rutas de destino.

3.2.3.2.1.4. Condiciones para iniciar el arranque (WRAZ)

No hay condiciones, la interface WRAZ es forzada a "0".

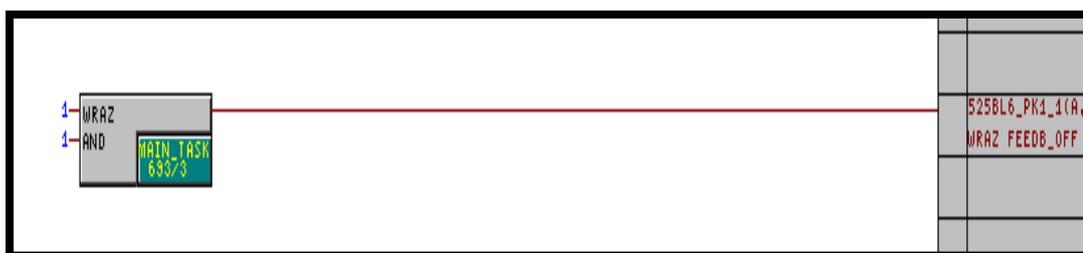


Figura 95. Condiciones de inicio de arranque de la ruta WRAZ
Fuente: UNACEM.

No hay ninguna condición en la interface WRAZ en las otras rutas, se replica la misma lógica.

3.2.3.2.1.5. Condiciones de arranque total (WREZ)

En el CHART in CHART CONFIRMACION, están las señales de confirmación de los dispositivos identificados. Si todos los dispositivos de determinada ruta están arrancados enviará un bit de confirmación a la interface WREZ. En la Figura 96 se muestra el CHART in CHART programado.

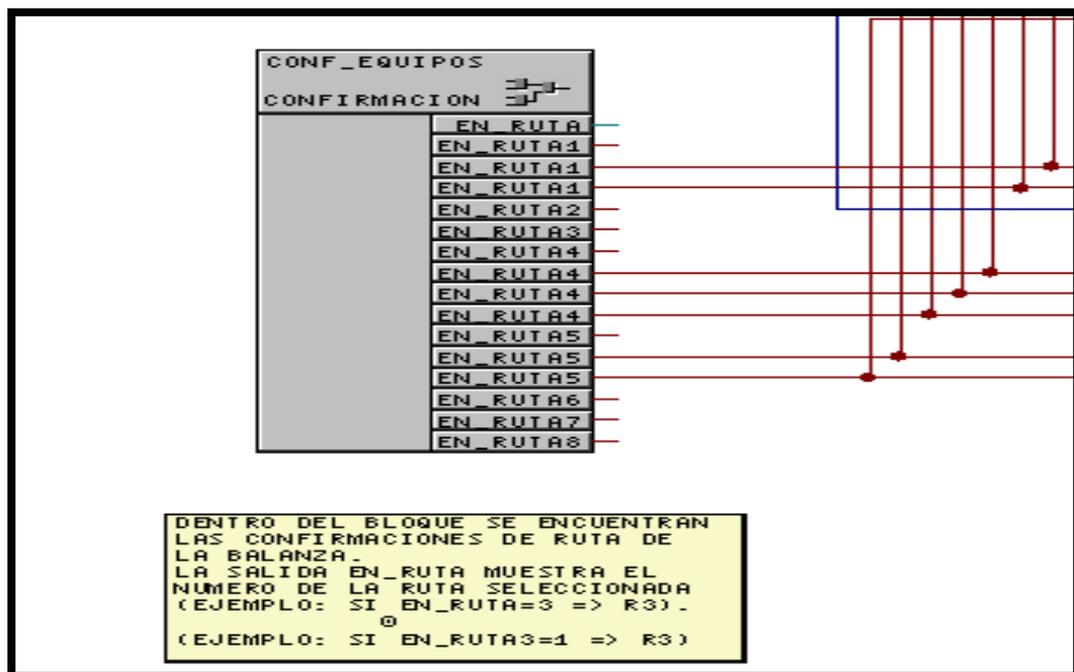


Figura 96. CHART in CHART – Confirmación de dispositivos
Fuente: UNACEM.

Las condiciones de arranque total WREZ, se replican en las otras rutas de transporte de materia prima.

3.2.3.2.1.6. Comando de arranque (WBE)

El bit de comando de arranque WBE de la ruta es enviado a los dispositivos identificados en la pantalla principal de la prensa de clinker que corresponde.

En la figura 97 se muestra la interface y sus conexiones, se toma como ejemplo las interfaces programadas en la ruta 525BL9_PK1.

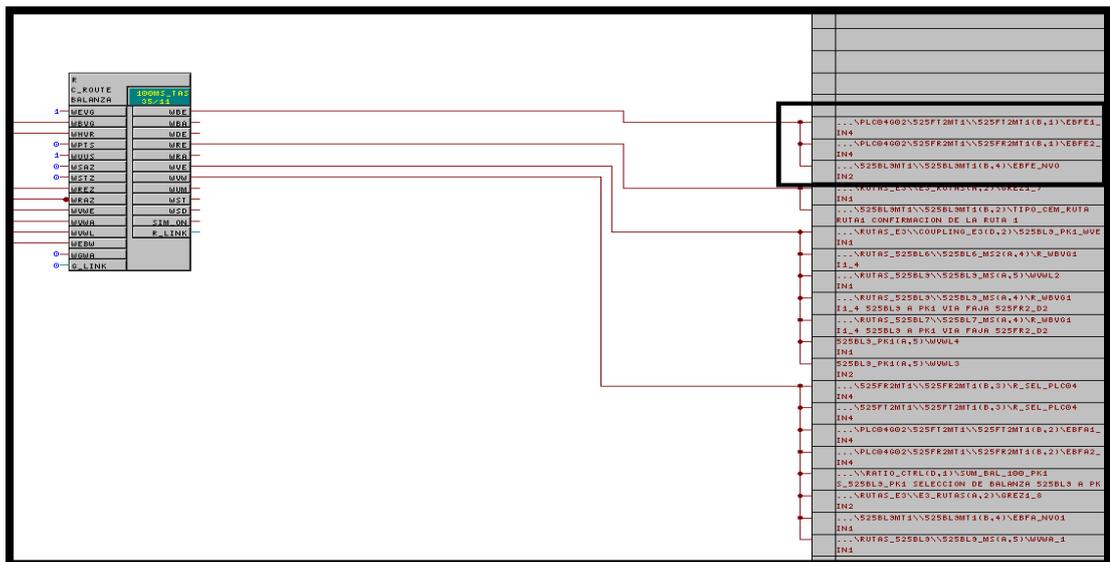


Figura 97. Interfaces conectadas al comando de arranque de la ruta WBE
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica a las otras rutas de las prensas de rodillos, identificando los dispositivos que deben de arrancar a través de las pantallas principales de la prensa de clinker.

3.2.3.2.1.7. Confirmación de arranque total (WRE)

El bit de confirmación de arranque total WRE de la ruta es enviado a la interface GREZ del grupo de alimentación de prensa y como condición de operación a la balanza que pertenece.

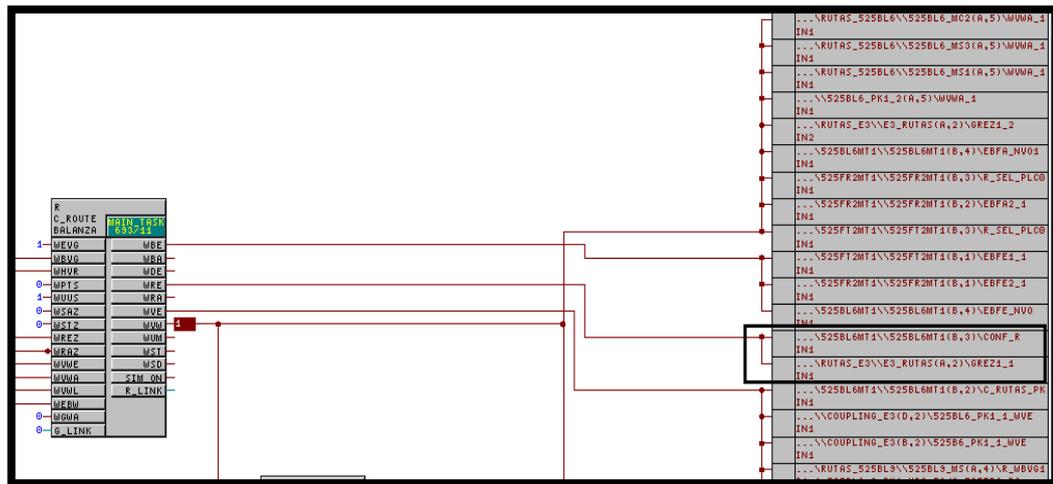


Figura 98. Interfaces conectadas a la confirmación de arranque total de la ruta WRE
 Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica a las otras rutas de las prensas de rodillo.

3.2.4. PROGRAMACIÓN DE DISPOSITIVOS ASOCIADOS A LAS RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES

Actualmente cada equipo tiene una programación, por lo que se ha desarrollado una lógica que a través de un bit se elija entre la lógica de programación actual o la nueva. Con el objetivo de que ambas lógicas trabajen paralelamente en cada dispositivo.

A través del flowsheet de las prensas de rodillos tenemos identificados todos los dispositivos que van a ser programados.

3.2.4.1. Creación de bloques típicos

Los bloques típicos permitirán conectar la lógica de programación actual y la lógica de programación nueva en las interfaces de todos los dispositivos

identificados. La Figura 99 muestra los bloques típicos creados para el interlock de operación y protección de los dispositivos.

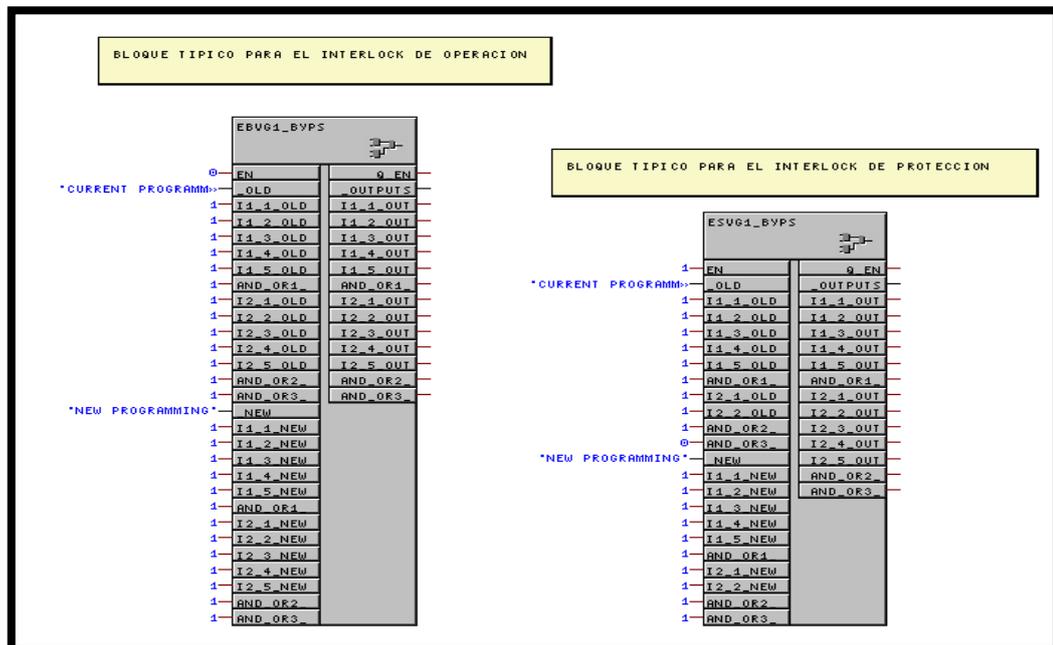


Figura 99. Bloques típicos de interlock de operación y protección
Fuente: UNACEM.

3.2.4.1.1. Lógica de programación del bloque típico

Un bloque típico es un CHART in CHART creado a partir de la identificación de las interfaces de un bloque interlock del CEMAT.

Hay 10 interfaces en el bloque interlock divididas en 2 grupos. Cada grupo puede ser programado como un AND/OR, del mismo modo que las salidas de los dos grupos.

Internamente se crearon todas las entradas y salidas que necesitamos.

Interfaces de entradas creadas. Las interfaces son visualizadas en el CHART in CHART típico.

Name	Out a Type	Initial Value	Comment
EN	Bool	FALSE	ENABLEN_OPERACION/OUT
OLD	String	CURRENT PROGRAMMING	
I1_1_OLD	Bool	TRUE	
I1_2_OLD	Bool	TRUE	
I1_3_OLD	Bool	TRUE	
I1_4_OLD	Bool	TRUE	
I1_5_OLD	Bool	TRUE	
AND_OR1_OLD	Bool	TRUE	
I2_1_OLD	Bool	TRUE	
I2_2_OLD	Bool	TRUE	
I2_3_OLD	Bool	TRUE	
I2_4_OLD	Bool	TRUE	
I2_5_OLD	Bool	TRUE	
AND_OR2_OLD	Bool	TRUE	
AND_OR3_OLD	Bool	TRUE	
NEW	String	NEW PROGRAMMING	
I1_1_NEW	Bool	TRUE	
I1_2_NEW	Bool	TRUE	
I1_3_NEW	Bool	TRUE	
I1_4_NEW	Bool	TRUE	
I1_5_NEW	Bool	TRUE	
AND_OR1_NEW	Bool	TRUE	
I2_1_NEW	Bool	TRUE	
I2_2_NEW	Bool	TRUE	
I2_3_NEW	Bool	TRUE	
I2_4_NEW	Bool	TRUE	
I2_5_NEW	Bool	TRUE	
AND_OR2_NEW	Bool	TRUE	
AND_OR3_NEW	Bool	TRUE	

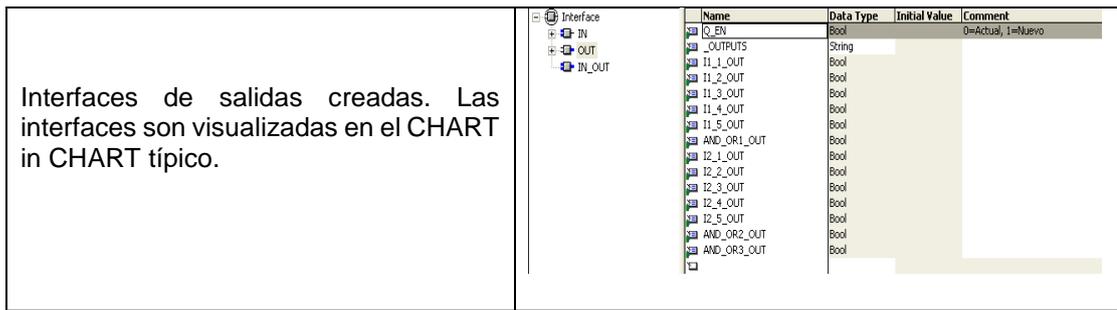


Figura 100. Interfaces de entrada y salida creadas en el chart in chart.
Fuente: CMIT Ingenieros.

Para el cambio de la nueva y actual programación se utiliza el bloque SEL_BO. El bloque SEL_BO tiene 3 entradas:

- K: Habilitación.
- IN0: Entrada 1.
- IN1: Entrada 2.

Y una salida (OUT), su funcionamiento es el siguiente:

K=1, la entrada IN0 se escribe en la salida OUT.

K=0, la entrada IN1 se escribe en la salida OUT.

Las entradas y la salida del bloque son datos booleanos, y el que evalúa la salida del bloque es el bit que recibe la interface K (habilitación).

Las señales de la programación actual se conectan en la entrada IN0 y las señales de la nueva programación se conectan en la entrada IN1 del bloque SEL_BO. En la Figura 101 se muestra internamente el CHART in CHART típicos y la programación de las interfaces del bloque SEL_BO.

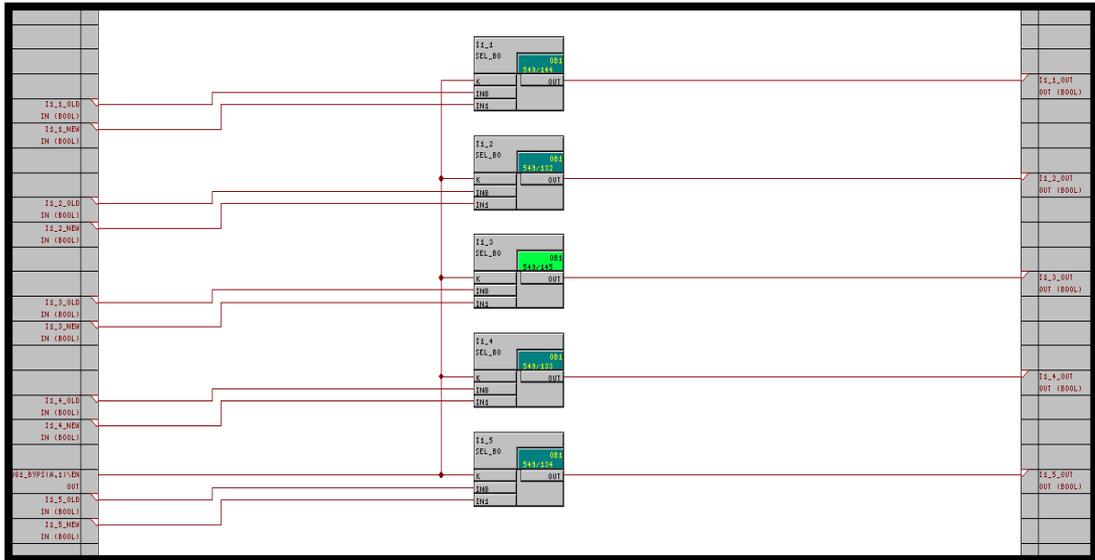


Figura 101. Lógica interna del CHART in CHART típicos de interlock
Fuente: UNACEM.

El mismo procedimiento se realiza para las interfaces del bloque típico del motor, compuerta y válvula. Se identificó las interfaces relevantes y se programó en un CHART in CHART típicos. En la Figura 102 se muestra los bloques típicos creados.

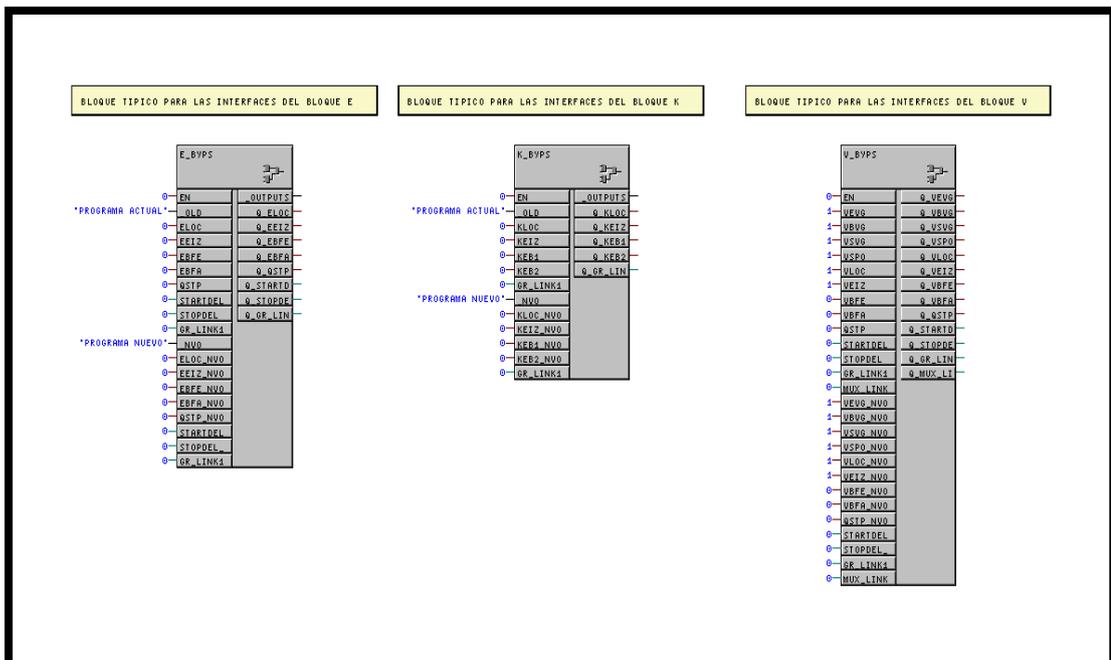


Figura 102. Bloques típicos de motor, compuerta y válvula
Fuente: UNACEM.

3.2.4.2. Lógica de programación de los dispositivos del sistema de transporte

3.2.4.2.1. Lógica de programación de los dispositivos que pertenecen a las rutas de transporte desde las prensas de rodillos hacia las fajas

El flowsheet desarrollado para cada prensa de clinker, ayuda a identificar el orden de arranque de los dispositivos, ya que arrancan consecuentemente un dispositivo después del otro; es decir no arrancará si el dispositivo que lo antecede no está arrancado.

3.2.4.2.1.1. Condiciones de operación (EBVG)

Las condiciones de operación que evalúa esta lógica son programadas en las interfaces del bloque típico. Se conectó todas las rutas seleccionadas WWV (rutas que arrancan este dispositivo) y el equipo antecedente arrancado. En la Figura 103 se muestra las condiciones de operación para un dispositivo de la prensa de clinker 1, si nos ubicamos en el flowsheet de la prensa en la faja 555FT1MT1, se observa que el dispositivo que lo antecede es el colector 555CL4EX1.

