

Modulo 9: Compartir Energia y Excedentes

MÓDULO 9: Compartir Energía y Excedentes

Duración: 5 horas | **Fase del Cohort:** Fase 3 -- Preparación para Inversión (Semanas 17-22)

Objetivos de Aprendizaje

Al finalizar este módulo, el participante será capaz de:

1. **Explicar** los fundamentos regulatorios del intercambio de energía comunitaria bajo la Resolución CREG 101 072 de 2024.
2. **Comparar** los modelos de asignación de excedentes (prorratio, proporcional al consumo, valor de Shapley) según criterios de equidad y viabilidad operativa.
3. **Calcular** la asignación de energía entre 50 miembros aplicando al menos dos metodologías distintas.
4. **Diseñar** un protocolo de comunicación a los miembros sobre su asignación energética mensual.
5. **Proponer** un mecanismo de resolución de disputas para conflictos de asignación dentro de la cooperativa.

Contenido Temático

1. Fundamentos del intercambio virtual de energía (Virtual Energy Sharing)

El intercambio virtual de energía permite que varios consumidores --sin necesidad de estar conectados físicamente al mismo circuito-- compartan la generación de un activo renovable común, típicamente una planta solar fotovoltaica comunitaria. A diferencia de la generación distribuida individual, este modelo desacopla la ubicación física del punto de consumo de la ubicación del generador, siempre que ambos estén dentro del mismo nivel de tensión y área de influencia del operador de red. Esto es especialmente relevante para cooperativas energéticas rurales colombianas, donde los techos disponibles para paneles solares no siempre coinciden con los predios de los miembros interesados en participar.

El mecanismo funciona mediante "cuentas virtuales" de energía: la planta genera un total de kWh en un período de facturación, y ese total se distribuye contablemente --no físicamente-- entre las cuentas de los miembros participantes, según reglas de asignación previamente acordadas. La energía física sigue las leyes de la física (fluye por la red hacia el consumo más cercano), pero la contabilidad financiera y regulatoria refleja la asignación acordada. Este desacople contable es la base legal y técnica que hace posible que cooperativas con socios dispersos geográficamente puedan compartir los beneficios de un único activo de generación.

Para las juntas directivas de las cooperativas, entender esta distinción es crucial al momento de explicar el modelo a nuevos miembros: nadie recibe "su" electrón específico, sino un derecho contractual y contable sobre una porción de la generación total, que se traduce en un crédito o descuento en su factura de energía.

2. Marco regulatorio: Resolución CREG 101 072 y net metering/net billing en Colombia

La Resolución CREG 101 072 de 2024 estableció el marco para la generación distribuida y el autoconsumo a gran escala en Colombia, incluyendo dos mecanismos de compensación clave que las cooperativas deben distinguir con precisión: el **net metering** (medición neta), donde los excedentes vertidos a la red se compensan a la misma tarifa que la energía consumida, y el **net billing** (facturación neta), donde los excedentes se remuneran a una tarifa distinta (generalmente más baja, ligada al costo de generación evitado del comercializador). La elección entre estos dos esquemas depende del tamaño del proyecto, del tipo de comercializador y de los topes de potencia instalada definidos por la CREG para cada categoría de autogenerador.

Para las cooperativas de energía comunitaria, la resolución introduce también la figura de "usuario asociado" o generación distribuida colectiva, que permite que varios medidores de distintos predios se asocien contablemente a una única planta de generación. Es fundamental que los líderes cooperativos entiendan que este marco normativo aún está en desarrollo reglamentario en varios aspectos operativos --por ejemplo, los procedimientos exactos de conciliación mensual entre el operador de red y el ente comunitario-- por lo que se recomienda mantener contacto permanente con la oficina CREG regional y con el operador de red local para validar los procedimientos vigentes antes de firmar contratos de conexión.

Un punto práctico: la cooperativa debe designar una entidad jurídica única (la propia cooperativa) como titular del contrato de conexión con el operador de red, y esta entidad es responsable de recibir la liquidación agregada de excedentes y de redistribuirla internamente a sus miembros según las reglas de asignación que la asamblea haya aprobado en sus estatutos.

