

Operacion y Escalamiento

Parte V: Monitoreo, mantenimiento, escalamiento e impacto

- [Cap. 20: Monitoreo y Reporte](#)
- [Cap. 21: Mantenimiento](#)
- [Cap. 22: Escalamiento](#)
- [Cap. 23: Impacto y Comunicacion de Resultados](#)

Cap. 20: Monitoreo y Reporte

Capitulo 20: Monitoreo y Reporte

20.1 Indicadores Clave de Desempeno (KPIs)

Categoria	Indicador	Meta	Frecuencia de Medicion
Generacion	Energia generada (kWh/mes)	>= 90% del estimado P50	Mensual
Generacion	Factor de planta (%)	>= 15% (solar)	Mensual
Generacion	Disponibilidad del sistema (%)	>= 98%	Mensual
Economico	Ahorro en factura por hogar (COP/mes)	>= COP \$50,000	Mensual
Economico	Ingresos por excedentes (COP/mes)	Segun proyeccion	Mensual
Economico	Costo de O&M (COP/kWh)	<= COP \$30/kWh	Trimestral
Ambiental	CO2 evitado (tCO2/mes)	Segun factor de emision SIN	Trimestral
Social	Numero de miembros activos	>= 90% de los registrados	Trimestral
Social	Empleos generados (directos + indirectos)	Segun plan	Semestral
Gobernanza	Asambleas realizadas	>= 1 ordinaria/ano + extraordinarias	Anual
Gobernanza	Informes financieros presentados	4 por ano (trimestrales)	Trimestral

20.2 Dashboard de Monitoreo

El sistema de monitoreo debe proporcionar informacion en tiempo real y reportes periodicos:

Datos en tiempo real (acceso permanente):

- Generacion instantanea (kW)
- Generacion acumulada del dia (kWh)
- Estado de conexion del sistema (online/offline)
- Alertas de falla o bajo rendimiento

Reporte mensual (para la junta directiva):

- Generacion total del mes (kWh)
- Comparacion con el mes anterior y con el estimado
- Ahorro total del mes (COP)
- Excedentes inyectados a la red (kWh)
- Incidentes y tiempos de inactividad
- Estado de las garantias

Reporte trimestral (para la asamblea y el municipio):

- Todos los KPIs del periodo
- Estados financieros simplificados
- Avances en capacitacion y fortalecimiento comunitario
- Distribucion de beneficios a miembros

Reporte anual (para RUCE, CREG, y concejo municipal):

- Resumen de operacion del ano
- Analisis financiero completo
- Impacto ambiental (CO2 evitado, arboles equivalentes)
- Impacto social (hogares beneficiados, empleos, ahorro total)
- Plan del ano siguiente

20.3 Canales de Comunicacion de Resultados

Canal	Audiencia	Frecuencia	Formato
Grupo de WhatsApp de la comunidad	Miembros	Semanal	Mensaje corto con datos de generacion y ahorro
Tablero comunitario (fisico)	Comunidad general	Mensual	Infografia impresa en el salon comunal
Dashboard digital	Junta directiva + municipio	Permanente	Plataforma web / app movil
Informe al concejo	Concejales	Semestral	Presentacion formal con indicadores
Reporte RUCE	MinEnergia	Anual	Formato RUCE oficial

Cap. 21: Mantenimiento

Capitulo 21: Mantenimiento

21.1 Tipos de Mantenimiento

Mantenimiento Preventivo (Rutinario):

Actividad	Frecuencia	Responsable	Costo Estimado
Limpieza de paneles	Mensual (o bimestral)	Equipo comunitario capacitado	COP \$50,000/vez
Inspeccion visual de paneles, cables y estructura	Mensual	Equipo comunitario	Sin costo adicional
Revision de inversores	Trimestral	Tecnico del operador	Incluido en contrato O&M
Poda de vegetacion que genere sombra	Semestral	Equipo comunitario	COP \$100,000/vez
Inspeccion electrica completa	Anual	Ingeniero electricista	COP \$500,000-1,000,000
Revision de estructura de montaje	Anual	Ingeniero civil	COP \$300,000-500,000
Limpieza de filtros de ventilacion (inversores)	Trimestral	Equipo comunitario	Sin costo adicional