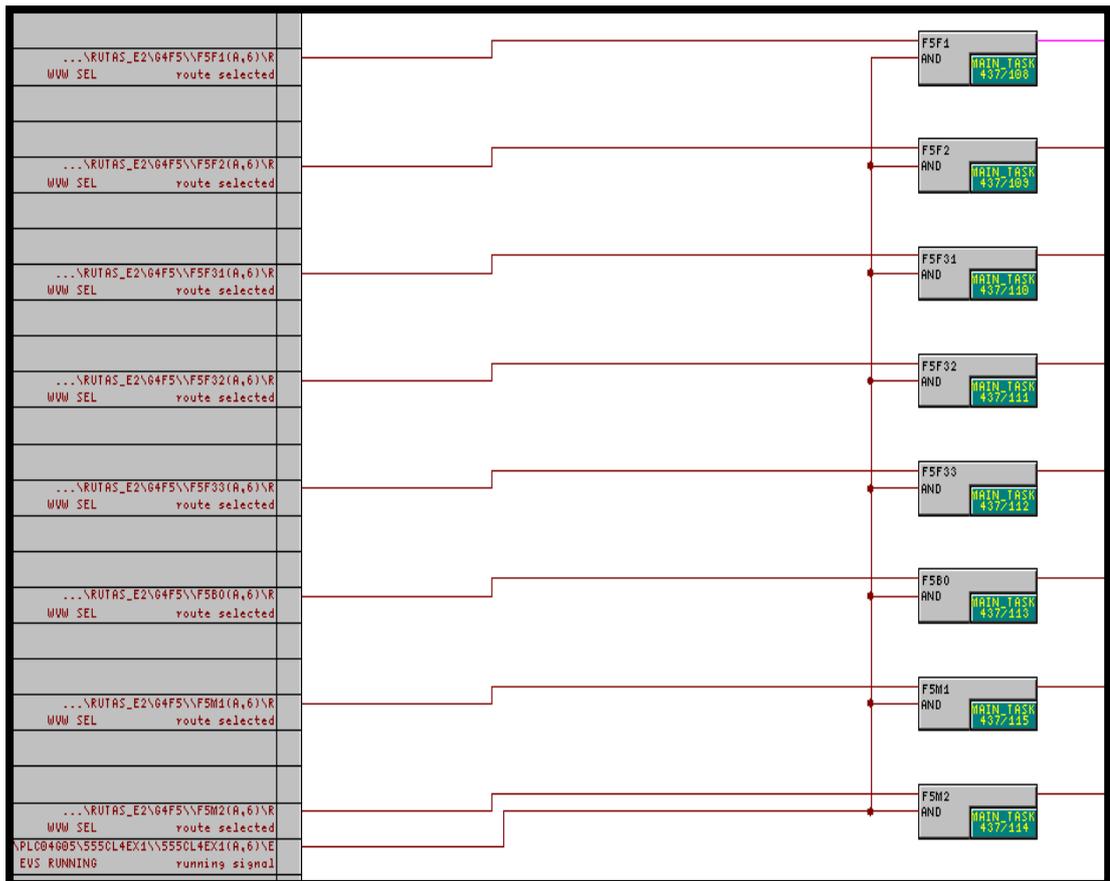


Figura 103. Condiciones de operación EBVG
Fuente: UNACEM.

Las condiciones programadas son conectadas a la interface del bloque típico (programado como un OR), un bit de confirmación a la interface EBVG permite que el dispositivo arranque y permanezca arrancado. En la Figura 104 se muestra el bloque típico para las condiciones de operación de la faja 555FT1MT1.

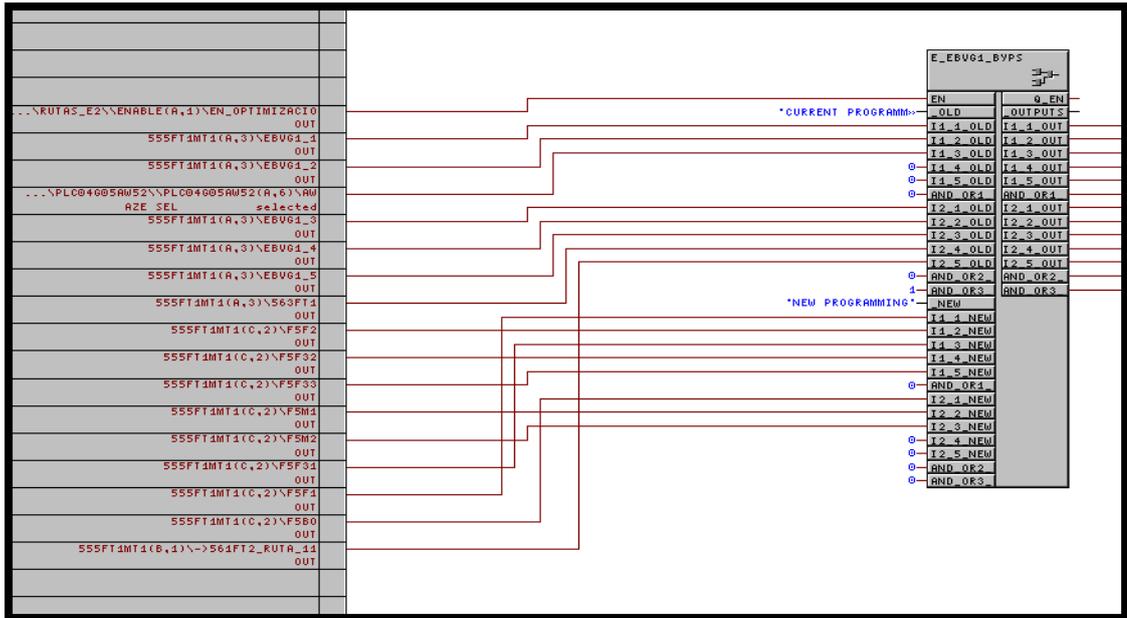


Figura 104. Condiciones conectadas al bloque típico interlock de operación
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica a las interfaces del bloque típico de todos los dispositivos identificados en esta etapa.

3.2.4.2.1.2. Condiciones de arranque (EBFE)

Las condiciones de arranque son programadas en la interface EBFE_NVO del bloque típico creado. Se programa el comando de arranque WBE de todas las rutas que arrancan el dispositivo. En la Figura 105 se muestra las condiciones de arranque de la faja 555FT1MT1.

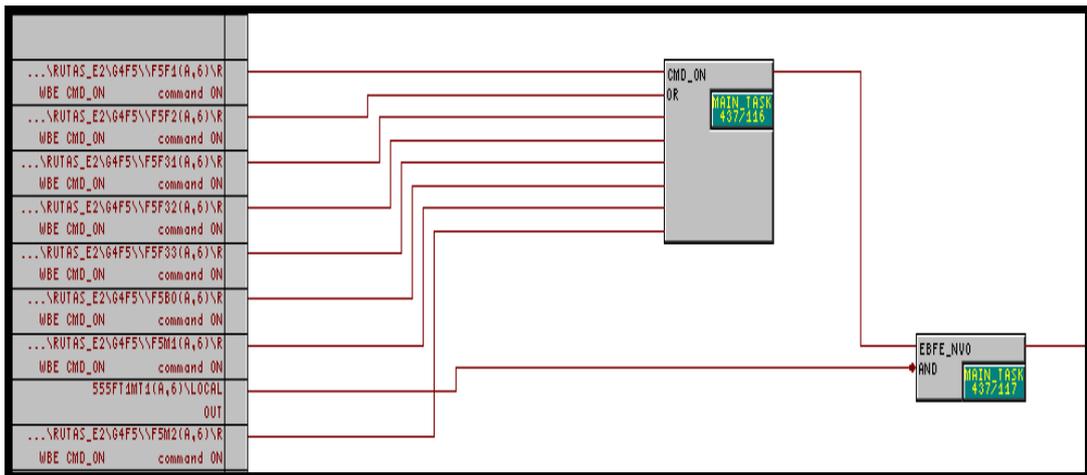


Figura 105. Condiciones de arranque EBFE
Fuente: UNACEM.

Las condiciones programadas van conectadas a un bloque OR que está conectado a la interface EBFE_NVO del bloque típico, basta un bit de confirmación para que este dispositivo arranque. En la Figura 106 se muestra el bloque típico de la faja 555FT1MT1.

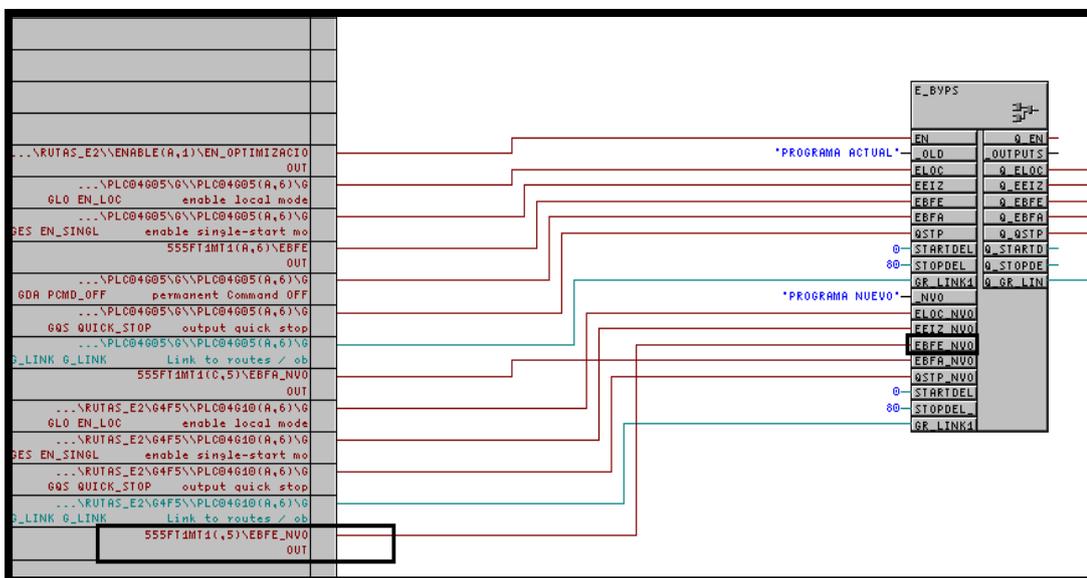


Figura 106. Condiciones conectadas a la interface EBFE_NVO del bloque típico motor
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica a la interface EBFE_NVO del bloque típico de todos los dispositivos identificados en esta etapa.

3.2.4.2.1.3. Condiciones de parada (EBFA)

Las condiciones de parada son programadas en la interface EBFA_NVO del bloque típico creado. Se conecta el comando de arranque permanente GDE negado y el dispositivo consecuente no arrancado. En la Figura 107 se muestra las condiciones de parada para un dispositivo de la prensa de clinker 1, si nos ubicamos en el flowsheet de esta prensa en el colector 555CL4EX1, se observa que el dispositivo que lo procede es la faja 555FT1MT1.

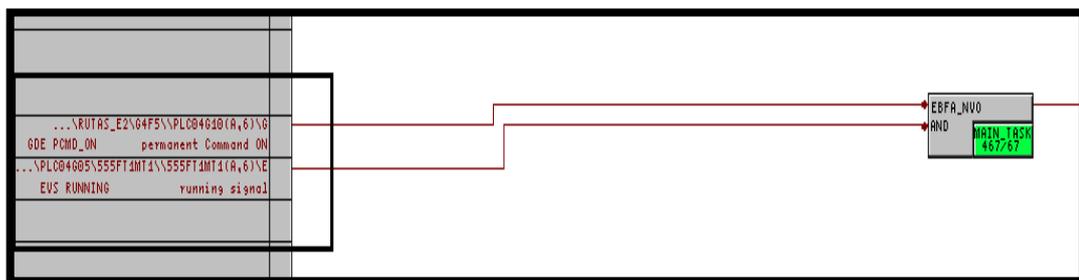


Figura 107. Condiciones de parada EBFA
Fuente: UNACEM.

Las condiciones programadas van conectadas a un bloque AND que conecta a la interface EBFA_NVO del bloque típico, ambas condiciones tienen que cumplirse para que envíe un bit de confirmación de parada. En la Figura 108 se muestra el bloque típico del colector 555CL4EX1.

interface “EN” de todos los bloques típicos creados para los equipos de transporte que pertenecen a la ruta de prensas de rodillo a fajas y/o destinos.

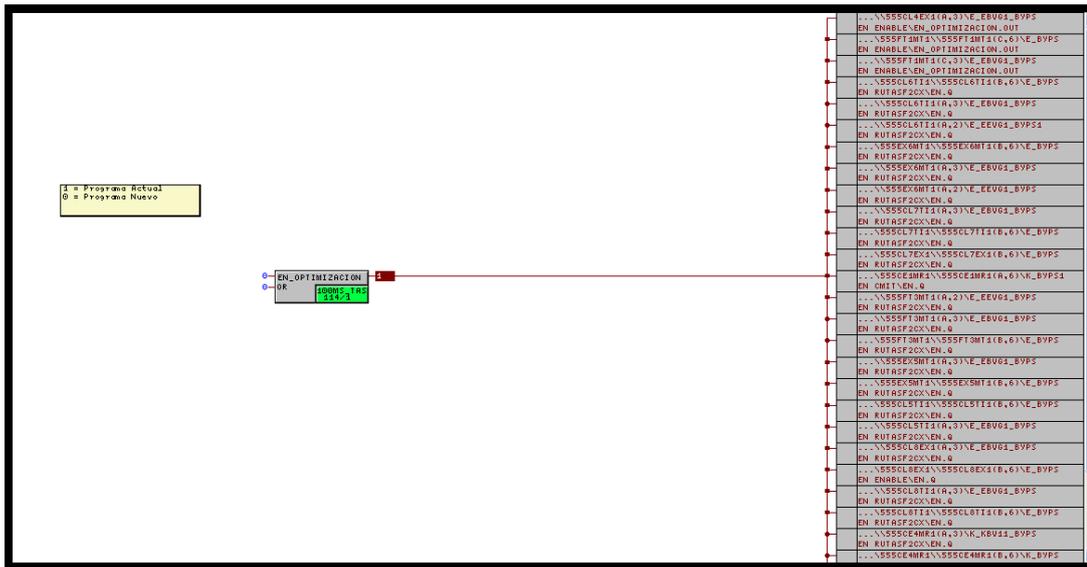


Figura 109. Lógica habilitación de programa actual y nuevo – Etapa 2
Fuente: UNACEM.

Del mismo modo en todos los bloques típicos creados para los equipos de transporte que pertenecen a la ruta balanzas a prensas de rodillo, se creó un chart denominado E3_RUTAS que contiene un bloque OR (figura 110).

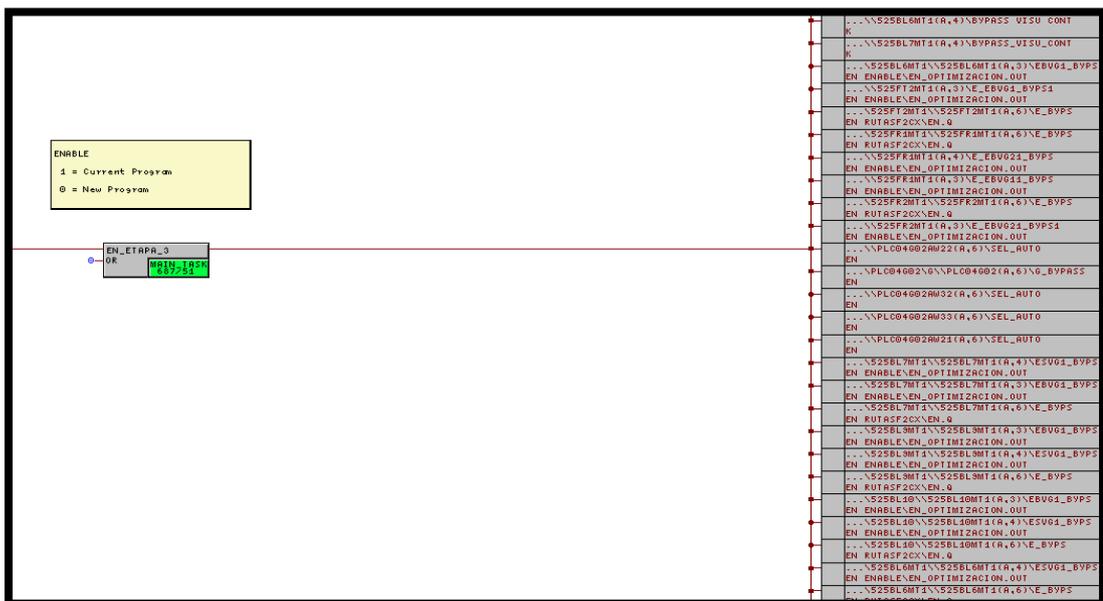


Figura 110. Lógica habilitación de programa actual y nuevo – Etapa 3
Fuente: UNACEM.

3.2.4.4. Lógica de programación para la confirmación de sumas y fallas que genera cada balanza dosificadora que alimenta un clinker

Para la confirmación de sumas de todas las balanzas que alimentan una prensa de clinker, se evalúa 3 condiciones:

- La ruta elegida a través del TextList (SCADA).
- El setpoint (%) de la balanza.
- Selección de la balanza.

En la Figura 111 se muestra el CHART in CHART de suma de porcentajes de balanzas, donde evalúa todas las rutas que alimentan a una balanza, se toma como ejemplo las rutas de las balanzas que alimentan la prensa de clinker 3.

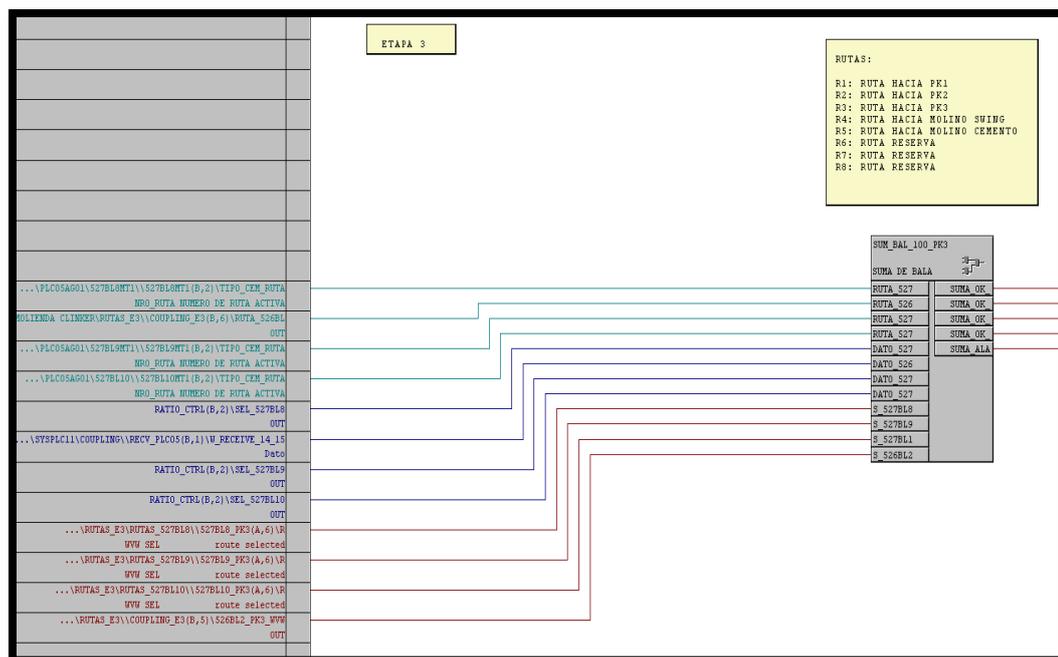


Figura 111. CHART in CHART – Suma de porcentajes de balanzas PK3
Fuente: UNACEM.

La lógica evalúa si las rutas están seleccionadas o no; si una ruta esta seleccionada hacia una prensa de clinker, habilita el porcentaje de la balanza

seleccionada a la suma general de porcentajes. Si no está seleccionada, el porcentaje de la balanza seleccionada es “0”.



Figura 112. Lógica de programación para el arranque de las balanzas
Fuente: CMIT Ingenieros.

Cuando las balanzas están arrancadas y si una balanza para por fallas, las otras balanzas también deben de parar. Esta lógica permite evitar contaminación en las fajas y prensas.

Para la confirmación de balanzas sin fallas, se evalúa 3 condiciones:

- La ruta elegida a través del TextList (SCADA).
- Detección de fallas de la balanza.
- Comando de arranque GBE del GRUPO de alimentación de la prensa.

En la Figura 113 se muestra el CHART in CHART de detección de fallas de las balanzas, donde evalúa todas las rutas que alimentan a una balanza, se toma como ejemplo las rutas de las balanzas que alimentan la prensa de clinker 3.

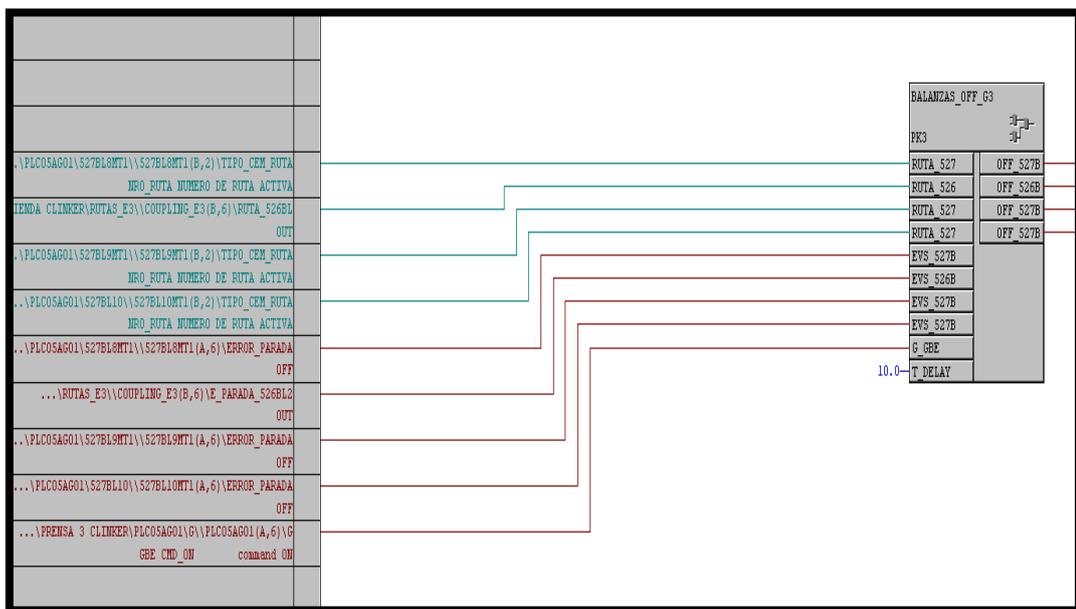


Figura 113. CHART in CHART – Detección de falla de las balanzas PK3
Fuente: UNACEM.

La lógica evalúa si las rutas están seleccionadas o no; si una balanza no está seleccionada no evaluará ninguna programación.

Si la balanza esta seleccionada evaluará si el grupo deja de mandar comando o si la balanza entra en falla. Cualquiera de estas condiciones no permitirán que arranquen todas las balanzas que alimentan al mismo destino.