3. Modelos de asignación de excedentes: prorratio, proporcional al consumo y valor de Shapley

Existen tres familias principales de algoritmos de asignación que una cooperativa puede adoptar, cada una con implicaciones distintas de equidad y complejidad administrativa.

El **modelo de prorratio (pro-rata por participación)** asigna la energía generada en proporción directa a la inversión o cuotas de capital que cada miembro aportó al proyecto. Es el modelo más simple de administrar y el más fácil de explicar en asamblea, pero puede generar tensión si un miembro con alta inversión tiene bajo consumo (recibe créditos que no puede usar) mientras otro con baja inversión y alto consumo se queda corto.

El **modelo proporcional al consumo histórico** asigna la energía según el patrón de consumo de cada miembro en un período de referencia (por ejemplo, el promedio de los últimos 12 meses antes de la entrada en operación de la planta). Este modelo maximiza la utilidad práctica de los créditos para cada hogar, pero requiere un sistema de actualización periódica y puede penalizar a miembros que reduzcan su consumo por eficiencia energética, generando un incentivo perverso.

El **valor de Shapley**, tomado de la teoría de juegos cooperativos, calcula la contribución marginal promedio de cada miembro a la generación total considerando todas las posibles combinaciones de participación. En términos simples para una audiencia no técnica: en vez de mirar solo "cuánto invertiste" o "cuánto consumes", el valor de Shapley pregunta "cuánto valor añade tu participación al grupo, en promedio, si te imaginamos entrando y saliendo de distintas combinaciones de miembros". Es matemáticamente el modelo más equitativo cuando hay diferencias grandes en los perfiles de consumo, pero su desventaja es la complejidad de cálculo y explicación; en la práctica, cooperativas maduras suelen usar aproximaciones simplificadas calculadas por software.

4. Comunicación a los miembros sobre su asignación mensual

Una asignación técnicamente correcta pero mal comunicada genera desconfianza y conflictos evitables. Se recomienda que cada cooperativa entregue mensualmente a sus miembros un reporte individual de máximo una página que incluya: (a) el total de energía generada por la planta comunitaria ese mes, (b) el porcentaje y los kWh asignados específicamente a ese miembro, (c) el ahorro en pesos colombianos resultante frente a la tarifa normal del comercializador, y (d) una comparación simple con el mes anterior. Este reporte debe entregarse en un lenguaje no técnico, evitando jerga como "valor de Shapley" o "prorrateo pro-rata" en la comunicación directa al miembro; estos términos son para uso interno de la junta directiva y el comité técnico.

5. Resolución de disputas por asignación

Todo modelo de asignación generará, tarde o temprano, un miembro inconforme. Se recomienda que los estatutos de la cooperativa incluyan un comité de tres personas (rotativo, elegido en asamblea) encargado exclusivamente de recibir y resolver reclamos de asignación en un plazo máximo de 15 días hábiles, con un procedimiento de dos pasos: primero, verificación técnica de los datos de medición; segundo, si los datos son correctos pero el reclamo es sobre la regla de asignación misma, el comité eleva el caso a la asamblea general para una eventual revisión del modelo, no para resolver el caso individual retroactivamente.

Actividades de Aprendizaje

Pre-clase (asíncrono, 30 min): Los participantes leen un resumen de dos páginas de la Resolución CREG 101 072 (proporcionado por el facilitador) y completan un cuestionario de comprensión de 5 preguntas en la plataforma virtual.

Sesión principal (2-3 horas): Presentación magistral de los tres modelos de asignación (45 min) con ejemplos numéricos en pantalla; análisis grupal del caso Watt2Watt en grupos de 4-5 personas con reporte oral de 5 minutos por grupo (45 min); taller práctico de cálculo de asignación usando la plantilla proporcionada, trabajando en parejas sobre un dataset de 50 miembros ficticios (60-90 min).

Post-clase (1 hora): Cada participante redacta el borrador de un reporte mensual de asignación para un miembro ficticio de su propia cooperativa, aplicando el modelo que su grupo considere más apropiado, y lo sube a la plataforma para retroalimentación entre pares.