Mantenimiento Correctivo (Reparaciones):

- Reemplazo de paneles danados: a cargo del operador durante la garantia (25 anos para degradacion, 10-15 anos para defectos)
- Reemplazo de inversores: tipicamente necesario entre el ano 10 y 15 (costo: COP \$5-15M segun tamano)
- Reparacion de cableado: a cargo del operador durante la garantia de mano de obra (2-5 anos)
- Reemplazo de baterias (si aplica): necesario entre el ano 8 y 12 (costo significativo; planificar fondo de reposicion)

21.2 Capacitacion Comunitaria para Mantenimiento Basico

La comunidad debe tener capacidad para realizar el mantenimiento preventivo basico:

Capacitacion minima (8 horas):

1. Seguridad electrica basica: NUNCA tocar componentes electricos con las manos mojadas o durante lluvia con tormenta electrica
2. Procedimiento de limpieza de paneles: agua limpia y trapo suave, al amanecer o atardecer (nunca con el sol en su punto)
3. Inspeccion visual: como identificar paneles rotos, cables sueltos, estructura danada
4. Lectura del monitor: como leer la generacion y detectar anomalias
5. Protocolo de reporte: a quien llamar, como reportar, que informacion dar

Certificacion SENA: El SENA ofrece programas de certificacion en "Instalaciones Electricas Residenciales" y "Diseno y Ensamblaje de Sistemas FV". En Isla Grande (Islas del Rosario), 20+ islenos fueron certificados por el SENA en estas competencias.

21.3 Fondo de Mantenimiento

Se recomienda constituir un fondo de mantenimiento desde el primer dia de operacion:

Concepto	Aporte Mensual	Proposito
O&M preventivo	1% del CAPEX / 12 meses	Limpieza, inspecciones, reparaciones menores
Fondo de reposicion de inversores	COP \$500,000-1,000,000/mes	Reemplazo de inversores en ano 10-15
Fondo de reposicion de baterias (si aplica)	COP \$1,500,000/mes	Reemplazo de baterias en ano 8-12
Seguro	COP \$200,000-500,000/mes	Cobertura contra robo, vandalismo, fenomenos naturales

Cap. 22: Escalamiento

Capitulo 22: Escalamiento

22.1 De 1 Proyecto a 5

Una vez que el primer proyecto esta operando exitosamente (6-12 meses de datos):

Paso 1: Documentar resultados

- Compilar datos reales de generacion, ahorro, y satisfaccion
- Identificar lecciones aprendidas y mejoras

Paso 2: Socializar con otras comunidades

- Organizar visitas guiadas al proyecto operativo
- Presentar testimonios de miembros beneficiados
- Los "campeones locales" del primer proyecto se convierten en embajadores

Paso 3: Replicar el modelo

- Usar la misma estructura legal (asociacion comunitaria) y financiera (patrimonio autonomo)
- El mismo operador solar puede dar mejores precios por volumen
- Los tramites regulatorios son mas rapidos con el precedente del primer proyecto

Paso 4: Acceder a financiamiento de escala

- Con datos de rendimiento, acceder a MAF/GGGI (EUR 16.8M para Colombia)
- Aplicar a Journey Fund (USD \$100M para Colombia)
- Negociar lineas de credito programaticas con Bancoldex/Findeter

22.2 De 5 a 20: Escalamiento Municipal

Fase	Proyectos	Capacidad	Inversion	Plazo
Piloto	1	100-200 kWp	COP \$700M-1,100M	Meses 1-12
Expansion 1	3-5	500-1,000 kWp	COP \$2,500M-5,000M	Meses 12-24
Expansion 2	10-20	2-5 MWp	COP \$8,000M-20,000M	Meses 24-48

22.3 Federacion Regional

Cuando el municipio tiene 5+ comunidades energeticas operando, puede impulsar una **Cooperativa de Segundo Grado** (federacion) conforme a la Ley 79 de 1988, Art. 92. La federacion:

- Agrupa a las comunidades energeticas del municipio (y eventualmente de municipios vecinos)
- Negocia mejores condiciones con operadores de red y proveedores de equipos
- Accede a financiamiento de mayor escala

- Representa los intereses de las comunidades ante el gobierno departamental y nacional
- Coordina capacitacion, asistencia tecnica y compartir conocimiento

Requisito minimo: 5 cooperativas o asociaciones miembro para formar una cooperativa de segundo grado.