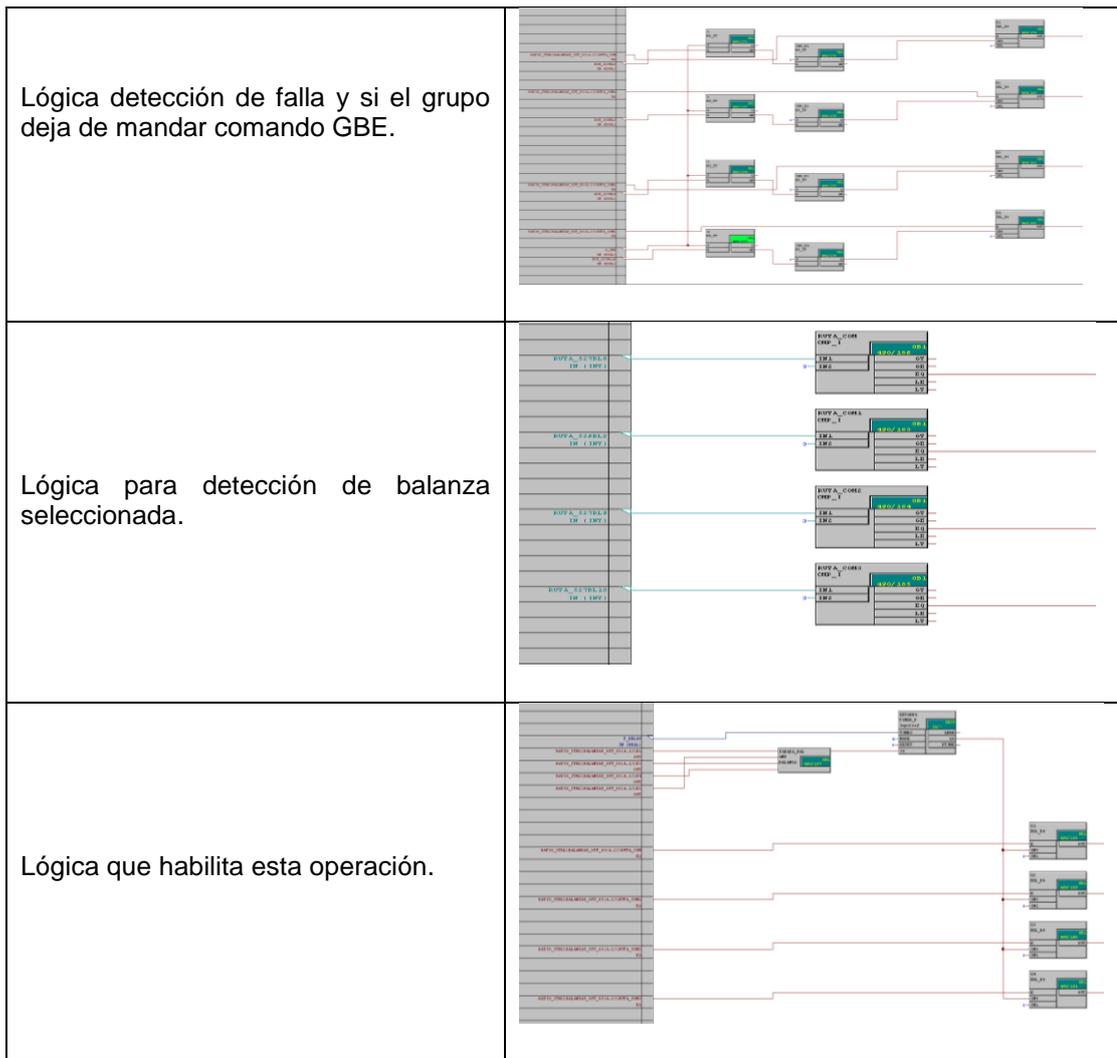


Figura 114. Lógica para detección de fallas y/o parada de balanza
Fuente: CMIT Ingenieros.

La lógica para la suma y parada de las balanzas se replica para las otras prensas de clinker.

3.2.4.5. Lógica de programación de la balanza dosificadora ubicada en la prensa de clinker

A. Condiciones de selección y confirmación de equipos

La selección de balanza es realizada por el operador desde el SCADA a través de un TextList. El TextList recibe la información de un bloque del CEMAT llamado OP_A_LIM.

Las confirmaciones de los equipos que pertenecen a esta etapa, es programado en un CHART in CHART denominado CONF_EQUIPOS. En la matriz de las balanzas a destinos (figura 59), la balanza 527BL10 únicamente alimenta a la prensa de clinker 1 a través de una ruta. En la Figura 115 se muestra lógica desarrollada para la selección y la confirmación de equipos de la balanza.

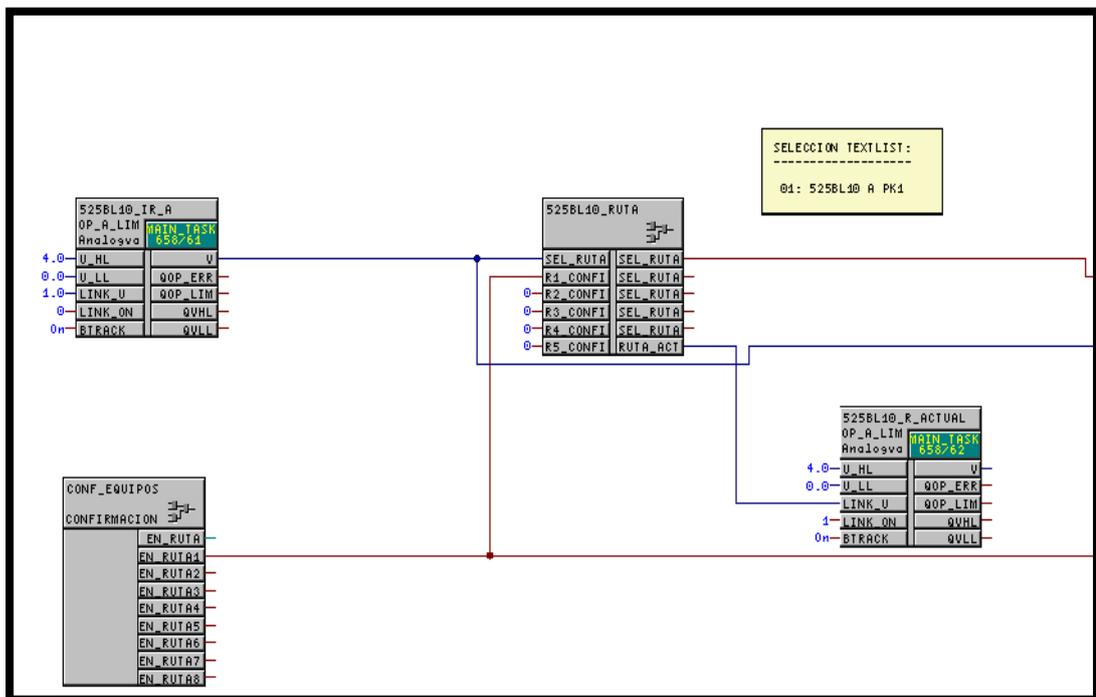


Figura 115. CHART in CHART – Confirmación de equipos
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica para las otras balanzas.

B. Condiciones de operación de la balanza (EBVG)

Hay 3 condiciones que es programada en la interface EBVG de cada balanza:

- Suma de las balanzas que alimentan la prensa de clinker, igual a 100%.
- Balanzas que alimentan la prensa de clinker, sin fallas.
- Confirmación de arranque de los dispositivos que pertenecen a la ruta de transporte desde la balanza a la prensa de clinker, incluyendo la selección de balanza.

Las condiciones son conectadas a las interfaces EBVG del bloque típico

(figura 116).

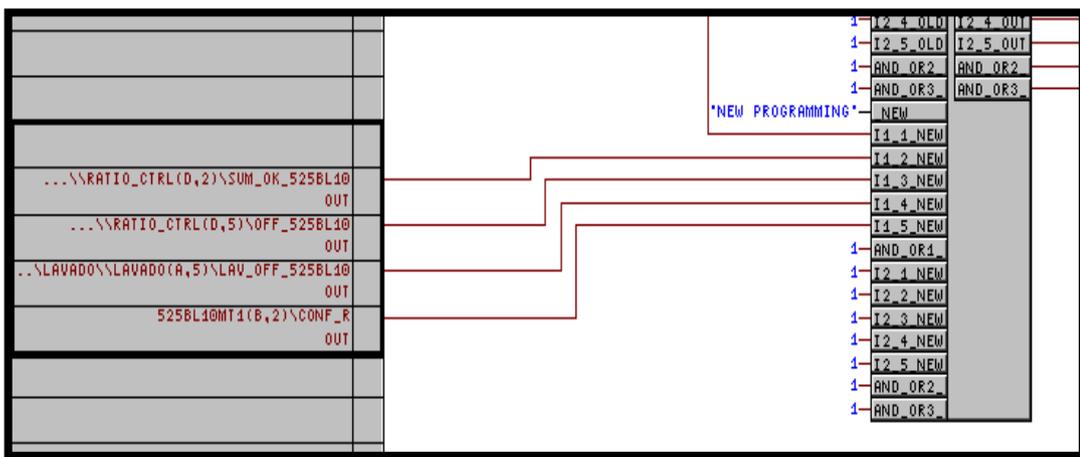


Figura 116. Condiciones de operación de la balanza
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica para las otras balanzas.

C. Condiciones de protección de la balanza (ESVG)

Se creó una lógica de programación para la contaminación. Esta lógica evalúa el material de la balanza, el setpoint de la balanza (cantidad de la materia prima en porcentaje %) y el tipo de cemento que está fabricando. Estas condiciones habilitan un bit de confirmación en la interface ESVG del bloque típico. Las condiciones son conectadas a la interface ESVG del bloque típico (figura 117).

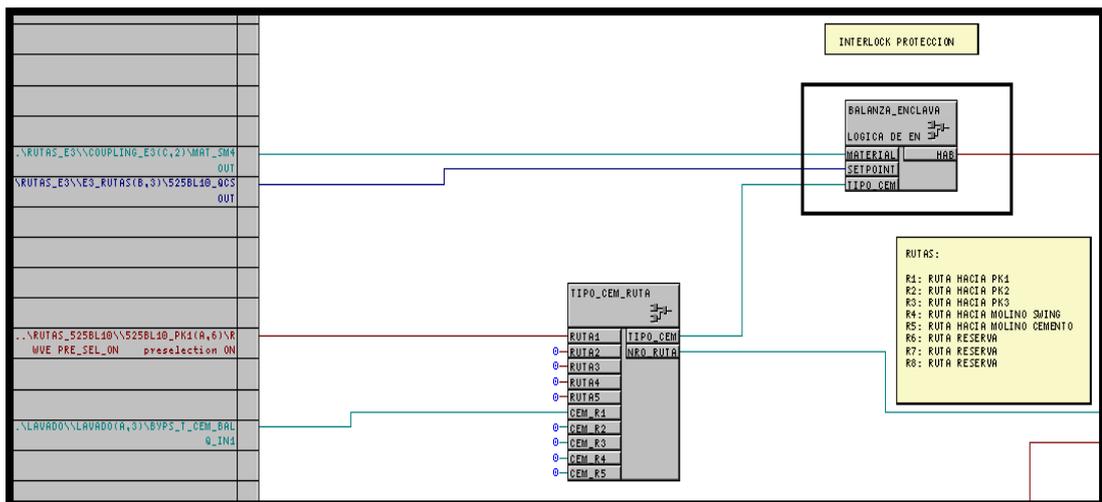


Figura 117. CHART in CHART – Balanza enclava (lógica de contaminación)
Fuente: UNACEM.

Esta lógica se replica para las otras balanzas.

D. Condiciones de arranque de la balanza (EBFE)

Es la misma lógica mencionada anteriormente para los otros dispositivos que pertenecen a las rutas de transporte ubicados en la prensa de clinker.

E. Condiciones de parada de la balanza (EBFA)

Es la misma lógica, mencionada anteriormente para los otros dispositivos que pertenecen a las rutas de transporte ubicados en la prensa de clinker.

3.2.4.6. Lógica de programación para las RECETAS de cemento

Se creó un bloque de datos DB588 (figura 118), donde se identifica todas las recetas (tipos de cemento) que fábrica UNACEM y la materia prima

que dosifican el cemento. Todos los datos identificados son programados en el DB.



DB502	DX202	DB	180	Data Block
DB588	DB_RECETAS	DB	580	Data Block
DB590	DB_USER	DB	864	Data Block

Figura 118. DB_RECETAS / Bloque de datos DB588
Fuente: UNACEM.

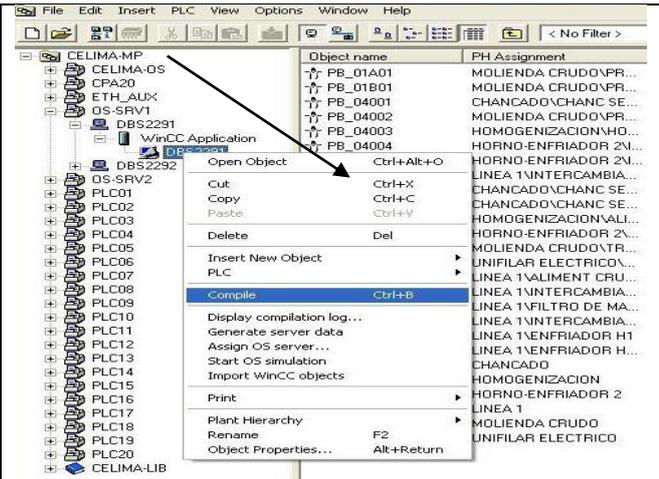
Se creó un chart denominado RECETAS, donde internamente se programó la lógica para guardar datos y/o parámetros del porcentaje que se necesita por cada receta. Por ejemplo se crea 10 CHART in CHART para 10 recetas, por medio de los CHART in CHART se configuran los parámetros de cada receta.

Por motivos de seguridad no hay figuras de los parámetros, ni de las recetas.

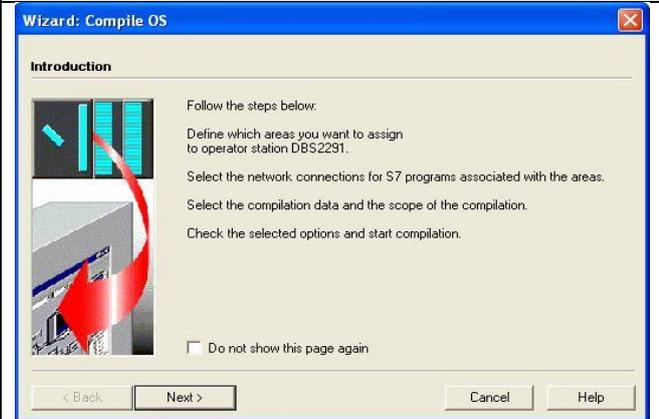
3.2.5. PROCEDIMIENTO DE COMPILACION Y DESCARGA DE SERVIDORES

3.2.5.1. Procedimiento para compilar los servidores desde la estación de ingeniería

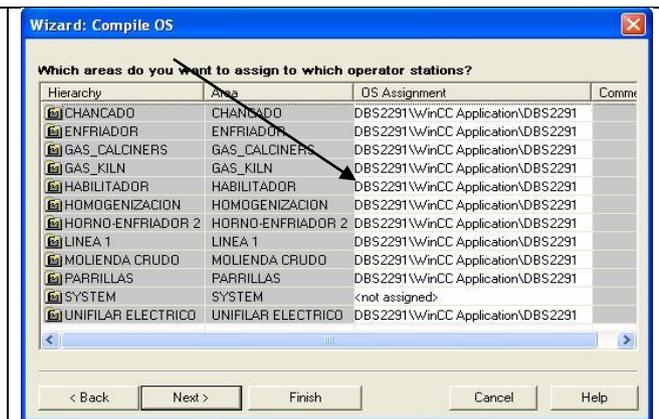
Iniciar SIMATIC Manager:
 1. Ir al multiproyecto.
 2. Ubicarse en el OS-SVR1 para compilar los servidores 1 y 2 o en el OS-SVR2 para compilar los servidores 4 y 5.



Después de seleccionar Compile, aparecerá la siguiente ventana.



Click a Next.



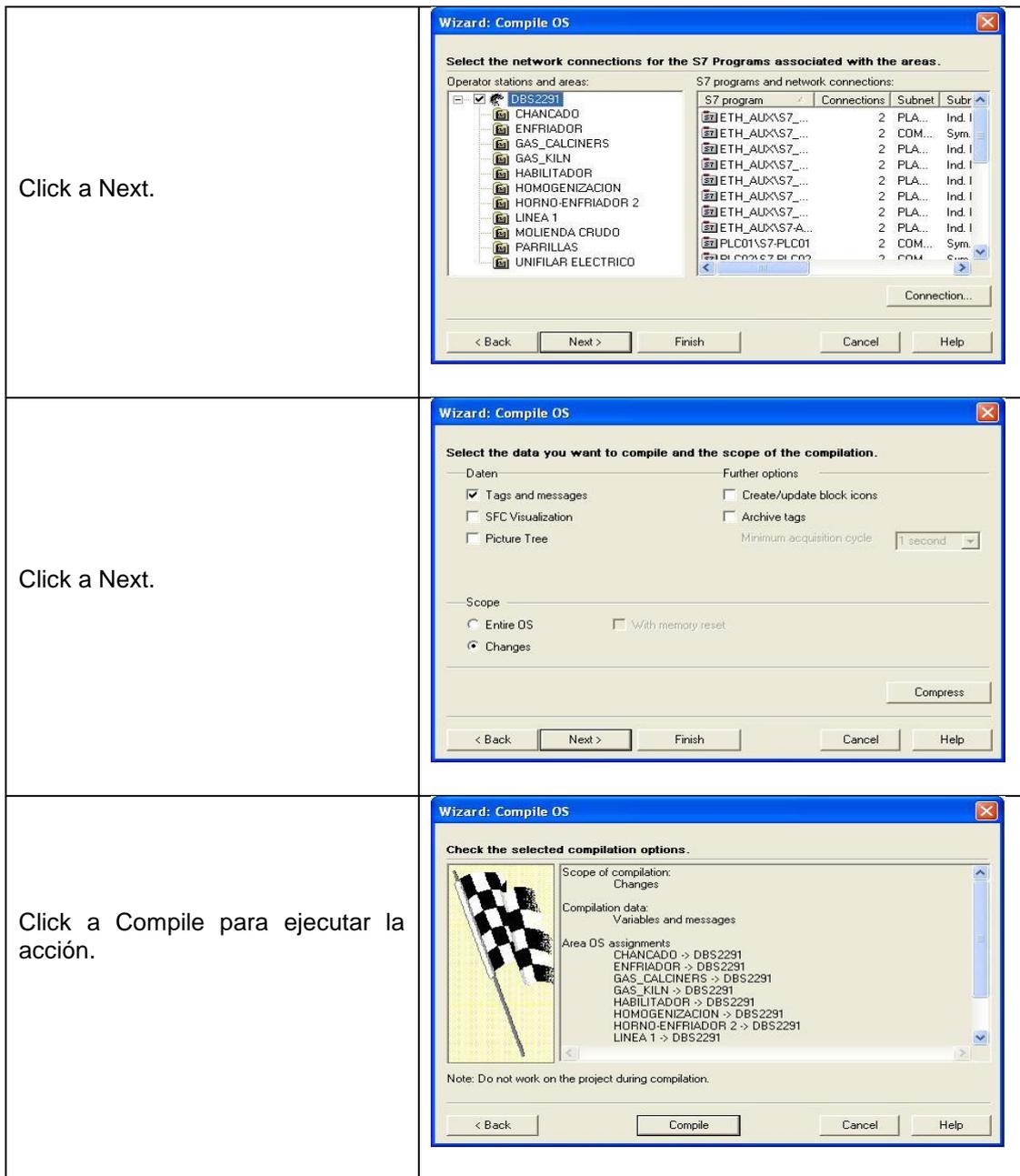


Figura 119. Procedimiento para compilar los servidores
Fuente: CMIT Ingenieros.

Una vez concluida la compilación, aparecerá un mensaje que la “compilación ha sido realizada satisfactoriamente.

3.2.5.2. Procedimiento para descargar los servidores desde la estación de ingeniería

Desde la estación de ingeniería se puede acceder a la pantalla de los 04 servidores mediante la combinación de las siguientes teclas:

02 veces Scroll + 01 = Servidor 01.

02 veces Scroll + 02 = Servidor 02.

02 veces Scroll + 03 = Estación de Ingeniería.

02 veces Scroll + 04 = Servidor 04.

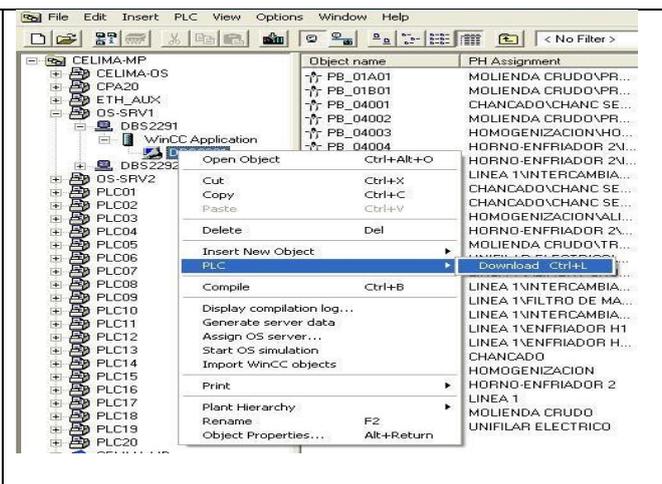
02 veces Scroll + 05 = Servidor 05.

En el cliente, se verifica el modo de trabajo de los 2 servidores.



Es recomendable empezar la descarga por el servidor que trabaja como StandBy. En este caso el servidor DBS2291. Ubicamos el servidor mediante la combinación de las teclas y cerramos el RUNTIME y reiniciamos la PC del servidor.

Regresamos a la pantalla de la estación, click derecho en la opción PLC y luego DOWNLOAD, como muestra la figura.