Caso de Estudio: Watt2Watt (Países Bajos)

Watt2Watt fue un piloto holandés de intercambio energético entre pares (peer-to-peer) que operó bajo el paraguas regulatorio de "proeftuinen" (jardines de prueba) del gobierno neerlandés, permitiendo experimentar con reglas de mercado antes de su regulación definitiva. El piloto conectó a un grupo de hogares con paneles solares y baterías domésticas con vecinos sin generación propia, usando una plataforma digital que calculaba en tiempo real (períodos de 15 minutos) cuánta energía excedente tenía cada hogar generador y la asignaba a los hogares consumidores vecinos mediante contratos bilaterales automatizados, con tarifas ligeramente superiores a la tarifa de venta a red pero inferiores a la tarifa de compra minorista -- beneficiando a ambas partes.

La lección más relevante para las cooperativas colombianas fue la importancia de la transparencia radical: Watt2Watt encontró que la aceptación social del modelo dependía menos de la sofisticación del algoritmo de asignación y más de que cada participante pudiera ver, en una aplicación simple, exactamente cuánta energía había compartido o recibido y a qué precio, actualizado diariamente.

Preguntas de discusión:

1. Qué elementos del modelo de transparencia de Watt2Watt podrían replicarse en su cooperativa con recursos limitados (sin una aplicación digital sofisticada)?
2. Watt2Watt operó bajo un régimen regulatorio experimental ("proeftuin"). Existe un equivalente en Colombia donde su cooperativa podría solicitar flexibilidad regulatoria similar?

3. Si su cooperativa tuviera miembros con perfiles de consumo muy distintos (una tienda con consumo diurno y hogares con consumo nocturno), qué modelo de asignación recomendaría y por qué?

Ejercicio Práctico: Cálculo de Asignación para 50 Miembros

Usando la plantilla de cálculo (hoja de cálculo proporcionada con columnas: ID de miembro, cuotas de capital aportadas, consumo histórico promedio mensual en kWh, generación total de la planta ese mes), cada pareja de participantes debe:

1. Calcular la asignación de cada uno de los 50 miembros bajo el modelo pro-rata.
2. Calcular la asignación bajo el modelo proporcional al consumo histórico.
3. Identificar los 5 miembros cuya asignación cambia más drásticamente entre ambos modelos, y explicar por qué.
4. Redactar una recomendación de una página a la junta directiva ficticia sobre cuál modelo adoptar, justificando la decisión en términos de equidad y facilidad administrativa.

Evaluación

Criterio	Insuficiente	Básico	Competente	Destacado
Comprensión regulatoria (CREG 101 072)	No distingue net metering de net billing	Distingue los conceptos pero con errores	Explica correctamente ambos mecanismos y su aplicación	Explica además las implicaciones prácticas para su propia cooperativa
Cálculo de asignación	Cálculos con errores metodológicos graves	Cálculos correctos en un solo modelo	Cálculos correctos en los dos modelos solicitados	Cálculos correctos más análisis de sensibilidad adicional no solicitado
Comunicación a miembros	Reporte con lenguaje técnico inapropiado para el usuario final	Reporte claro pero incompleto	Reporte claro, completo y en lenguaje accesible	Reporte que además anticipa preguntas frecuentes del miembro
Resolución de disputas	No propone mecanismo	Propone mecanismo genérico sin plazos ni roles	Propone mecanismo con plazos, roles y dos etapas claras	Propone mecanismo integrado a los estatutos con ejemplo de caso resuelto

Entregable de portafolio: Reporte individual de asignación mensual (1 página) + memorando de recomendación de modelo de asignación para la cooperativa propia del participante (2 páginas máximo).

Recursos Complementarios

1. CREG, Resolución 101 072 de 2024 (texto completo y anexos técnicos).
2. Energie Samen (Países Bajos), "Lessons from Dutch Energy Sharing Pilots" (informe de síntesis de proeftuinen, incluyendo Watt2Watt).
3. RMI (Rocky Mountain Institute), "Community Solar Allocation Methods: A Comparative Guide."
4. UPME, "Guía de Generación Distribuida para Comunidades Rurales" (Colombia).
5. Artículo introductorio sobre el valor de Shapley aplicado a energía comunitaria (nivel divulgativo, sin matemáticas avanzadas).