22.4 Fase 2: Conversion a Cooperativa Formal

Despues de 2-3 anos de operacion exitosa como asociacion comunitaria, las comunidades pueden convertirse en cooperativas formales bajo la Ley 79 de 1988. Esto da acceso a:

- Tarifa de impuesto de renta del 20% sobre excedentes (vs. 35% general)
 - Acceso al programa DGRV/BID Lab LAC E-Coop
 - Gobernanza cooperativa completa (un miembro, un voto)
 - Fondos obligatorios: 20% de excedentes para educacion, 10% para solidaridad
 - Conversion de CPCs a acciones cooperativas (sin perder derechos economicos)
-

Cap. 23: Impacto y Comunicacion de Resultados

Capitulo 23: Impacto y Comunicacion de Resultados

23.1 Indicadores de Impacto

Dimension	Indicador	Unidad	Fuente de Datos
Economico	Ahorro total en facturas de energia	COP/ano	Facturas antes/despues
Economico	Ingresos por excedentes vendidos	COP/ano	Operador de red
Economico	Inversion total atraida al municipio	COP	Patrimonio autonomo
Economico	Empleos generados (construccion + O&M)	Numero	Nomina del proyecto
Ambiental	CO2 evitado	tCO2/ano	Factor emision SIN x generacion
Ambiental	Arboles equivalentes	Numero	CO2 evitado / 0.02 tCO2/arbol/ano
Social	Hogares beneficiados	Numero	Registro de miembros
Social	Reduccion de pobreza energetica	% de hogares que gastan <10% ingresos en energia	Encuesta
Social	Participacion de mujeres en gobernanza	%	Registro de cargos directivos
Institucional	Ahorro en presupuesto municipal	COP/ano	Facturas municipales

23.2 Calculo de CO2 Evitado

Formula: CO2 evitado (tCO2/ano) = Generacion solar (MWh/ano) x Factor de Emision del SIN

- Factor de emision del SIN colombiano: ~0.126 tCO2/MWh (2024, XM)
- Pero para zonas donde la solar desplaza diesel (ZNI): ~0.80 tCO2/MWh

Ejemplo para un proyecto de 200 kWp en zona interconectada:
- Generacion anual: 292 MWh

- CO2 evitado: $292 \times 0.126 = 36.8$ tCO₂/año
- Equivalente a plantar ~1,840 árboles

Ejemplo para un proyecto de 50 kWp en ZNI (desplaza diesel):

- Generación anual: 52 MWh
- CO2 evitado: $52 \times 0.80 = 41.6$ tCO₂/año
- Equivalente a plantar ~2,080 árboles

23.3 Comunicacion de Resultados

Infografia anual para la comunidad (formato poster para el salon comunal):

COMUNIDAD ENERGETICA [NOMBRE]

RESULTADOS DEL AÑO [XXXX]

GENERAMOS: [XXX,XXX] kWh de energia limpia

AHORRAMOS: COP \$[XXX] millones en facturas

EVITAMOS: [XX] toneladas de CO₂ (= [X,XXX] árboles)

EMPLEAMOS: [XX] personas de la comunidad

MIEMBROS: [XXX] familias participando

DISTRIBUIMOS: COP \$[XX] millones a nuestros miembros

Para el informe al concejo municipal, agregar:

- Ahorro en el presupuesto municipal de funcionamiento
 - Comparacion con otras fuentes de ahorro (eficiencia en alumbrado publico, etc.)
 - Proyeccion a 5 y 10 años del ahorro acumulado
 - Impacto en los indicadores del Plan de Desarrollo Municipal
-