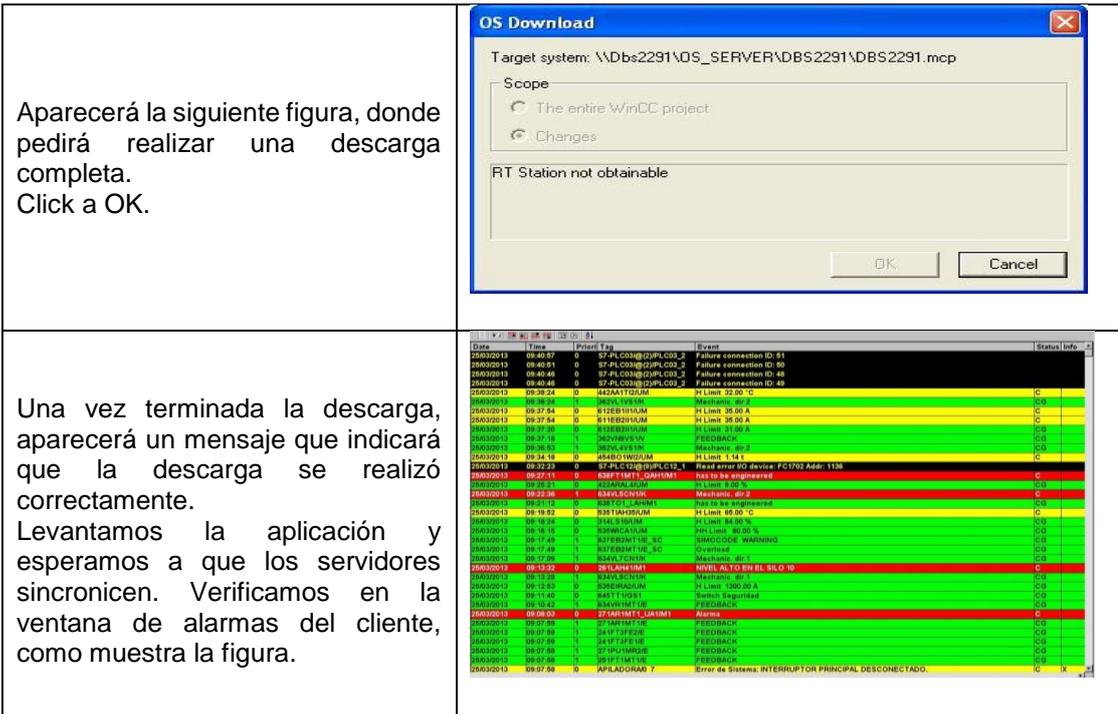


Figura 120. Procedimiento para descargar los servidores
Fuente: CMIT Ingenieros.

Una vez verificado la conexión y la sincronización de ambos servidores, procede a realizar la descarga del otro servidor repitiendo los pasos.

3.2.6. SISTEMA SCADA

El sistema de control, supervisión y registro SCADA CEMAT de la plataforma SIEMENS existente en la planta de Cemento UNACEM, es una filosofía de control que integra todas las variables del proceso.

Realizar una descarga completa de los servidores nos permite visualizar los variables (tags) creados que necesitamos para operar con los nuevos datos. Para verificar las nuevas variables (tags), se realizó lo siguiente:

<p>Ubicamos el servidor donde se encuentra las variables y las pantallas.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ir al multiproyecto. 2. Ubicarse en el OS-SRV2. 3. Click en el servidor DBS2294. 4. Click de WinCC Application. 5. Click derecho en la imagen DBS2294. 6. Seleccionamos Open Object, para abrir el WinccExplorer. 	
<p>En el WinCC Explorer:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ir a Tag Management. 2. Click en SIMATIC S7 PROTOCOL SUITE. 	
<p>Ubicarse en Named Connections. Seleccionamos un PLC (PLC donde se realizó la nueva programación) de la lista.</p>	
<p>Verificamos en la lista de variables internas (tag), del PLC, los nuevos tag creados a partir de la nueva programación.</p>	

Figura 121. Procedimiento para verificar nuevas variables (Tags)
Fuente: CMIT Ingenieros.

Para modificar las pantallas, se realizó lo siguiente:

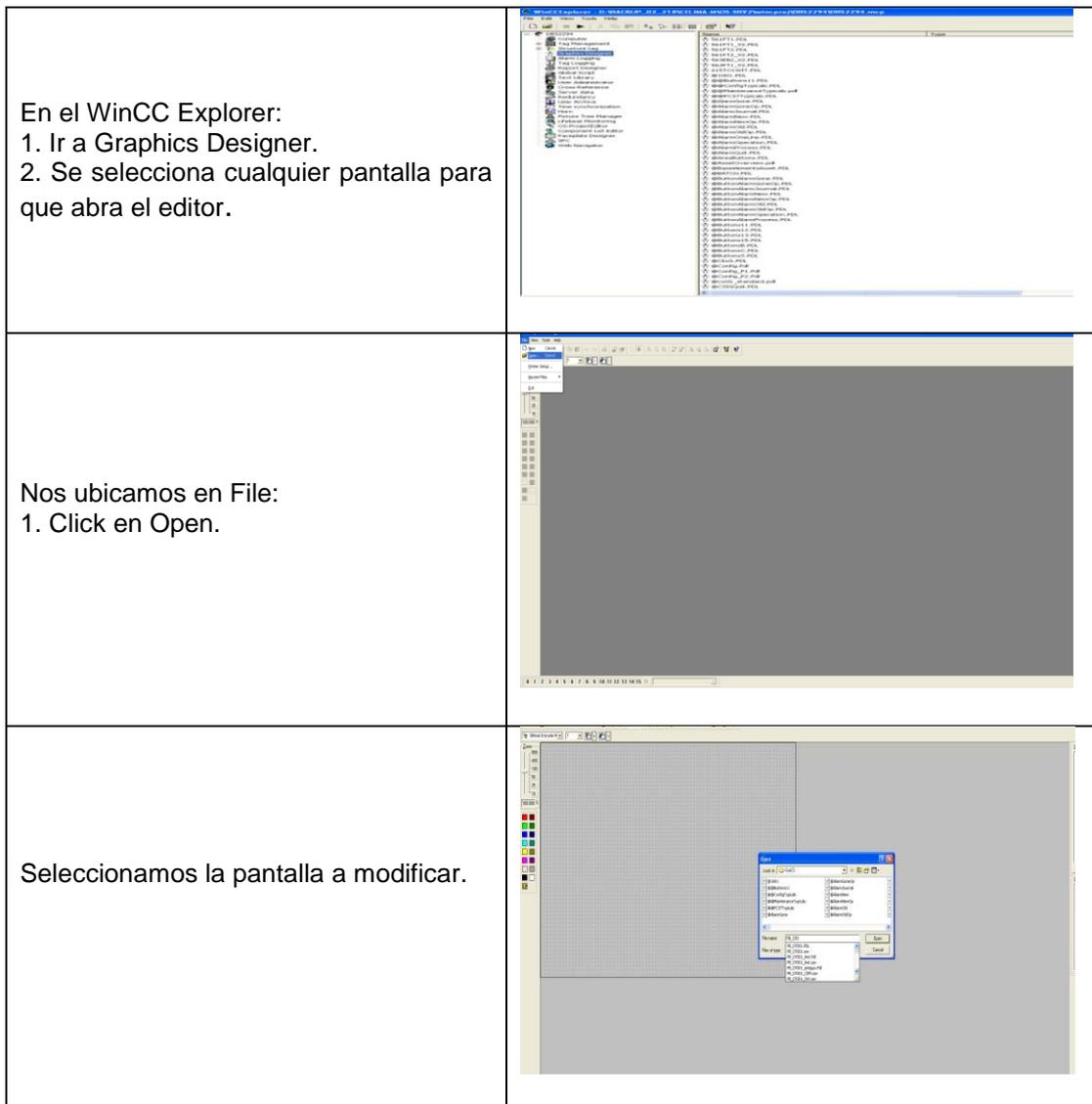


Figura 122. Procedimiento para modificar las pantallas
Fuente: CMIT Ingenieros.

3.2.7. DISEÑO Y MODIFICACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Para la integración del nuevo sistema de transporte de cemento al sistema SCADA en la Línea 2 de la empresa UNACEM, se modificó varias pantallas y se generó otras para el comando de operación.

3.2.7.1. Diseño y modificación en el sistema de transporte de cemento

Se diseñó un nuevo modo de operación para el sistema de transporte de cemento.

El operador tiene que identificar las rutas de transporte de cada prensa de rodillo y el destino de alimentación (fajas transportadoras y tolvas). A través de un TextList de todas las rutas identificadas, elegirá la ruta requerida y el tipo de cemento y arrancará los dispositivos con el comando del grupo de alimentación.

Para el diseño se tiene en cuenta lo siguiente:

- Prensas de rodillo.
- Grupo de alimentación.
- TextList de rutas.
- TextList de tipos de cemento.
- Matriz de rutas maestras.
- Matriz de rutas esclavas.

En la Figura 123 se muestra la pantalla general del Sistema de Transporte de Cemento, antes de modificarla. Muestra de forma general los dispositivos involucrados en este proceso, donde se puede acceder a cada uno de ellos dando click en la miniatura, donde se abrirá su faceplate.

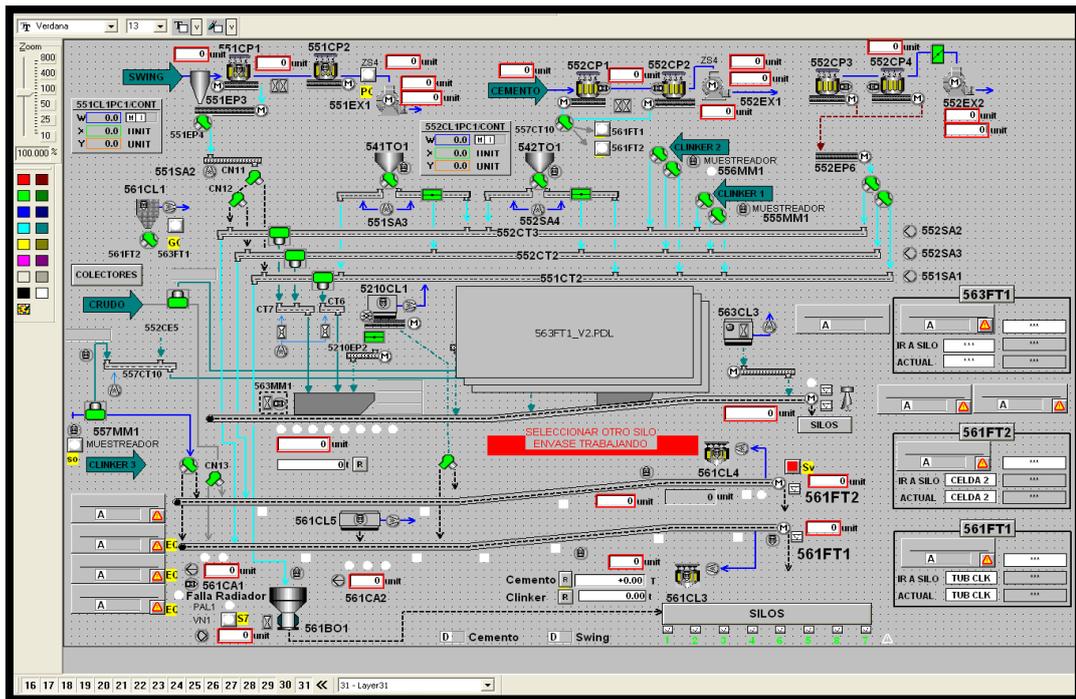


Figura 123. Pantalla antigua principal de transporte de cemento
Fuente: UNACEM.

Se creó un comando de operación (figura 124), que al hacer click nos abra un cajetín donde se ubique las prensas de rodillo, las rutas y su destino.

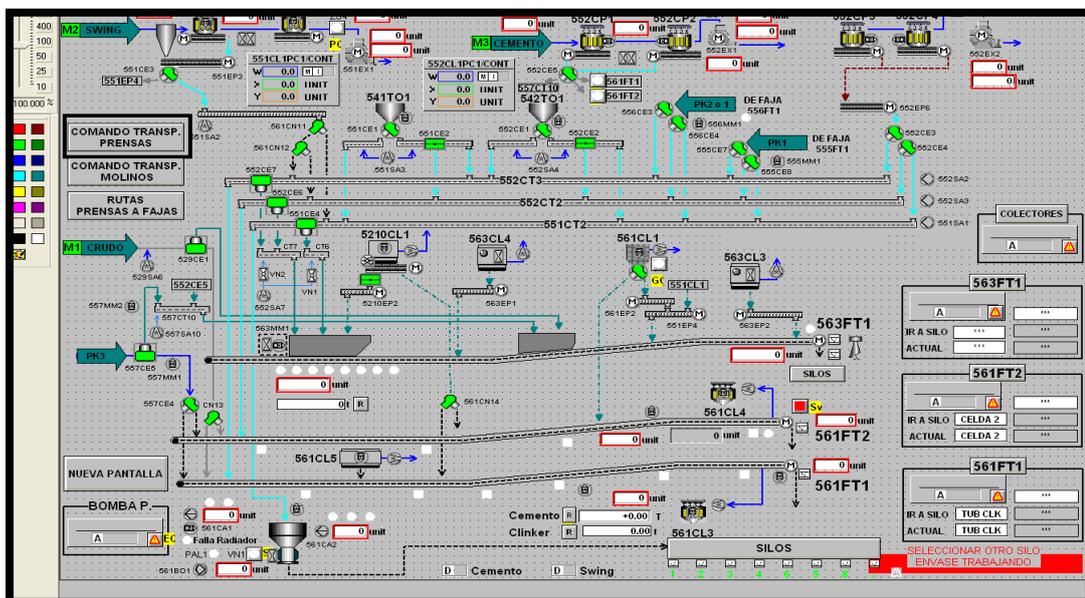


Figura 124. Pantalla antigua principal de transporte de cemento – Comando de operación
Fuente: UNACEM.

Se configuró la animación de comando de operación, al hacer click nos abra el cajetín. En la Figura 125 se muestra la configuración realizada para la animación del comando de operación.

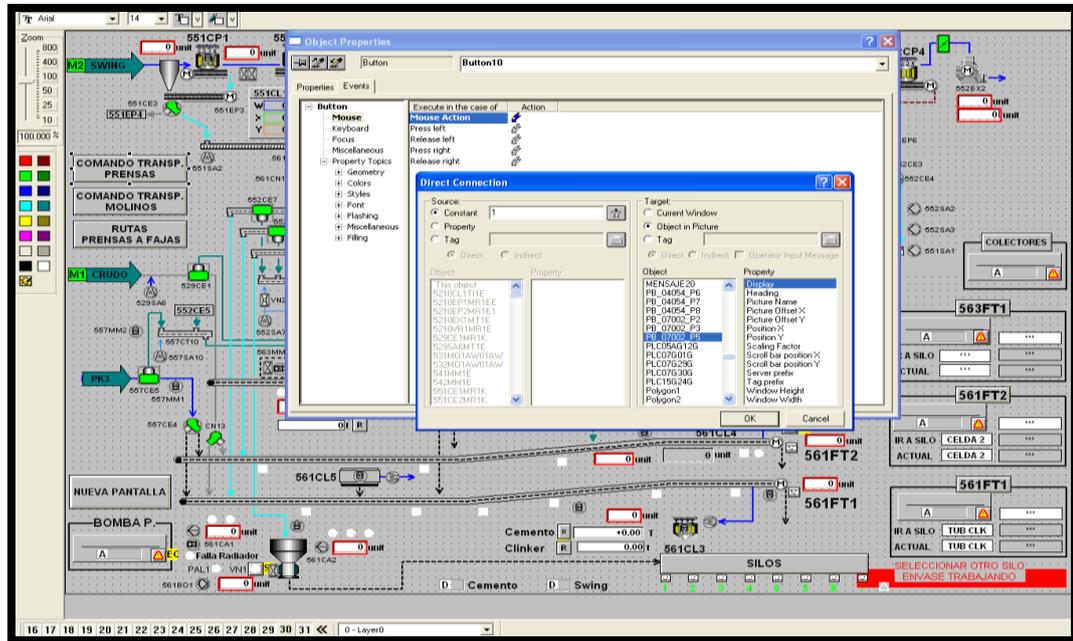


Figura 125. Configuración del comando de operación – Vista del editor
Fuente: UNACEM.

El nuevo efecto permitirá abrir el cajetín de operación con un solo click.

Se diseñó un cajetín donde el operador puede visualizar la prensa de rodillo y sus rutas de transporte, el grupo de alimentación, el tipo de cemento y un efecto cuando la ruta se completó.

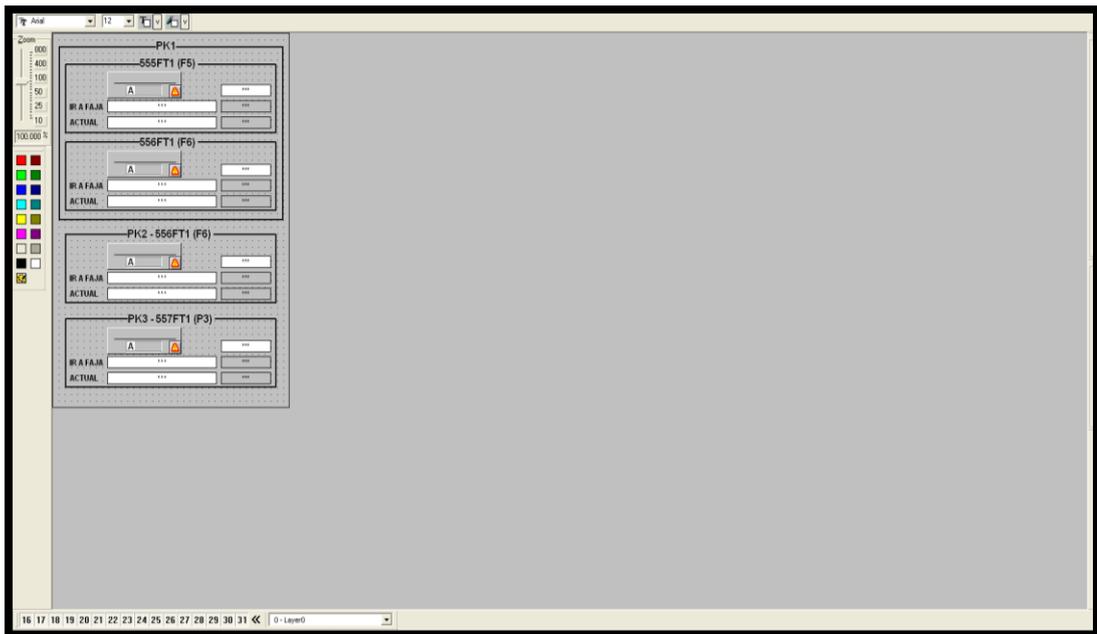
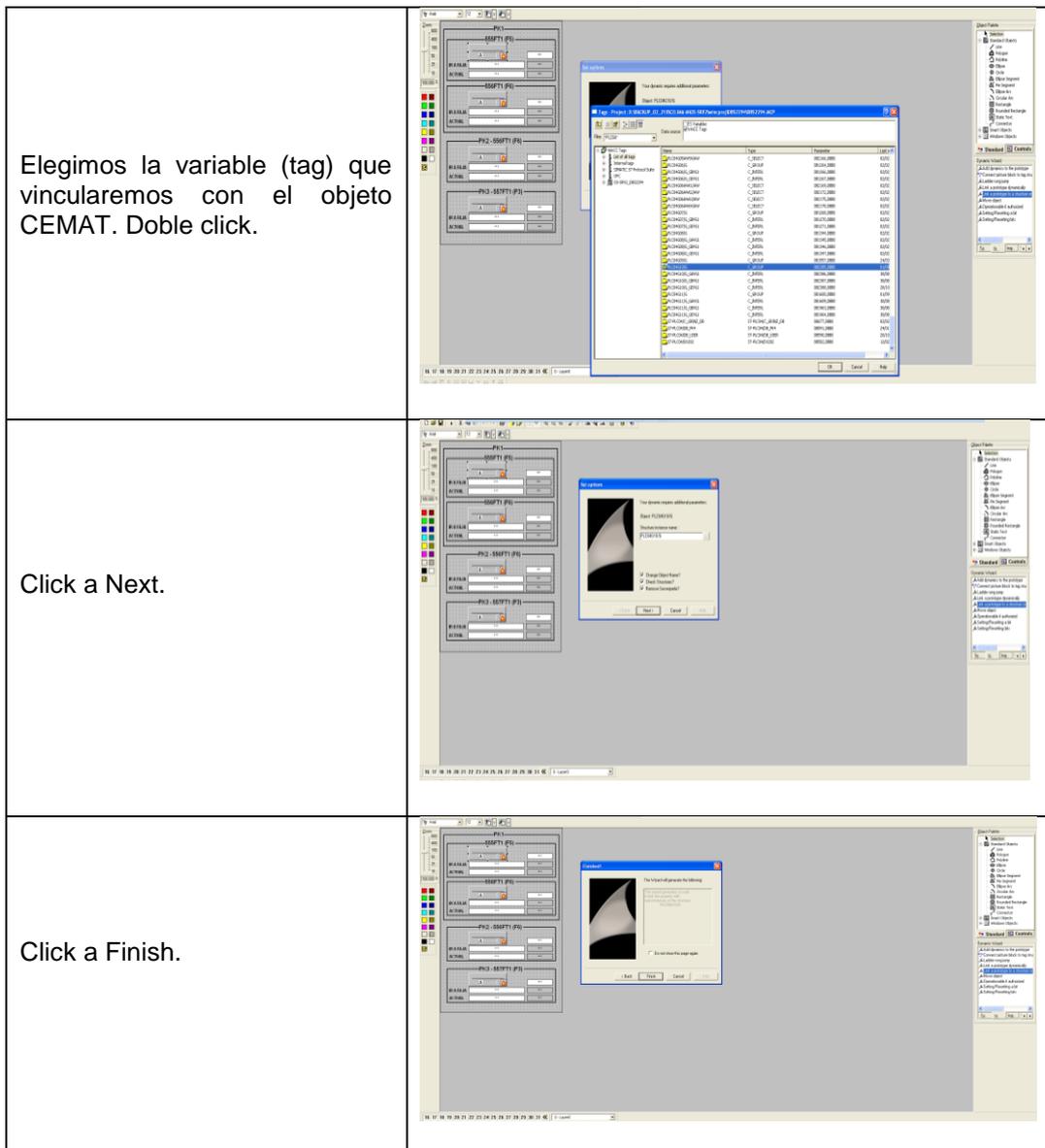


Figura 126. Cajetín de operación – Vista del editor
Fuente: UNACEM.

