

Índice

Capítulo 1. Introducción.....	12
1.1.- Introducción General	12
1.1.2.-Solución.....	14
1.2.- Revisión Bibliográfica	15
1.2.1.-Trabajos Previos	15
1.2.2.-Discusión Bibliográfica	23
1.3.- Hipótesis de trabajo	25
1.4.- Objetivos.....	26
1.4.1.- Objetivo General.....	26
1.4.2.- Objetivos Específicos	26
1.5.- Alcances	27
1.6.- Metodología	27
Capítulo 2. Diseño del sistema de comunicación inalámbrica.	28
2.1.- Clasificación de las comunicaciones inalámbricas	28
2.2.- ZigBee.....	30
2.2.1.-Dispositivos de tecnología ZigBee	30
2.2.2.-Red ZigBee	32
2.2.3.-Topologías para redes de tecnología XBee.....	33
2.3.- Selección dispositivos de radio frecuencia	34
2.3.1.-Módulo XBee pro 900HP-S3B	35
2.4.- Selección dispositivos de radio frecuencia	36
2.4.1.-Funcionamiento red inalámbrica.....	36
2.5.- Software XCTU	37
2.5.1.-Configuración Software XCTU	38
2.5.2.-Configuración dispositivos de radio frecuencia	38
2.5.3.-Modo Transparente	40
Capítulo 3. Microcontrolador	41

3.1.-	Arduino	41
3.2.-	Comunicación Serial.....	42
3.3.-	Placa Microcontroladora R3	42
3.3.1.-	<i>Microcontrolador ATmega328</i>	44
3.4.-	XBee Shield	46
3.5.-	USB.....	47
Capítulo 4. Implementación sistema SCADA.....		48
4.1.-	Unidad Terminal Remota.....	49
4.2.-	Protocolo Modbus.....	49
4.2.1.-	<i>Transmisión de datos</i>	50
4.2.2.-	<i>Trama de datos</i>	51
4.3.-	SISTEMA HMI.....	52
4.3.1.-	<i>Implementación sistema HMI</i>	52
4.4.-	Unidad Orientada	53
4.5.-	Unidad Automática	54
4.6.-	Unidad Planificada.....	55
4.7.-	Almacenamiento de datos	56
4.8.-	Monitoreo de Suciedad	56
4.8.1.-	<i>Detección de suciedad</i>	56
4.8.2.-	<i>Grafico porcentaje de sombreado estimado por efecto de suciedad</i>	58
Capítulo 5. Implementación sistema comunicación inalámbrica		59
5.1.-	Sistema de Comunicación Inalámbrica.....	59
5.1.1.-	<i>Configuración red inalámbrica</i>	60
5.1.2.-	<i>Configuración nodos de red punto a punto</i>	60
5.2.-	Módulo Remoto	61
5.2.1.-	<i>Comunicación entre placa microcontroladora y Dispositivo XBee</i>	63
5.3.-	Módulo Central	63
5.3.1.-	<i>Comunicación entre módulo remoto y Módulo central</i>	64
Capítulo 6. Sistema de Alimentación.....		65
6.1.-	<i>Descripción del sistema de alimentación</i>	65
Capítulo 7. Resultados		67

7.1.- Emulación Sistema	67
7.2.- Clean Optimizer	70
7.2.1.- <i>Módulo Central</i>	70
7.3.- Sistema SCADA	71
7.4.- Sistema SCADA para movimiento de Clean Optimizer	72
7.4.1.- <i>Pruebas de movimiento para limpieza de paneles fotovoltaicos</i>	73
7.4.2.- <i>Unidad de Detención</i>	74
7.4.3.- <i>Mover Derecha</i>	77
7.4.4.- <i>Activar y desactivar bomba de agua</i>	78
7.4.4.- <i>Activar Bomba</i>	79
7.4.5.- <i>Detener Bomba</i>	79
7.5.- Nivel de Líquido	80
7.5.1.- <i>Nivel máximo</i>	81
7.5.2.- <i>Nivel Mínimo</i>	81
7.5.3.- <i>Unidad SCADA para sistema de agua</i>	82
7.6.- Monitoreo de porcentaje estimado de sombreado por suciedad	83
7.6.1.- <i>Panel Fotovoltaico sin suciedad</i>	83
7.6.2.- <i>Panel Fotovoltaico con suciedad</i>	84
7.6.3.- <i>Panel Fotovoltaico con varios tipos de suciedad</i>	85
Capítulo 8. Conclusiones	87
8.1.- Trabajos Futuros	88
Capítulo 9. Bibliografía	89
Capítulo 10. Anexos	92
10.1.- Código Nodos de Comunicación Inalámbrica	92
10.1.- Código Modbus Serial	103
10.2.- Latencia	104