Para la configuración y asignación de los tags en los objetos CEMAT del SCADA, se realizó lo siguiente:

<p>Ubicamos el objeto CEMAT que vamos a asignar, en la parte derecha de la pantalla del editor. Nos dirigimos a la pantalla Dynamic Wizard.</p>	
<p>En la pantalla Dynamic Wizard: 1. Standard Dynamics. 2. Doble click a la opción Link a prototype to a structure or rename an existing link.</p>	



Elegimos la variable (tag) que vincularemos con el objeto CEMAT. Doble click.

Click a Next.

Click a Finish.

Figura 127. Configuración y asignación de los tags en el Scada
Fuente: CMIT Ingenieros.

De esta forma se asignó la nueva variable al objeto CEMAT del SCADA.

Se realizó este paso con todos los objetos que usaremos para esta etapa.

Para que el operador pueda identificar y visualizar las rutas de una determinada prensa de clinker se configuró los TextList de cada prensa.

3.2.7.1.1. Diseño del TextList de selección de rutas

A través de la identificación de los datos usados en la programación del combobox de la prensa de clinker 1 para las rutas. Se identificó las variables usadas en el bloque de datos DB590 (figura 128).

Address	Variable Name	Data Type	Value	Description
+292.0	DATA146	DWORD	DW#16#0	
+296.0	DATA148	DWORD	DW#16#0	
+300.0	DATA150	DWORD	DW#16#0	
+304.0	DATA152	DWORD	DW#16#0	
+308.0	DATA154	DWORD	DW#16#0	
+312.0	DATA156	DWORD	DW#16#0	
+316.0	DATA158	DWORD	DW#16#0	
+320.0	DATA160	DWORD	DW#16#0	
+324.0	DATA162	DWORD	DW#16#0	
+328.0	DATA164	DWORD	DW#16#0	
+332.0	DATA166	DWORD	DW#16#0	
+336.0	DATA168	DWORD	DW#16#0	
+340.0	DATA170	DWORD	DW#16#0	
+344.0	DATA172	DWORD	DW#16#0	
+348.0	DATA174	INT	0	TEXTLIST SEL S5SPT1 A FAJAS DESTINO PK1
+350.0	DATA175	INT	0	TEXTLIST SEL S5SPT1 A FAJAS DESTINO PK1
+352.0	DATA176	INT	0	TIPO DE MAT S5SPT1 A FAJAS DESTINO PK1
+354.0	DATA177	INT	0	TIPO DE MAT S5SPT1 A FAJAS DESTINO PK1
+356.0	DATA178	INT	0	PK1 - TEXTLIST TIPO DE CEMENTO A PRODUCCION PK1 (NUEVO)
+358.0	DATA179	INT	0	PK1 - IR A FAJA (NUEVO)
+360.0	DATA180	INT	0	PK1 - FAJA ACTUAL (NUEVO)
+362.0	DATA181	INT	0	PK1 - ETIQUETA TIPO DE CEMENTO - IR A FAJA (NUEVO)
+364.0	DATA182	INT	0	PK1 - ETIQUETA TIPO DE CEMENTO - FAJA ACTUAL (NUEVO)
+366.0	DATA183	INT	0	
+368.0	DATA184	INT	0	
+370.0	DATA185	INT	0	
+372.0	DATA186	INT	0	
+374.0	DATA187	INT	0	
+376.0	DATA188	INT	0	
+378.0	DATA189	INT	0	
+380.0	DATA190	INT	0	
+382.0	DATA191	INT	0	
+384.0	DATA192	INT	0	
+386.0	DATA193	INT	0	
+388.0	DATA194	INT	0	
+390.0	DATA195	INT	0	
+392.0	DATA196	INT	0	
+394.0	DATA197	INT	0	
+396.0	DATA198	INT	0	
+398.0	DATA199	INT	0	
+400.0	DATA200	INT	0	
+402.0	DATA201	INT	0	
+404.0	DATA202	INT	0	
+406.0	DATA203	INT	0	
+408.0	DATA204	INT	0	
+410.0	DATA205	INT	0	
+412.0	DATA206	INT	0	
+414.0	DATA207	INT	0	

Figura 128. DB_USER / Bloque de datos DB590
Fuente: UNACEM.

La configuración de un TextList se realiza a través de la pantalla de propiedades. En la Figura 129 se muestra la opción para entrar a las propiedades del TextList.

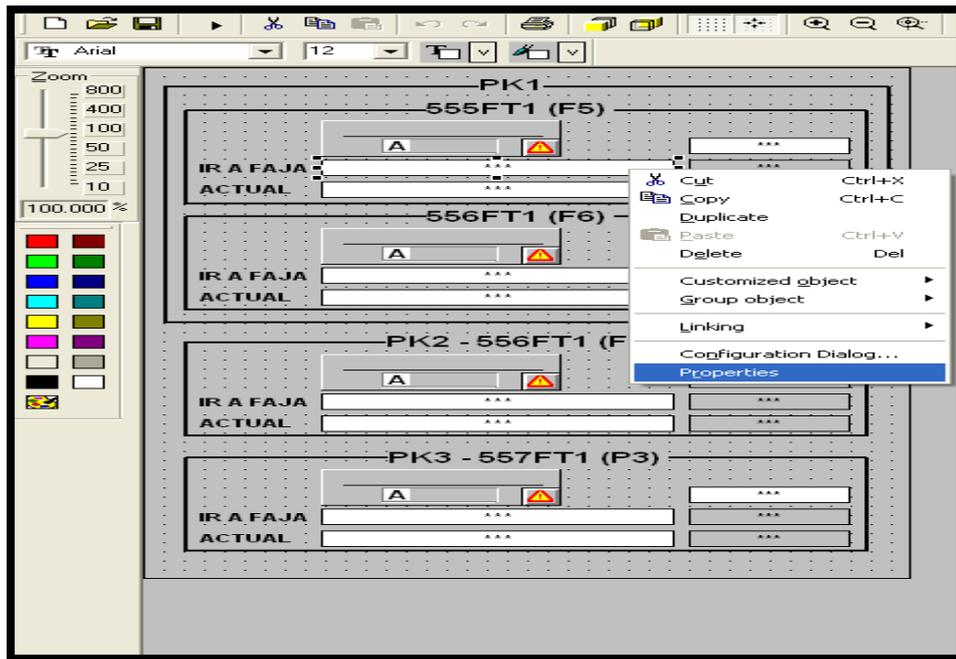


Figura 129. Opción de propiedades del TextList – Vista del editor
Fuente: UNACEM.

La pantalla de propiedades permite configurar Eventos y Propiedades del objeto al uso requerido del editor. En la Figura 130 se muestra la pantalla de propiedades del TextList de la prensa de clinker 1.

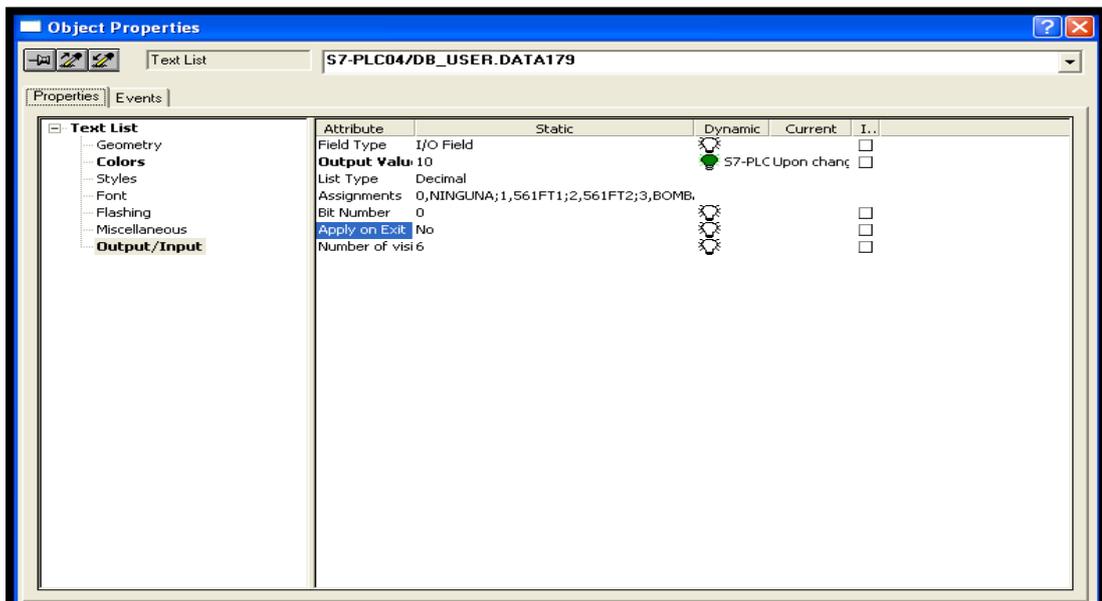


Figura 130. Pantalla de propiedades del TextList
Fuente: UNACEM.

En la opción TextList Assignments, se agregó las rutas identificadas de la prensa de clinker 1 (figura 62).

- F5F1 = 1, 561FT1.
- F5F2 = 2, 561FT2.
- F5B0 = 3, BOMBA_P.
- F5F31 = 4, 563FT1_VIA_552CT3.
- F5F32 = 5, 563FT1_VIA_552CT2.
- F5F33 = 6, 563FT1_VIA_551CT2.
- F5M1 = 7, TOLVA_529TO1_M1.
- F5M2 = 8, TOLVA_527TO1_M2.

El nombre de cada ruta fue asignado por el modo de operación del operador. En la Figura 131 se muestra la configuración en el TextList Assignments.

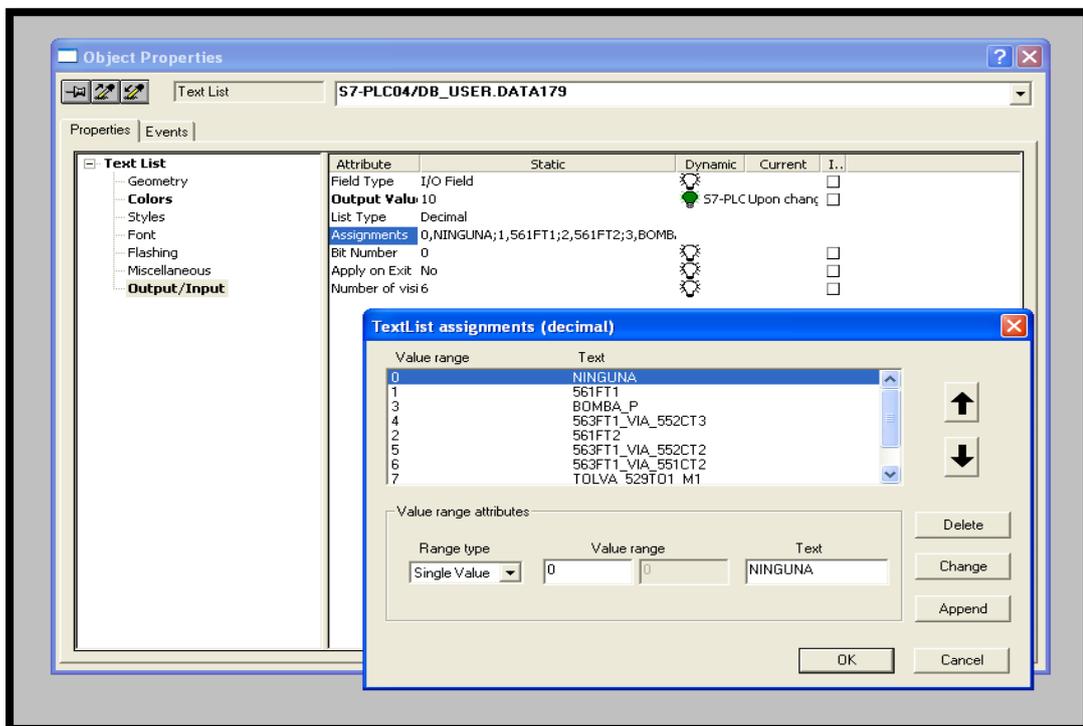


Figura 131. Configuración del TextList Assignments de selección de rutas
Fuente: UNACEM.

Para el efecto del TextList cuando la ruta se encuentre totalmente arrancada (color verde) y cuando la ruta este interlockeada por sus condiciones de operación (color rojo), este efecto se configuró en la opción **Colors**. En la Figura 132 se muestra la opción Background Color.

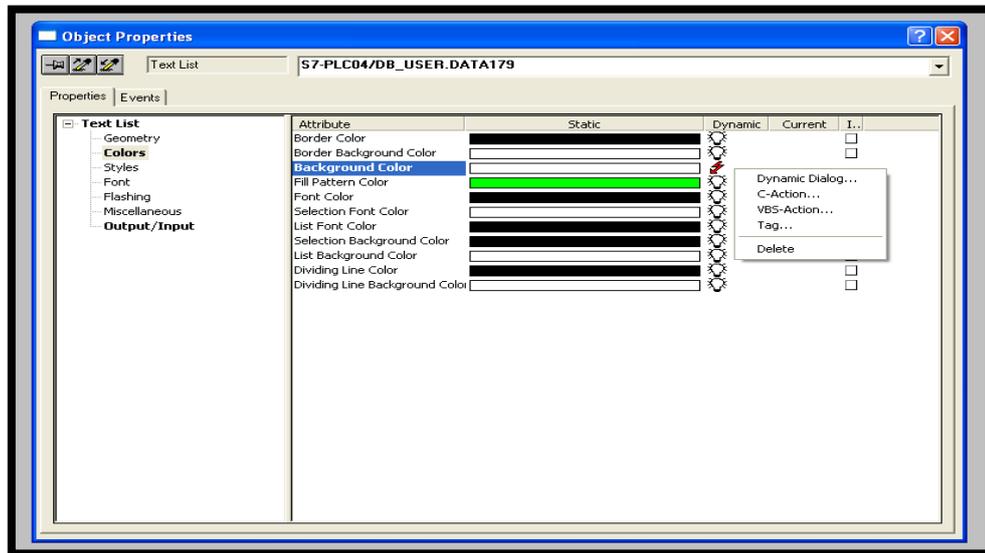


Figura 132. Pantalla Colors de las propiedades del TextList
Fuente: UNACEM.

Al seleccionar la opción **Dynamic Dialog**, se configuró el efecto de color verde y rojo a través del byte de lectura del dato asignado.

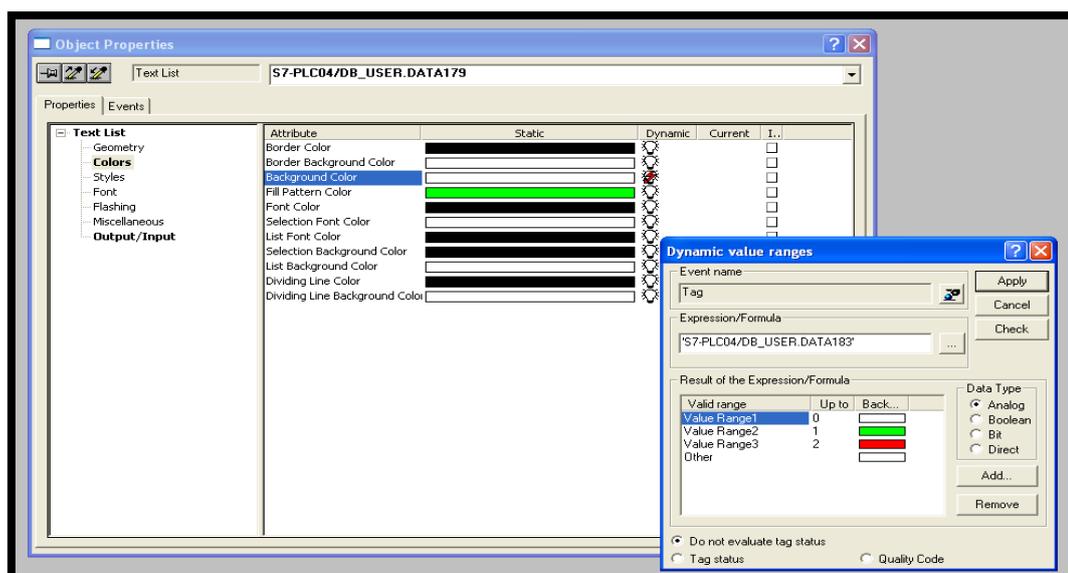


Figura 133. Configuración del efecto de color del TextList
Fuente: UNACEM.

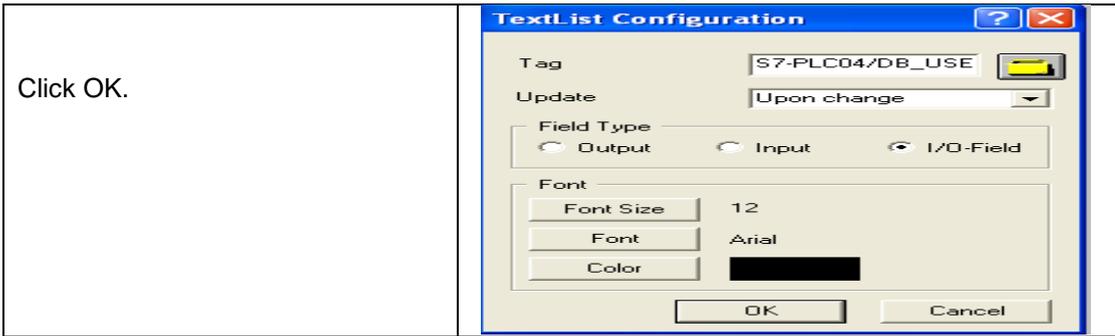
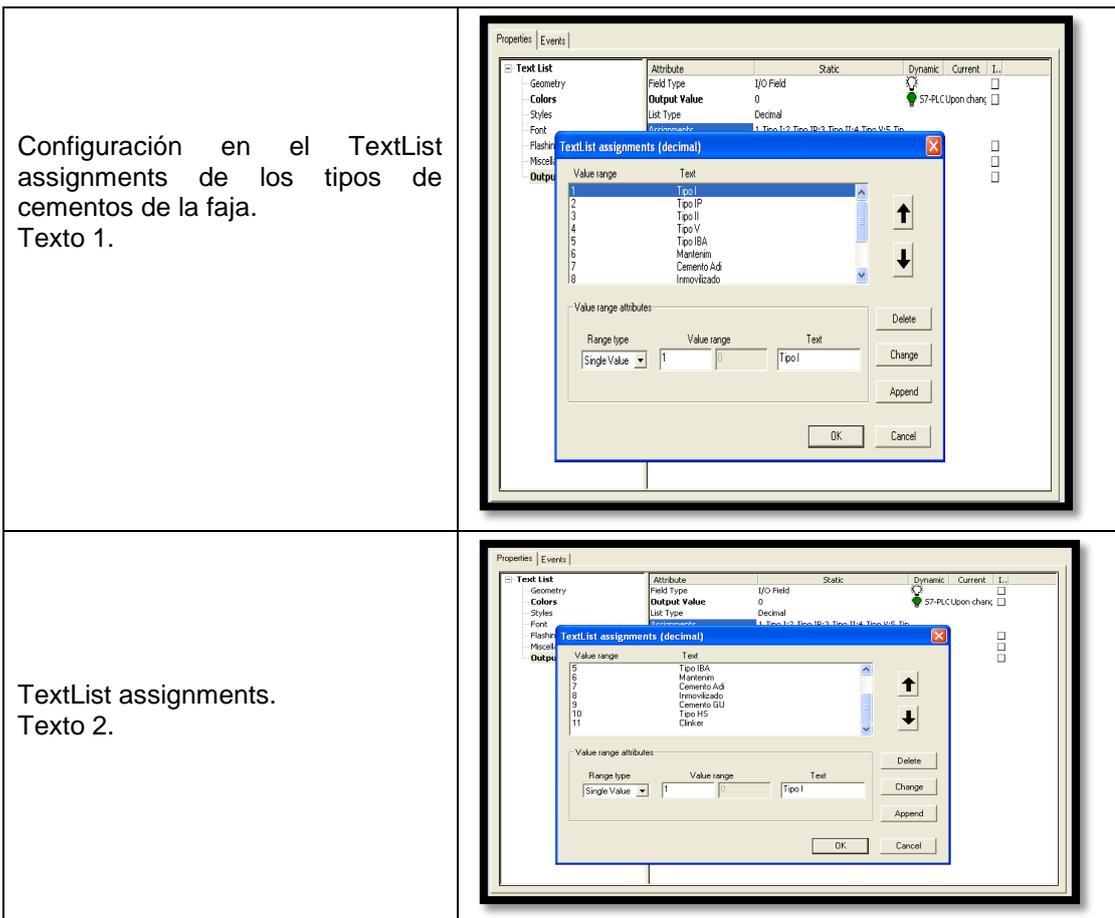


Figura 134. Procedimiento para la asignación del dato variable al TextList
Fuente: CMIT Ingenieros.

3.2.7.1.2. Diseño del TextList del tipo de cemento de la faja

En la opción TextList Assignments, se agregó los tipos de cemento que fabrican actualmente.



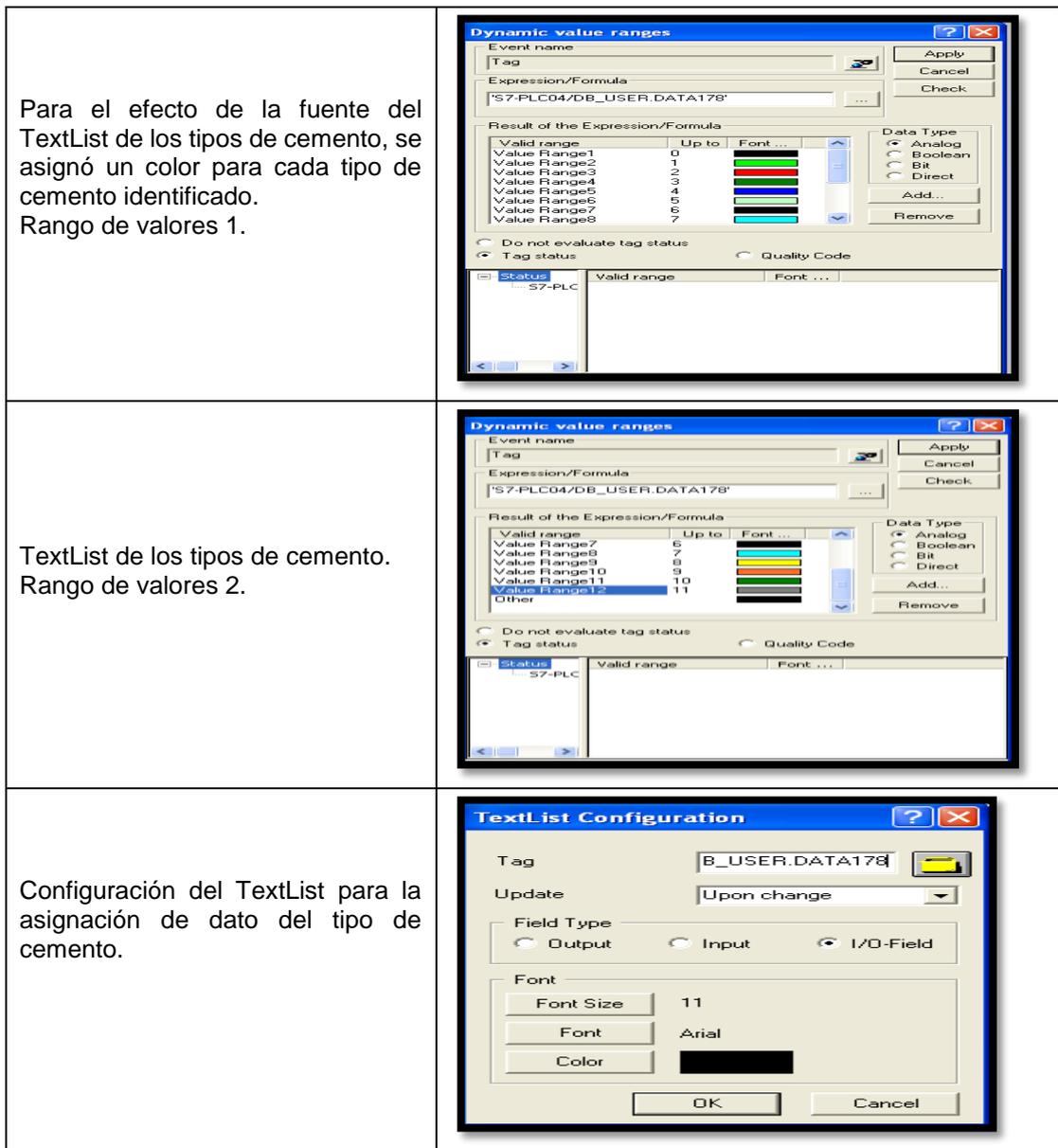


Figura 135. Configuración de los tipos de cements en el TextList
Fuente: CMIT Ingenieros.

El procedimiento se realiza para las otras prensas de rodillo (prensa de clinker 2 y 3).

3.2.7.1.3. Diseño de matriz de rutas de transporte de cemento

La idea de desarrollar una matriz de rutas de transporte de cemento de todas las prensas de rodillo y sus rutas, es que el operador pueda contemplar

el modo de operación de cada ruta. El modo de operación es visualizado en el faceplate de la ruta a través del SCADA. En la Figura 136 se muestra la matriz de las rutas del proceso de transporte de cemento.

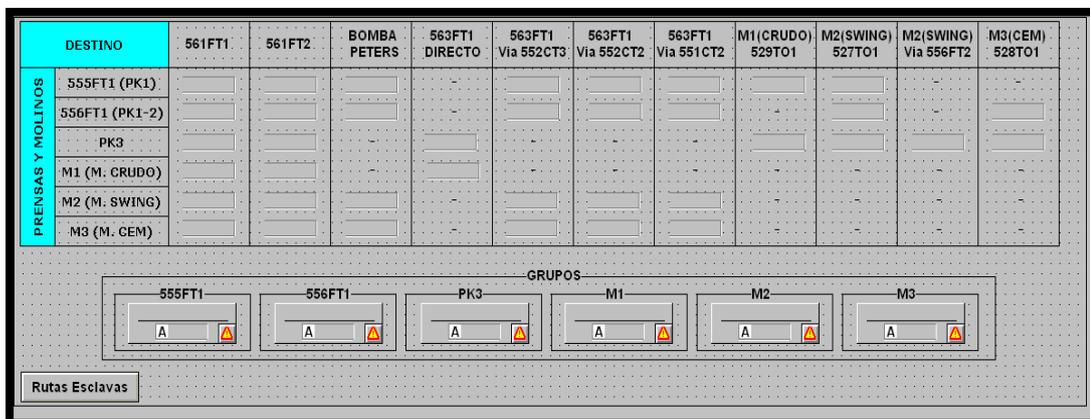


Figura 136. Matriz de rutas de transporte de cemento
Fuente: UNACEM.

Se desarrolló la matriz de rutas esclavas con el mismo objetivo. La Figura 137 muestra la matriz de rutas esclavas.

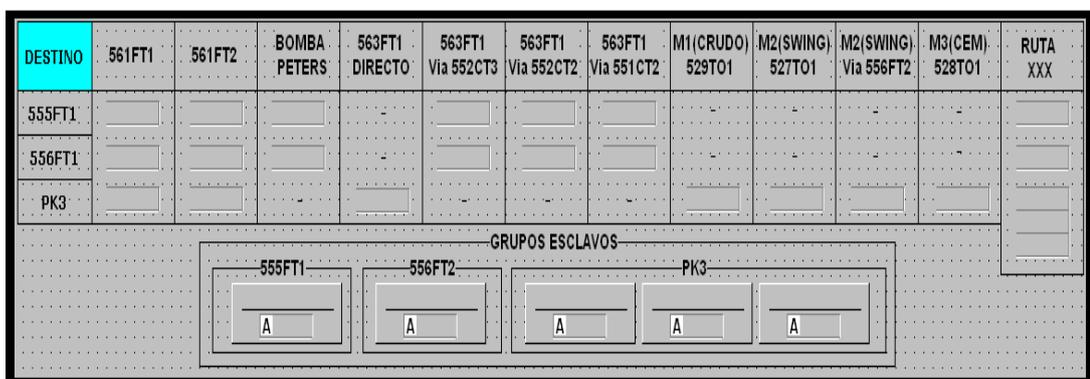


Figura 137. Matriz de rutas esclavas de transporte de cemento
Fuente: UNACEM.

En la Figura 138 se muestra la pantalla principal modificada de transporte de cemento.

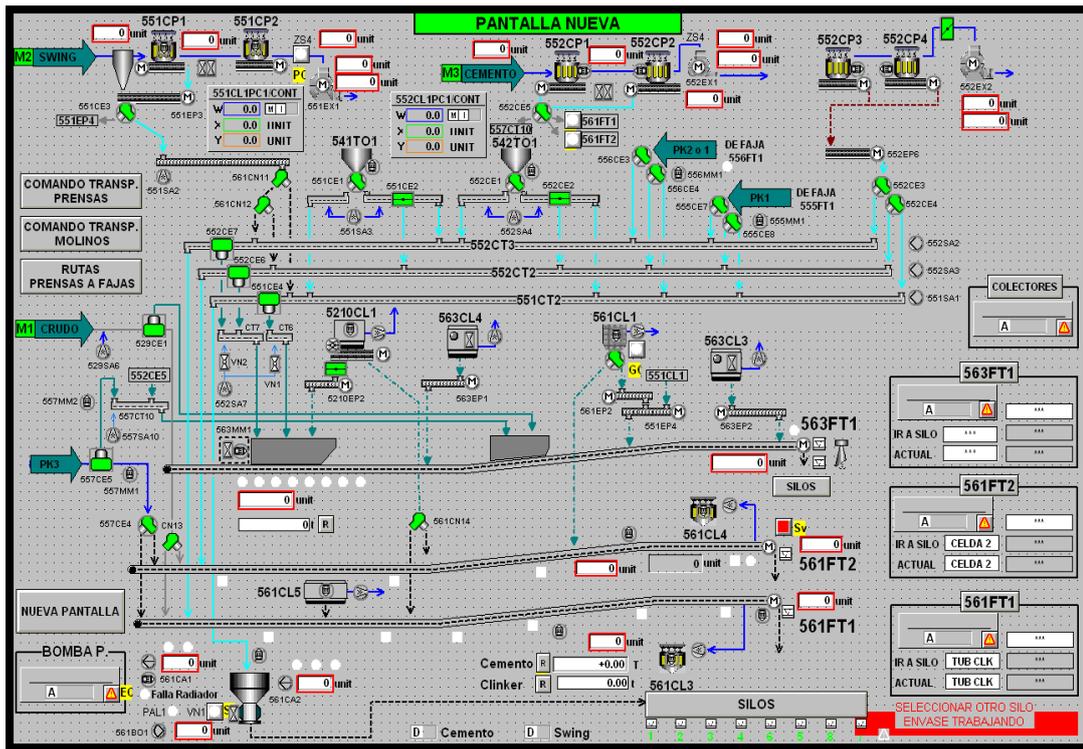


Figura 138. Pantalla actual principal de transporte de cemento
Fuente: UNACEM.

3.2.7.2. Diseño y modificación en el sistema de transporte de materia prima

Se diseñó un nuevo modo de operación para el sistema de transporte de materia prima.

El operador tiene que identificar las balanzas dosificadoras y el destino de alimentación (prensas de rodillo). A través de un TextList de todas las rutas identificadas, elegirá la ruta requerida y arrancará los dispositivos con el comando del grupo de alimentación.

Para el diseño se tiene en cuenta lo siguiente:

- Balanzas dosificadoras.
- Grupo de alimentación.
- TextList de rutas.
- Matriz de rutas.

La Figura 46, 47 y 48 muestra las pantallas principales de las prensas de clinker 1, 2 y 3 antes de modificarla.

3.2.7.2.1. Diseño del TextList de selección de rutas de las balanzas de la prensa de clinker 1

Se creó un comando de operación (figura 139) para la selección de balanzas, que al hacer click abra un cajetín donde se ubique las prensas de rodillo, las rutas y el grupo de alimentación.

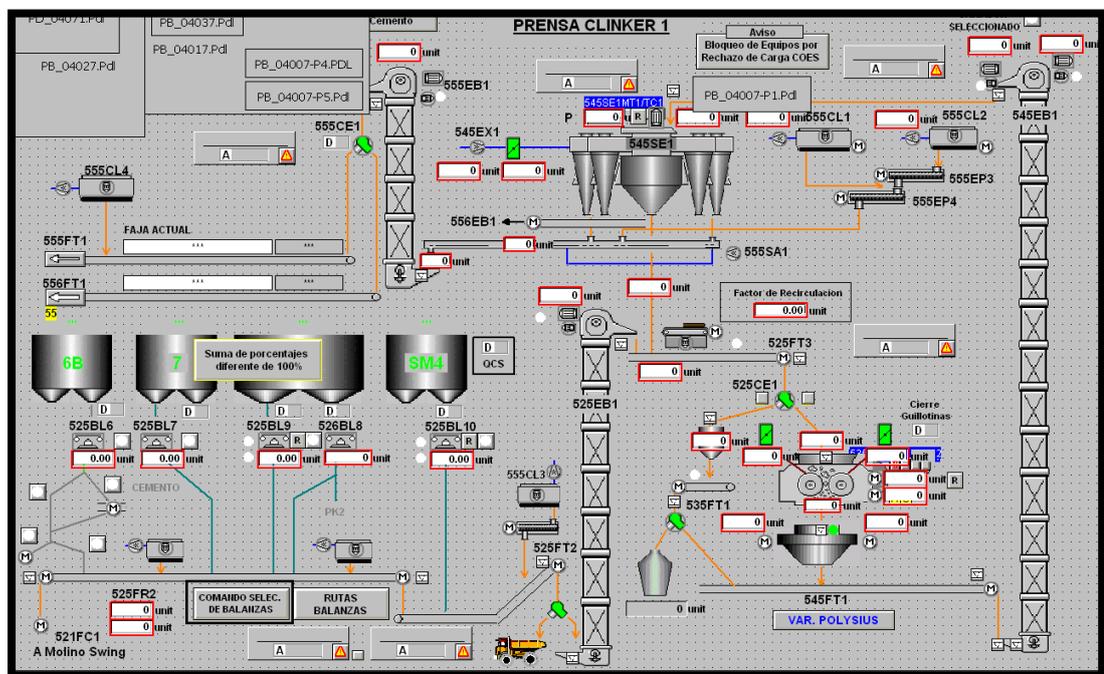


Figura 139. Pantalla antigua principal de transporte de la prensa de clinker 1
Fuente: UNACEM.

Se diseñó un cajetín donde el operador puede visualizar la balanza y sus rutas de transporte, el grupo de alimentación y un efecto cuando se selecciona la balanza.

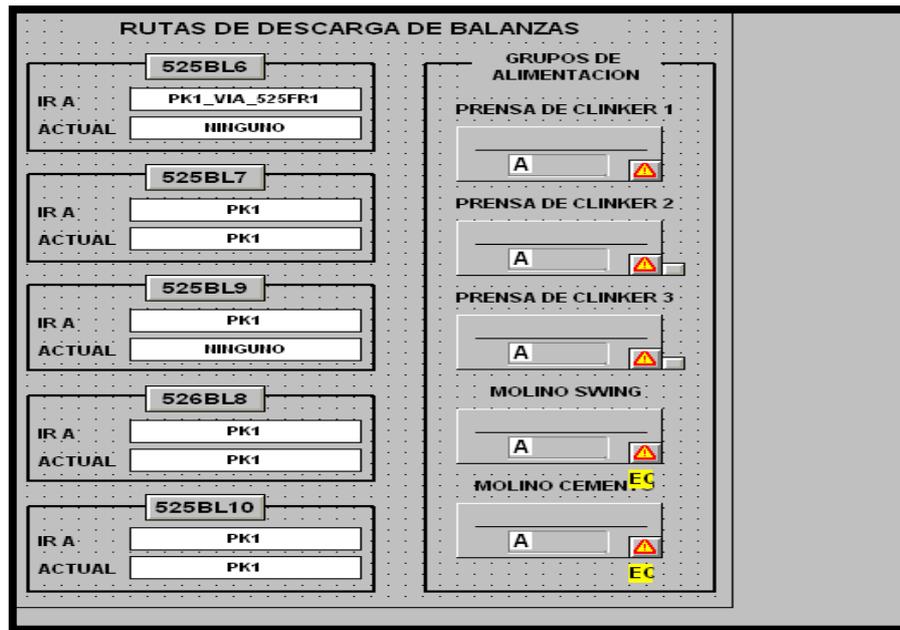


Figura 140. Cajetín de rutas de transporte de balanzas PK1
Fuente: UNACEM.

Se realizó las siguientes configuraciones para el diseño y el efecto del TextList.

<p>Configuración del TextList Assignments: En la opción TextList Assignments, se agregó las rutas de transporte identificadas de la balanza. Ejemplo: Balanza 525BL6.</p> <p>Este procedimiento se realizó para las otras rutas de las balanzas.</p>	
<p>Configuración del efecto de color del TextList: Se configuró el TextList para el efecto de color verde cuando la ruta está totalmente arrancada.</p> <p>Este procedimiento se realizó para las otras rutas de las balanzas.</p>	

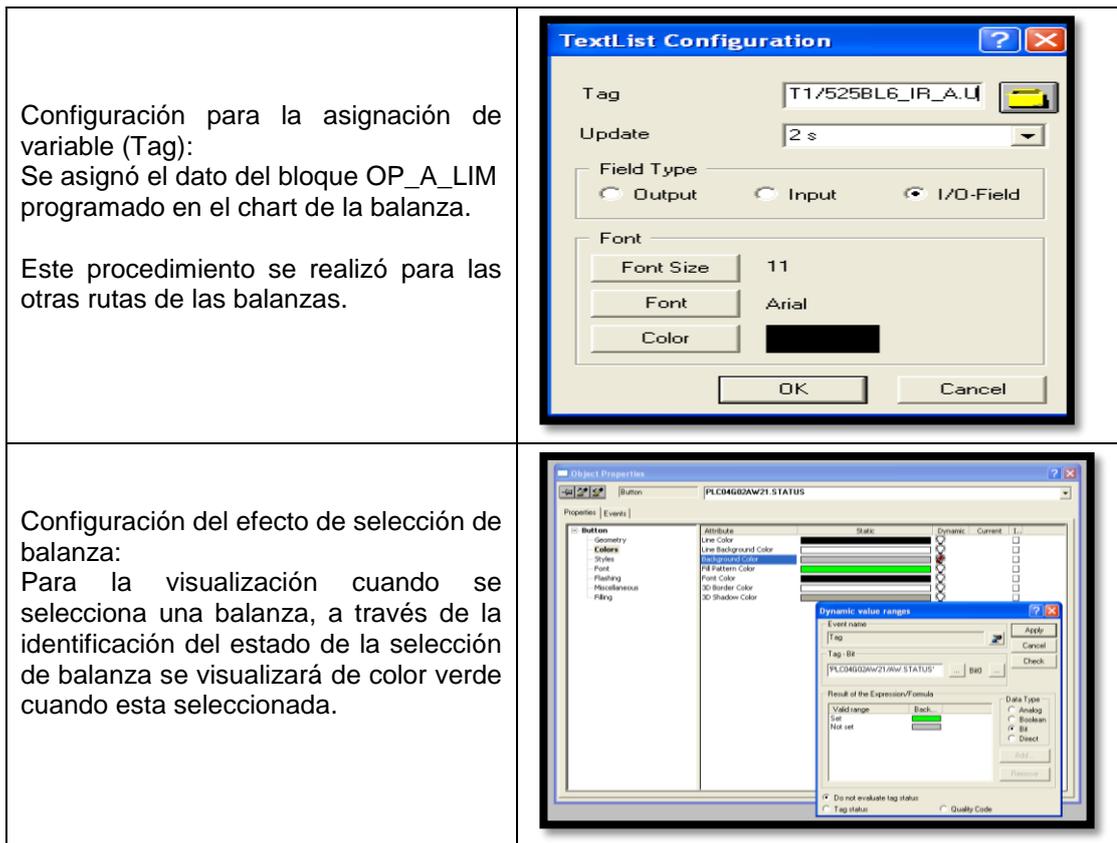


Figura 141. Procedimiento para diseño y efecto de colores en el TextList
Fuente: CMIT Ingenieros.

3.2.7.2.1.1. Diseño de matriz de rutas de la prensa de clinker 1

La idea de desarrollar una matriz de rutas de transporte de las balanzas dosificadoras ubicadas en la prensa de clinker 1, es que el operador pueda contemplar el modo de operación de cada ruta. El modo de operación es visualizado en el faceplate de la ruta a través del SCADA. En la Figura 142 se muestra la matriz de las rutas del proceso de transporte de cemento.

SELECCION RUTAS DE DESCARGA DE BALANZAS				
BALANZA	PK1_1	PK1_2	M.SWING_1	M.SWING_2
525BL6	M.SWING_3	M.CEM_1	M.CEM_2	
BALANZA	PK1	M.SWING		
525BL7				
BALANZA	PK1	PK2	M.SWING	M.CEM
526BL8				
BALANZA	PK1	M.SWING		
525BL9				
BALANZA	PK1			
525BL10				

Figura 142. Matriz de rutas de las balanzas ubicadas en la PK1
Fuente: UNACEM.

En la Figura 143 se muestra la pantalla principal de la prensa de clinker 1 modificada.

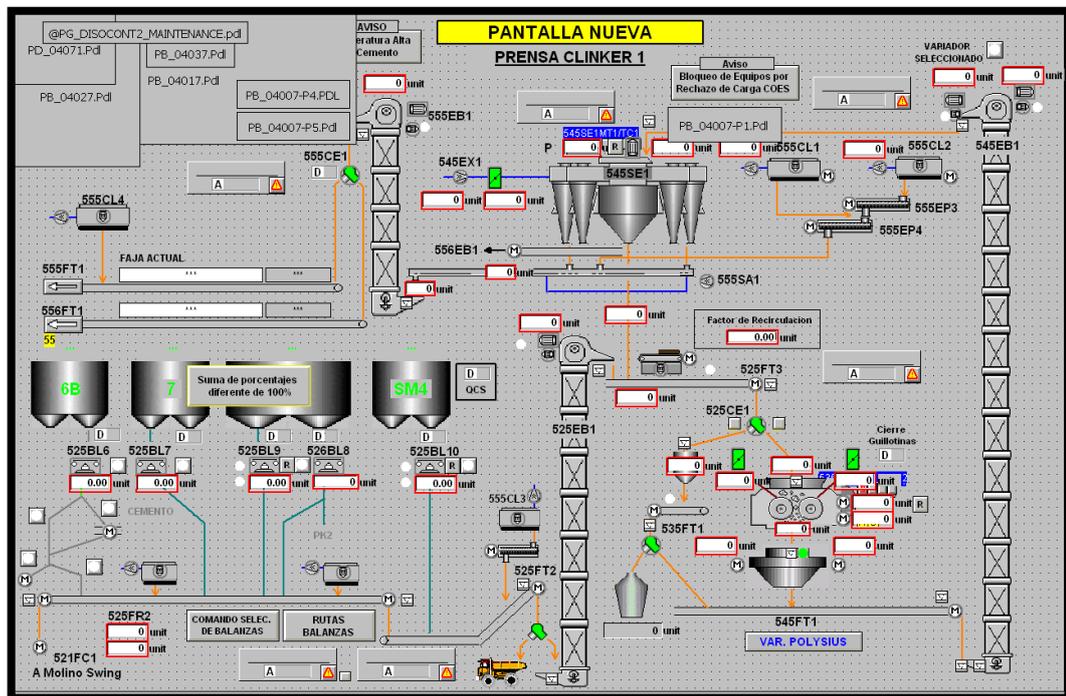


Figura 143. Pantalla principal de la prensa de clinker 1 modificada
Fuente: UNACEM.

3.2.7.2.2. Diseño del TextList de selección de rutas de las balanzas de la prensa de clinker 2

Se diseñó un cajetín donde el operador puede visualizar la balanza y sus rutas de transporte, el grupo de alimentación y un efecto cuando se selecciona la balanza. En la Figura 144 se muestra el cajetín desarrollado para la prensa de clinker 2.