Índice de Figuras

Fig 1.1: Efecto de suciedad en paneles fotovoltaicos.....	1
Fig 1.2: Problema/solución para prototipo “Clean Optimizer”	4
Fig 2.2: Logo tecnología Zigbee	19
Fig 2.3: Tipos de antenas dispositivos XBee	20
Fig 2.4: Topologías de red.....	22
Fig 2.5: XBee Pro 900 HP-S3B.....	25
Fig 2.5: Red punto a punto mediante dispositivos XBee	25
Fig 2.7: Dispositivo XBee Explorer.	26
Fig 2.8: Reconocimiento Módulos RF	27
Fig 2.9: Configuración parámetros dispositivos XBee.....	29
Fig 3.1: Tecnología Arduino	30
Fig 3.2: Placa microcontroladora Arduino R3	32
Fig 3.3: Microcontrolador ATmega 328.....	33
Fig 3.4: Esquema pines ATmega 328.....	33
Fig 3.5: Microcontrolador ATmega 328.....	35
Fig 4.1: Estructura sistema completo.	37
Fig 4.2: Trama maestro/esclavo de sistema de comunicación	40
Fig 4.3: Diseño sistema HMI de sistema SCADA	41
Fig 4.4: Diagrama limpieza Orientada	42
Fig 4.5: Diagrama Limpieza Automática	44
Fig 4.6: Diagrama Limpieza Planificada.....	44
Fig 4.7: Escaneo de suciedad en paneles fotovoltaicos	47
Fig 5.1: Sistema de comunicación inalámbrica	48
Fig 5.2: Esquema distribución de red inalámbrica	49
Fig 5.3: Parámetros red inalámbrica.....	50
Fig 5.4: Acoplamiento placa microcontrolador y nodo XBee.....	50

Fig 5.5: Módulo Central	52
Fig 6.1: Alimentación sistema emulado	54
Fig 6.2: Batería alimentación Módulo remoto.....	54
Fig 6.3: Alimentación Módulo central	55
Fig 7.1: Setup Experimental para emular elementos de Clean Optimizer.....	56
Fig 7.2: Acoplamiento XBee pro 900HP-S3B con XBee Explorer.	57
Fig 7.3: Acoplamiento extensor USB/UTP mediante conector RJ45.	58
Fig 7.4: Extensión de cable mediante conversor UTP/USB.....	58
Fig 7.5: Modo Online para Sistema Inalámbrico	60
Fig 7.6: SCADA conectado a “Clean Optimizer”	61
Fig 7.7: Posición Inicial en prueba de movimiento.....	64
Fig 7.8: Prueba de movimiento sentido izquierdo.....	65
Fig 7.9: Unidad de limpieza sistema SCADA	66
Fig 7.10: Bloque de Bomba de agua en sistema SCADA	67
Fig.7.11: Bloque nivel de líquido en sistema SCADA.....	69
Fig.7.12: Unidad de sistema de agua de sistema SCADA.....	71
Fig 7.13: Escaneo sobre panel fotovoltaico sin suciedad	72
Fig 7.14: Monitoreo porcentaje estimado de medición anterior.....	73
Fig 7.15: Monitoreo de escaneo sobre panel fotovoltaico sin suciedad	73
Fig 7.16: Escaneo sobre panel fotovoltaico con suciedad localizada.....	73
Fig.7.17: Escaneo sobre panel fotovoltaico variación de suciedad	75
Fig 7.18: Monitoreo de panel fotovoltaico variación de suciedad	77

Índice de Tablas

Tabla 1.- Comparación entre tecnología Zigbee versus Lora	23
Tabla 2.- Características Módulo XBee pro 900HP-S3B.....	24
Tabla 3.- Características microcontroladora arduino.....	32
Tabla 4.-Características microcontrolador ATmega328-PU	34
Tabla 5.- Pines de conexión USB	36
Tabla 6.- Acceso de esclavo en Modbus	39
Tabla 7- Control maestro/esclavo ‘Porcentaje estimado de suciedad’	46
Tabla 8- Conexión sensores con placa microcontroladora.....	51
Tabla 9- Conexión actuadores con placa microcontroladora	51
Tabla 10- Conexión dispositivo XBee con placa microcontroladora.....	52
Tabla 11- Configuración de parámetros para nodo remoto y nodo central	53
Tabla 12- Características batería para módulo remoto.....	55
Tabla 13- Comunicación nodo remoto y microcontrolador ATmega328	59
Tabla 14- Comunicación nodo remoto y nodo central	59
Tabla 15.- Control maestro/esclavo modo ‘mover izquierda’	62
Tabla 16.- Control maestro/esclavo modo ‘parada’	63
Tabla 17- Control maestro/esclavo modo ‘mover derecha’	66
Tabla 18- Control maestro/esclavo modo ‘Encender Bomba’	68
Tabla 19- Control maestro/esclavo modo ‘Detener Bomba’	68
Tabla 20- Control maestro/esclavo modo ‘Nivel Mínimo’	70