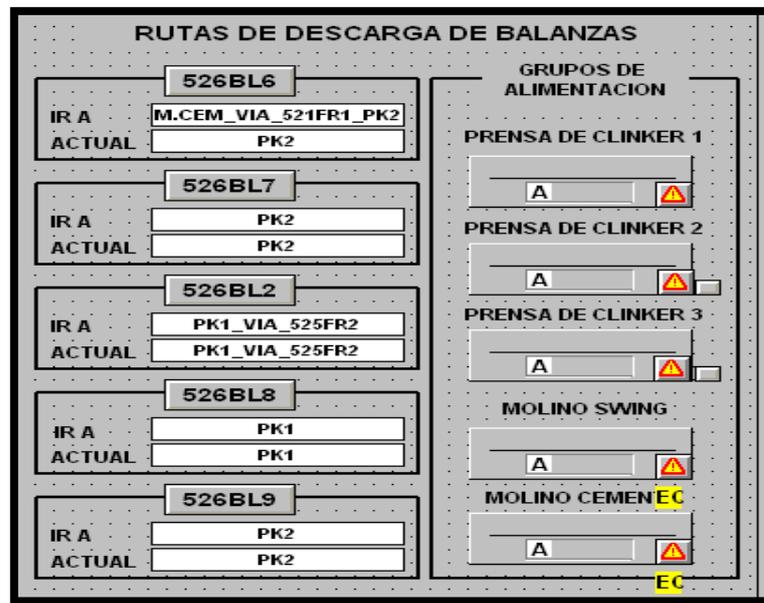


Figura 144. Cajetín de rutas de transporte de balanzas PK2
Fuente: UNACEM.

Para la configuración de los TextList se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

3.2.7.2.2.1. Diseño de matriz de rutas de la prensa de clinker 2

Se elaboró una matriz de rutas para la prensa de clinker 2 (figura 145), realizando el mismo procedimiento para la selección de variables a cada bloque RUTA.

SELECCION RUTAS DE DESCARGA DE BALANZAS				
BALANZA	PK2	M.CEM		
526BL7				
BALANZA	PK2	M.CEM		
526BL9				
BALANZA	PK1_1	PK1_2	PK2	
526BL2	PK3	M.SWING	M.CEM	
BALANZA	PK1	PK2	M.SWING	M.CEM
526BL8				
BALANZA	PK2_1	PK2_2	M.SWING	M.CEM_1
526BL6	M.CEM_2	M.CEM_3	M.CEM_4	M.CEM_5

Figura 145. Matriz de rutas de las balanzas ubicadas en la PK2
Fuente: UNACEM.

En la Figura 146 se muestra la pantalla principal de la prensa de clinker 2 modificada.

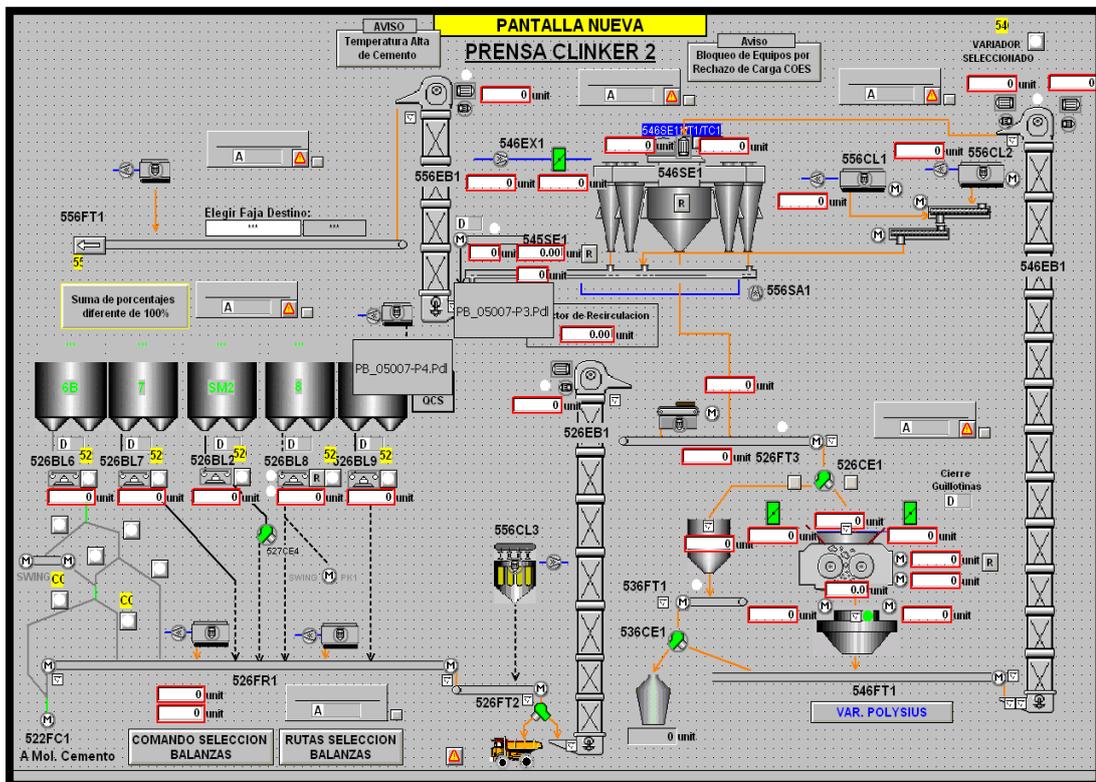


Figura 146. Pantalla principal de la prensa de clinker 2 modificada
Fuente: UNACEM.

3.2.7.2.3. Diseño del TextList de selección de rutas de las balanzas de la prensa de clinker 3

Se diseñó un cajetín donde el operador puede visualizar la balanza y sus rutas de transporte, el grupo de alimentación y un efecto cuando se selecciona la balanza. En la Figura 147 se muestra el cajetín desarrollado para la prensa de clinker 3.



Figura 147. Cajetín de rutas de transporte de balanzas PK3
Fuente: UNACEM.

Para la configuración de los TextList se realizó el mismo procedimiento mencionado anteriormente.

3.2.7.2.3.1. Diseño de matriz de rutas de la prensa de clinker 3

Se elaboró una matriz de rutas para la prensa de clinker 3 (figura 148), realizando el mismo procedimiento para la selección de variables a cada bloque RUTA.

SELECCION RUTAS DE DESCARGA DE BALANZAS				
BALANZA	PK1	PK3		
527BL8				
BALANZA	PK1	PK3		
527BL9				
BALANZA	PK1_1	PK1_2	PK3	M_SWING
527BL10				
BALANZA	PK1_1	PK1_2	PK2	
526BL2	PK3	M.SWING	M.CEM	

Figura 148. Matriz de rutas de las balanzas ubicadas en la PK3
Fuente: UNACEM.

En la Figura 149 se muestra la pantalla principal de la prensa de clinker 3 modificada.
3 modificada.

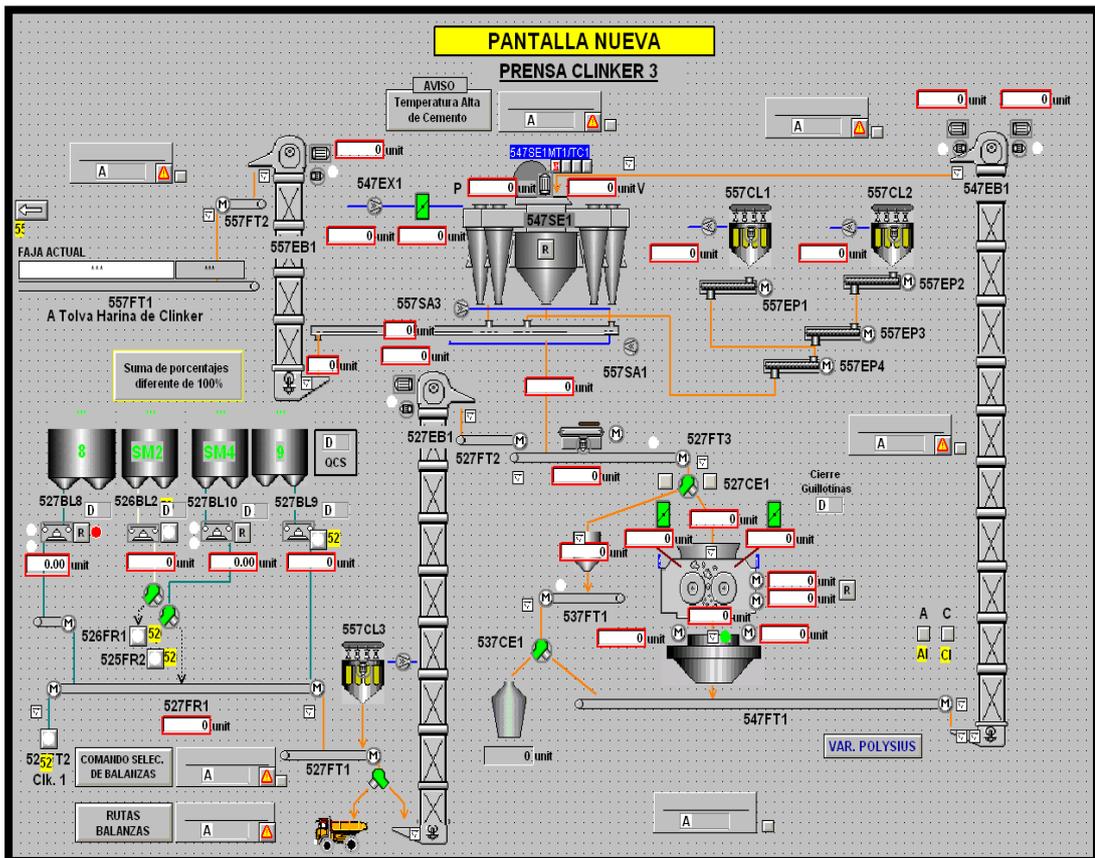


Figura 149. Pantalla principal de la prensa de clinker 3 modificada
Fuente: UNACEM.

3.2.8. PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN DE PANTALLAS EN EL CEMAT

Después de modificar las pantallas correspondientes. Para actualizar una pantalla en todos los clientes de la planta y servidores, se realizó el siguiente procedimiento:

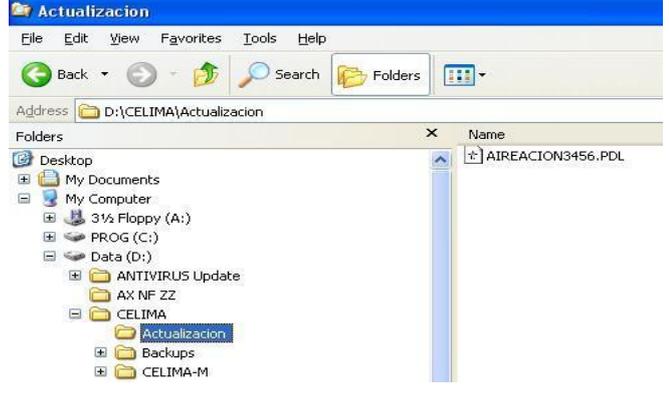
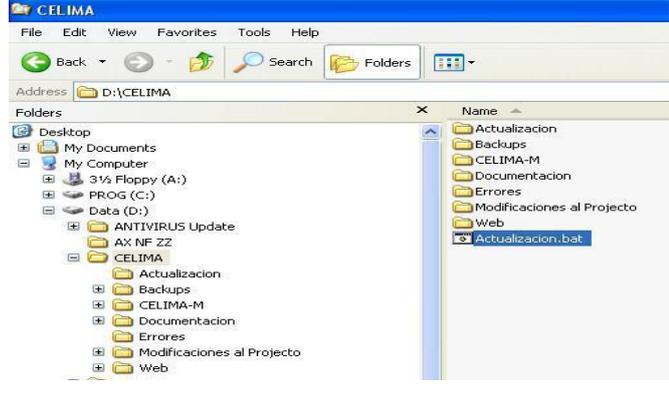
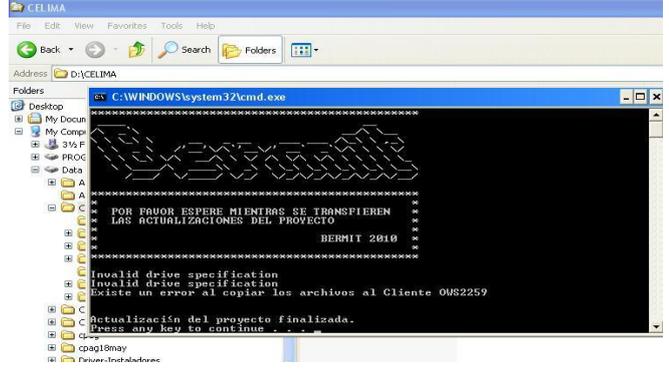
<p>Desde la estación de ingeniería ubicamos en la carpeta D:\CELIMA\Actualización. De la carpeta GRACS del multiproyecto se copió la pantalla que vamos a actualizar y la pegamos dentro de la carpeta Actualización.</p>	
<p>Ejecutamos la aplicación Actualizar.bat. Esta aplicación permite copiar la pantalla a todos los clientes y servidores.</p>	
<p>Aparecerá una ventana donde se ejecuta la acción Actualización.</p>	

Figura 150. Procedimiento para la actualización de pantallas en el CEMAT
Fuente: CMIT Ingenieros.

Una vez finalizada la ejecución, refrescamos cualquier pantalla y verificamos que haya sido actualizada correctamente.

3.2.9. COMISIONAMIENTO DEL NUEVO PROGRAMA

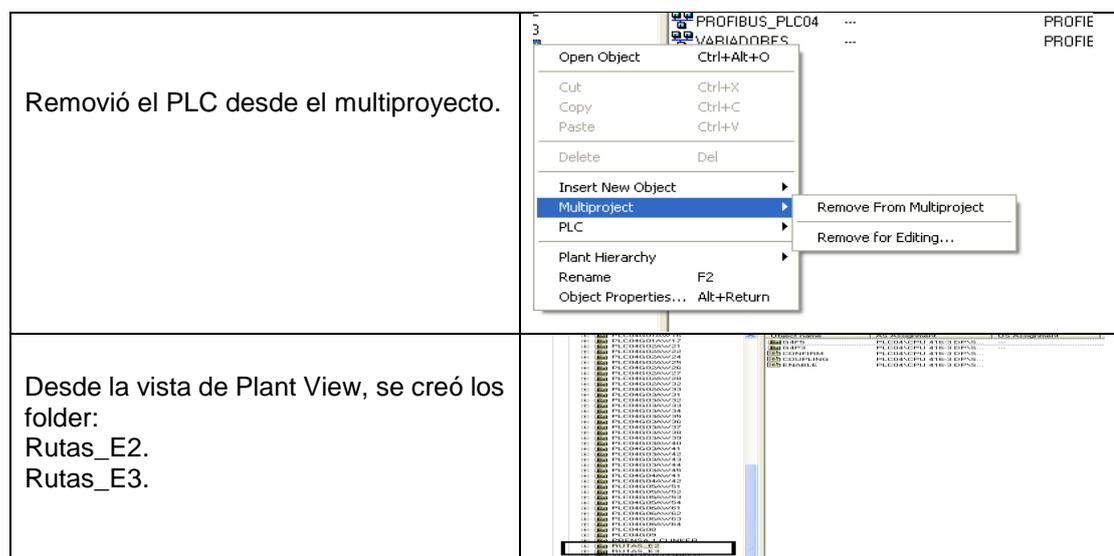
Después de terminar la programación para los equipos, se evalúa con el solicitante y el cliente el día para el comisionamiento del nuevo programa. Alrededor de dos a 3 días se necesita para el desarrollo de este trabajo, donde evalúas, identificas, realizas pruebas en línea.

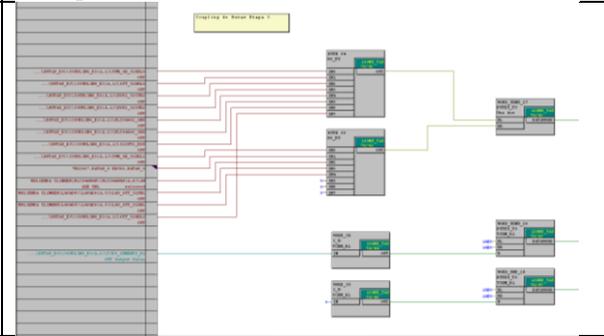
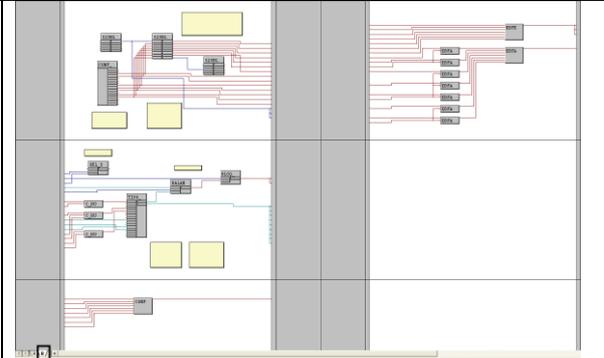
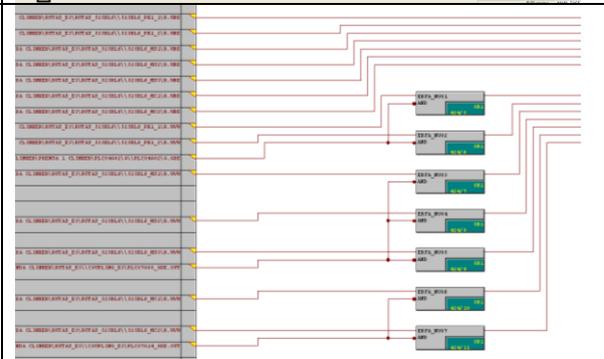
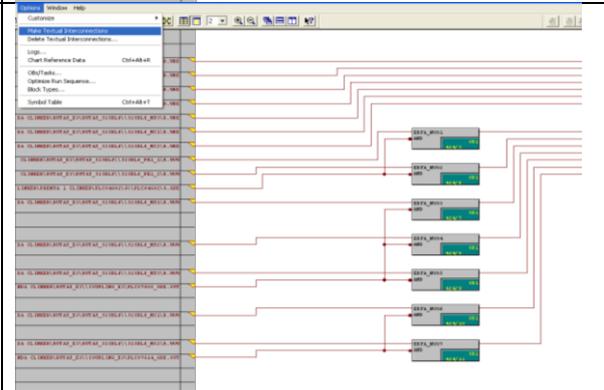
Es de vital importancia ser cuidadoso porque los trabajos son realizados con los dispositivos arrancados, en algunos casos no arrancados.

3.2.9.1. Procedimiento

Desde la estación de ingeniería:

Se identificó el PLC para empezar a modificar el programa.



<p>Se identificó todas las señales que enviamos y recibimos de otros PLC.</p>	<table border="1"> <tr><td>ENVI0_PLC05</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC06</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC07</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC11</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC15</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC16</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> <tr><td>ENVI0_PLC19</td><td>0.1</td><td>SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING</td></tr> </table>	ENVI0_PLC05	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC06	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC07	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC11	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC15	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC16	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING	ENVI0_PLC19	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING
ENVI0_PLC05	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC06	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC07	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC11	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC15	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC16	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
ENVI0_PLC19	0.1	SYSTEM\SYSPLC04\COUPLING																				
<p>Se agregaron los bloques que hemos utilizado para él envío y/o recepción de señales de todos los PLC.</p>																						
<p>Se copió la programación realizada (en la oficina), en las nuevas pestañas de los chart.</p>																						
<p>Al copiar la nueva programación, las conexiones saldrán de color amarillo.</p>																						
<p>Si agregamos todos los bloques y las conexiones nuevas, al hacer click en MAKE TEXTUAL INTERCONNECTION, las conexiones serán conectadas correctamente.</p>																						

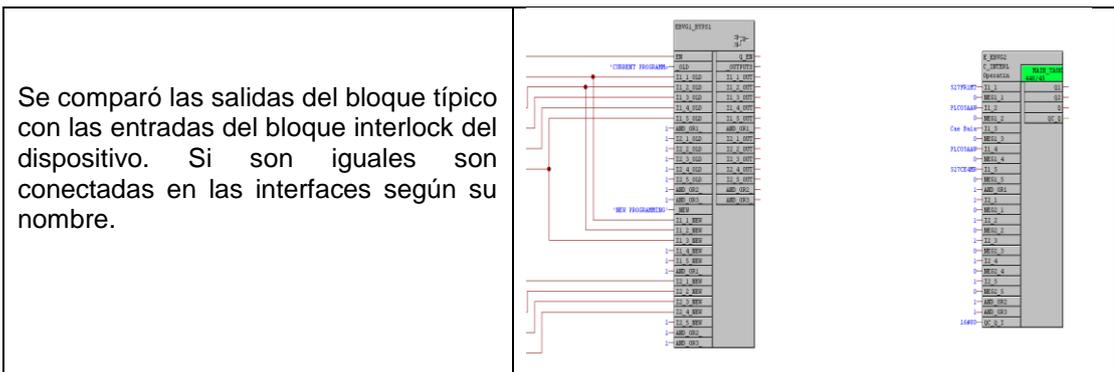


Figura 151. Procedimiento para el comisionamiento del nuevo programa
Fuente: CMIT Ingenieros.

Después de realizar las conexiones de los bloques típicos a las interfaces del bloque CEMAT e interlock de los dispositivos programados, se procede a realizar una descarga de solo cambios.

Verificamos que la nueva programación implementada no afecte el sistema actual del proceso.

3.2.10. FILOSOFÍA DE CONTROL DEL NUEVO PROGRAMA

Todo trabajo realizado en el SCADA se debe adaptar al modo de operación de los operadores. Para ello saber las secuencias de arranque del proceso de transporte es importante.

El modo de operación fue establecido por la empresa UNACEM, revisadas por el personal del área y el supervisor de mantenimiento encargado del desarrollo del trabajo de ingeniería de acuerdo al requerimiento de la planta.

3.2.10.1. Modo de operación

- El operador selecciona a través del TextList el silo de almacenamiento de cemento a través del cajetín de la faja que alimentará el silo. Pantalla de transporte.

El operador arranca el grupo de alimentación de la faja.

- El operador selecciona a través del “comando transporte de prensas” “TextList la faja que transportará el cemento a través de la prensa de rodillo. Pantalla de transporte.

El operador arranca el grupo de alimentación de la prensa.

- El operador selecciona a través del “comando de selección de balanzas”, la balanza que alimentará la prensa de rodillo. El comando de selección de balanzas está ubicado en cada pantalla de alimentación.

- Verifica si la suma de setpoint de balanzas seleccionadas es igual a 100%, caso contrario aparecerá un aviso de que la suma es diferente a 100%.

El operador arranca el grupo de alimentación de la balanza.

3.3. PRUEBAS Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

A través de un bit se pone en marcha el nuevo programa.

Las pruebas se realizaron en conjunto con el operador y el supervisor de mantenimiento. Toda modificación realizada en el SCADA es explicada al operador, al igual que los nuevos comandos de operación.

Está totalmente prohibido el uso de cámaras fotográficas y/o tomar fotos en la planta, por ende no se mostrará ninguna imagen de las pruebas realizadas en la planta UNACEM.

3.3.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DESDE EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO HACIA FAJAS

Luego de haber programado todos los equipos identificados en esta etapa de transporte se procedió a habilitar el nuevo programa, las pruebas fueron realizadas en vacío, es decir las fajas transportadoras no tienen carga (material).

El operador interactúa con el comando de operación e identifica el TextList de rutas de cada prensa de rodillo. Las rutas en el TextList son transparente para el operador, procedió a elegir la ruta y arrancar el grupo de alimentación.

En la tabla 19 se muestra la matriz elaborada para identificar las rutas que fueron correctamente arrancadas por el operador.

Tabla 19. Matriz de pruebas de arranque de rutas – Trabajo en vacío
Fuente: Elaboración propia.

Fajas/Fuente de alimentación	561FT1	561FT2	563FT1 Vía 551CT2	563FT1 Vía 552CT2	563FT1 Vía 551CT3	Tolva Vía 529TO1	Tolva Vía 527TO1
PK1	OK	OK	OK	OK	OK	-	OK
PK2	OK	OK	OK	OK	OK	-	-
PK3	OK	OK	-	-	-	OK	-

M. Swing	-	-	-	-	-	-	-
M. Cemento	-	-	-	-	-	-	-

La ruta que alimenta la faja 563FT1 por la prensa de clinker 3, también arrancó correctamente. El operador identifica la ruta y los dispositivos de cada ruta, observa que el efecto de animación del TextList es de color verde cuando la ruta está totalmente arrancada.

Para las pruebas en caliente, se elaboró una tabla identificando las moliendas de cemento que alimentan a las fajas.

En la tabla 20 se muestra la matriz elaborada para identificar las rutas que fueron correctamente arrancadas por el operador.

Tabla 20. Matriz de pruebas de arranque de rutas – Faja con carga
Fuente: Elaboración propia.

RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3	RUTA 4	RUTA 5
PK1 a 561FT2	PK1 a 563FT1 vía 551CT2	PK1 a 563FT1 vía 551CT3	PK1 a 561FT1	PK1 a 561FT2
PK2 a 563FT1 vía 551CT3	PK2 a 561FT2	PK2 a 561FT2	PK2 a 561FT1	PK2 a 563FT1 vía 552CT3
PK3 a 563FT1	PK3 a 561FT1	PK3 a 561FT1	PK3 a 561FT2	PK3 a 561FT1

Para la alimentación de tolvas, solo una máquina (PK1, PK2 o PK3) puede alimentar a la misma tolva.

El operador puede visualizar el modo de operación de las rutas a través de la matriz, puede hacer un rápido diagnóstico y ver la ruta que tiene disponible para seleccionarla y posteriormente arrancarla.

El operador tiene “0” oportunidades de elegir 2 rutas de alimentación incorrectamente, ya que al seleccionar una de ellas automáticamente ya está bloqueando las otras.

Todo percance ocurrido en las pruebas, fue solucionado rápidamente identificando el problema, corrigiendo y descargando (solo cambios) en el PLC.

3.3.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE DESDE BALANZAS DOSIFICADORAS HACIA EQUIPOS DE MOLIENDA DE CEMENTO

Después de la habilitación del nuevo programa las pruebas fueron realizadas en caliente.

El operador interactúa con el comando de operación de cada prensa de clinker, identificando la balanza y el TextList de rutas. Para esta etapa antes de arrancar el grupo de alimentación, el operador tuvo que verificar la suma de setpoint de balanzas seleccionadas, comprobó que los parámetros introducidos en las balanzas respeten el rango de porcentajes de la receta; cumpliendo con las condiciones anteriores el operador arrancó el grupo de alimentación.

El operador eligió y arrancó exitosamente las balanzas dosificadoras que alimentan a la prensa de clinker 1. La Figura 152 muestra la pantalla en tiempo real de la prensa de clinker 1.

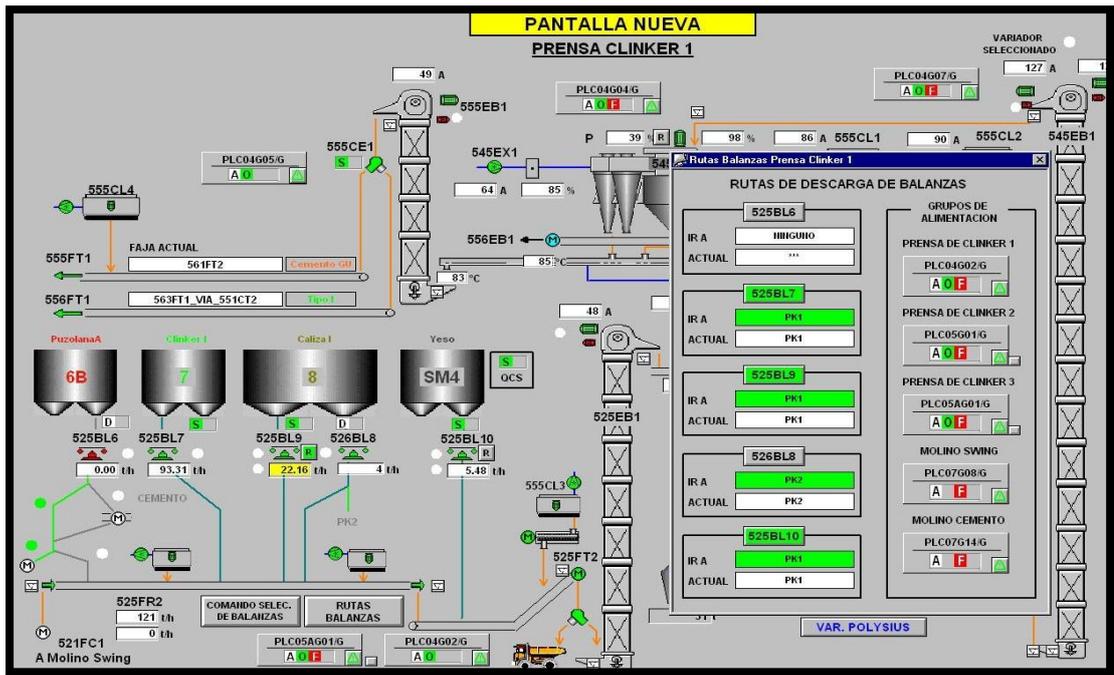


Figura 152. Vista en tiempo real de la pantalla de la prensa de clinker 1
Fuente: UNACEM.

Para la prensa de clinker 2, el operador realizó el procedimiento de arranque, seleccionó la ruta y arrancó el grupo de alimentación. La Figura 153 muestra la pantalla en tiempo real de la prensa de clinker 2.

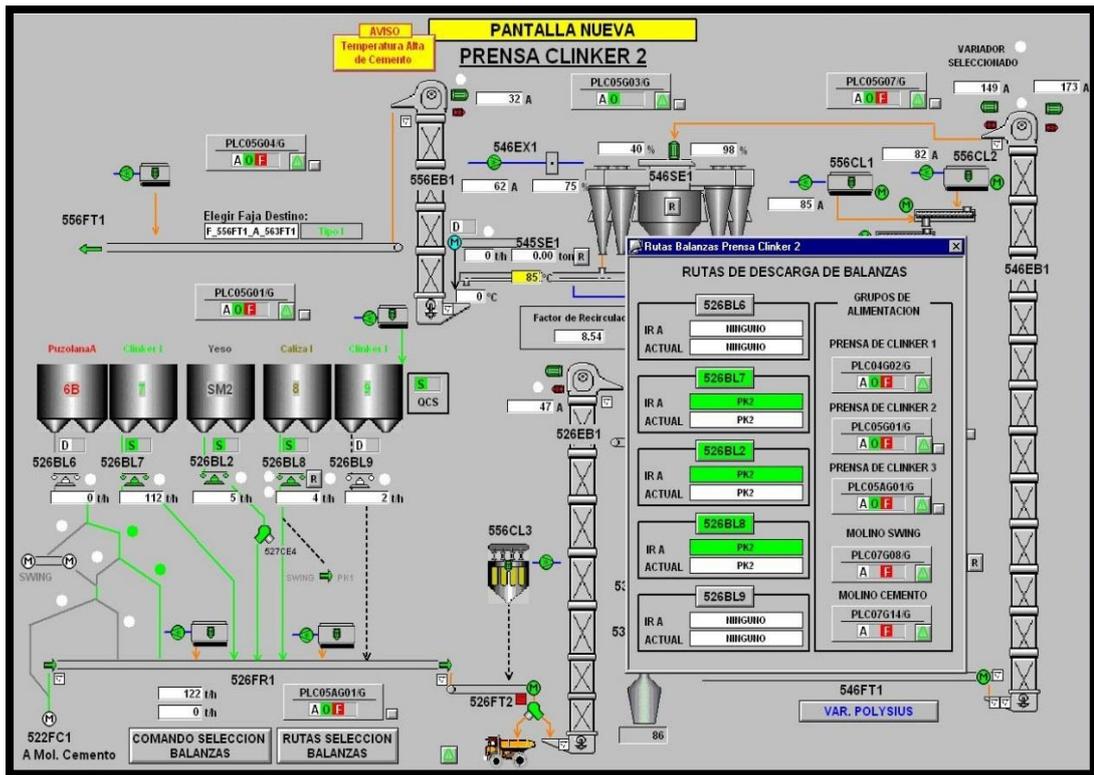


Figura 153. Vista en tiempo real de la pantalla de la prensa de clinker 2
Fuente: UNACEM.

Del mismo modo para el arranque de las balanzas de la prensa de clinker 3, el operador seleccionó la ruta a través del TextList de la balanza, comprobó que los setpoints de las balanzas sumen 100%, arrancó el grupo de alimentación. En la Figura 154 se muestra la vista en tiempo real de la prensa de clinker 3.

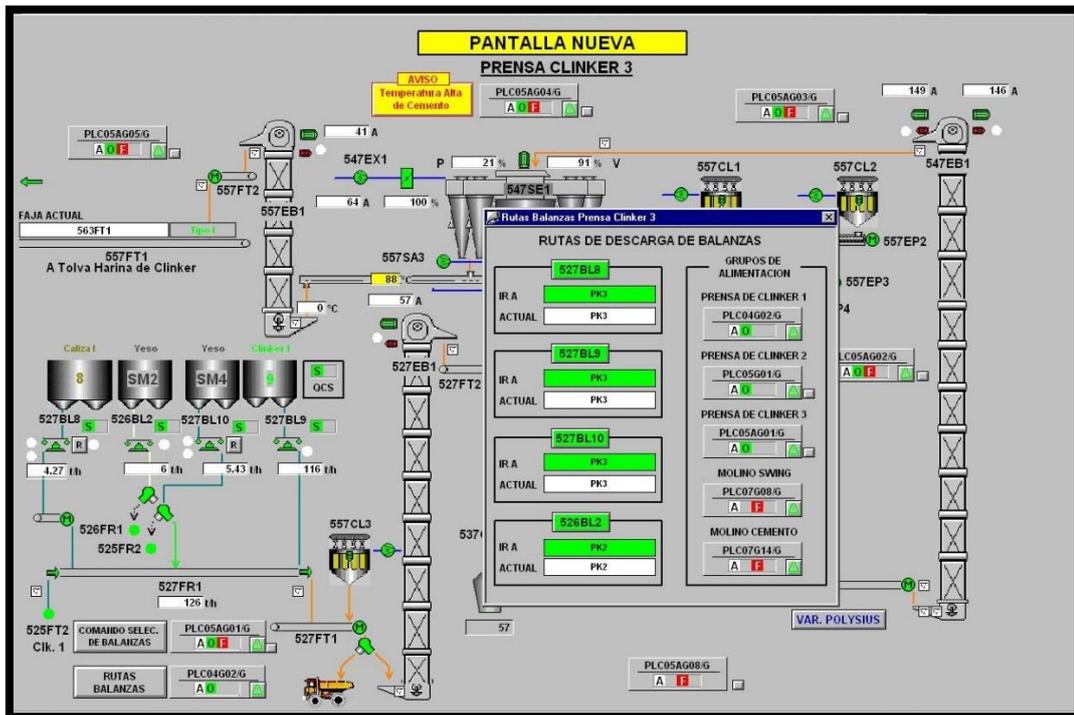


Figura 154. Vista en tiempo real de la pantalla de la prensa de clinker 3
Fuente: UNACEM.

Por lo general UNACEM, solo trabaja con las prensas de rodillo para elaborar un tipo específico de cemento, si quieren moler otro tipo de cemento lo hacen a través de los molinos de bolas.

Todo percance ocurrido en las pruebas, fue solucionado rápidamente identificando el problema, corrigiendo y descargando (solo cambios) el PLC.

3.3.3. RESULTADOS

Con la implementación de la nueva programación a los dispositivos involucrados en el proceso de transporte de cemento. Se observa que el operador solo necesita entre 3 a 5 minutos para elegir la ruta de alimentación y descarga de materiales.

El operador tiene la facilidad de elegir la balanza dosificadora (fuente de alimentación) y el destino de alimentación (prensas de rodillo) para la fabricación del cemento, en menos de un minuto; ya que no necesita identificar los dispositivos de transporte, solo la ruta operativa de alimentación (a través de la matriz de rutas en el SCADA).

UNACEM cuenta con un registro y/o parámetro de la fabricación de su cemento, estos parámetros son definidos por el Área de Calidad y se reflejan en el SCADA. Si alguna vez el operador introduce estos parámetros incorrectamente, las fuentes de alimentación (balanzas dosificadoras) no podrán ser arrancadas esto es gracias a la nueva programación implementada de fabricación de cemento del mismo modo UNACEM puede desarrollar a futuro, la fabricación de 2 tipos nuevos de cemento.

Desde el mes de setiembre hasta el mes de enero, no se detectó ningún documento de inconformidad por parte del área de Calidad. Un documento de inconformidad muestra que el producto final elaborado por UNACEM, el cemento, no está cumpliendo con las especificaciones requeridas. Por lo general cuando se detecta el producto “No conforme” antes de ser despachado al cliente, se identifica para ser separado. Del mismo modo no se ha detectado hasta el momento que el producto final fue reprocesado por contaminación o alguna falencia del proceso de transporte.

Actualmente, todos los dispositivos involucrados en la etapa de transporte de materia prima y cemento trabajan con la nueva programación.

CONCLUSIONES

Con las nuevas rutas y programación en los dispositivos involucrados en la etapa de transporte de materia prima y cemento se concluye:

- Se mejoró el proceso de transporte de materia prima y cemento en la planta UNACEM donde todos los dispositivos involucrados en esta etapa están programados con la nueva programación y paralelamente con la que trabajaban antes.
- Se configuró las pantallas de operación del sistema de control SCADA CEMAT logrando que el operador seleccione y arranque la ruta a través de un cajetín facilitando la interacción del operador con el nuevo proceso de operación.
- No se ha detectado paradas de línea de producción, contaminación de silo, acta de no conformidad por el área de Calidad, que involucren el sistema de transporte de materia prima y cemento como responsable. Cabe mencionar que el reporte de conformidad lo maneja confidencialmente UNACEM.
- Con la nueva programación implementada para las recetas de cemento, UNACEM podrá modificar los parámetros de los adicionados para la fabricación de cualquier cemento y podrá agregar al sistema 2 tipos nuevos de cemento (fabricación futura), sin afectar el sistema actual.

RECOMENDACIONES

- Implementar un sistema de rutas de transporte en las prensas de crudo.
- Revisar el PLC07 (PLC que contiene la mayor parte de dispositivos en el proceso de transporte) y depurar objetos y/o charts que no pertenecen a ningún proceso de planta, para evitar retrasos (delay) cada vez que vamos a realizar una descarga de programa al PLC.
- El operador debe tener claro los parámetros para la fabricación de cemento establecidos por el área de Calidad, caso contrario no podrá arrancar ninguna balanza de dosificación.
- Para integrar otro tipo nuevo de cemento a fabricar en el nuevo sistema, se recomienda que UNACEM presente las especificaciones y parámetros de los adicionados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cementos, I. (27 de Diciembre de 2016). *La Industria del Cemento en el Perú: Cementeras en Lima*. Obtenido de <http://www.cementosinka.com.pe/blog/la-industria-del-cemento-peru-cementeras-lima/>
- [2] Vilca, N. (2017). *Impacto Ambiental de la Industria del Cemento*. Obtenido de Academia:
http://www.academia.edu/6309540/IMPACTO_AMBIENTAL_DE_LA_INDUSTRIA_DEL_CEMENTO
- [3] Oviedo, U. d. (2012). *Cementos*. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema7.CEMENTOS.R.pdf>
- [4] Asocem. (2017). *Proceso de Producción de Nuestros Cementos*. Obtenido de <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/07/Nuestros-cementos-y-proceso-productivo.pdf>
- [5] Asocem. (17 de Febrero de 2015). *El Mercado de Cemento en el Perú*. Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/productos-a/el-mercado-de-cemento-en-el-peru>
- [6] Siemens, A. (01 de Junio de 2008). *Add Ons para el Sistema de Control de procesos SIMATIC PCS7*. Obtenido de <https://w3.siemens.com/mcms/process-control->

systems/sitecollectiondocuments/efiles/pcs7/pdf/78/simaticpcs7_stpcs71_com
plete_spanish_2010.pdf

[7] Siemens, A. (2009). *El Sistema de Control de Procesos SIMATIC PCS7*. Obtenido de
de

http://www.automation.siemens.com/w2/efiles/pcs7/pdf/78/br_pcs7_v71_es.pdf

[8] Siemens, A. (2008). *Sistema de Ingeniería*. Obtenido de

http://www.automation.siemens.com/w2/efiles/pcs7/produkte/systemkomponenten/es/es_aus_kb_pcs7_v70.pdf

[9] Siemens, A. (2005). *CFC para S7 Continuous Function Chart*. Obtenido de

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/430/21401430/att_36997/v1/CFC_para_S7_s.pdf

[10] HEUSER, C. (2014). *Configuración de hardware y sistema de operación en*

SIMATIC PCS7. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE. Valdivia – Chile.

[11] Universidad de Cordoba. (2011). *Introducción a SCADA*. Obtenido de

<http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihtm/descargar/scada.pdf>

[12] IDbox. (22 de Enero de 2018). *SCADA*. Obtenido de <https://idboxrt.com/scada/>

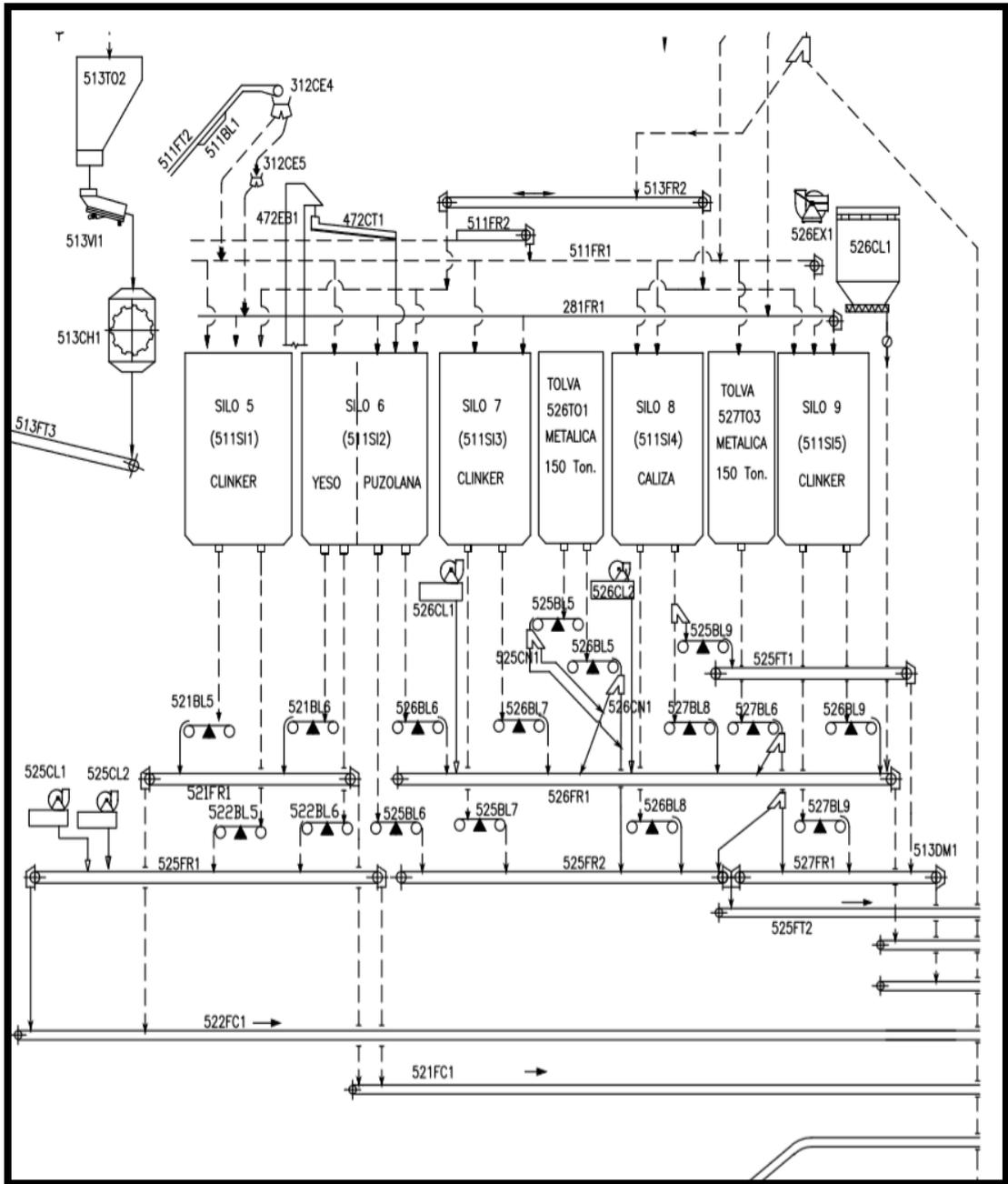
[13] EMB, G. E. (Abril de 2012). *SCADA para Redes de Transmisión y Distribución*

Eléctrica. Obtenido de

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1817>

ANEXOS

ANEXO 1: PROCESO DE PESAJE DE LAS BALANZAS DOSIFICADORAS



ANEXO 2: PROCESO DE MOLIENDA DE CEMENTO

