



Title: “Algoritmo para la Optimización de Sistemas Híbridos Renovables”

Author: Francisco Javier, GÓMEZ-GONZÁLEZ, Iván, VALENCIA-SALAZAR,
Ángel, PÉREZ-NAVARRO GÓMEZ

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 23
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

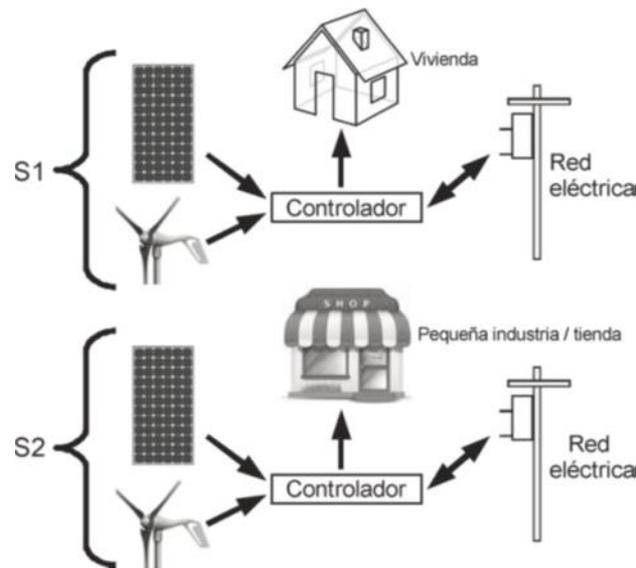
Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



Sistemas Híbridos Renovables

- Un sistema híbrido renovable (*HRES*, por sus siglas en inglés) combina dos o más fuentes de generación de energía renovable, un sistema de generación convencional y un sistema de almacenamiento. Además, puede trabajar aislado de la red de suministro eléctrico o conectado a ella.





Metodología

El objetivo de este trabajo es optimizar el diseño de un HRES aplicado a una granja acuícola, utilizando criterios técnico-económicos. Para ello se utilizó la metodología siguiente:

1. Caracterizar la región donde se ubica la granja.
2. Caracterizar los recursos renovables presentes en la región.
3. Caracterizar la demanda energética de la granja acuícola modelo.
4. Proponer el sistema híbrido a optimizar.
5. Modelar los componentes del sistema.
6. Desarrollar un algoritmo para la optimización del sistema híbrido renovable propuesto, que incluya el despacho de la energía producida por las fuentes de generación.
7. Validar el algoritmo en el caso de estudio seleccionado.



1. Caracterización de la región

La granja acuícola utilizada como caso de estudio, se localiza en el poblado conocido como Camaronera, correspondiente al municipio de Alvarado, en la zona costera central del estado de Veracruz.

El municipio del Alvarado, se encuentra regado por los ríos Papaloapan y Blanco, siendo ambos afluentes del complejo lagunar de Alvarado, constituido de Norte a Sur, por las lagunas Camaronera, Buen País, Alvarado y Tlalixcoyan.

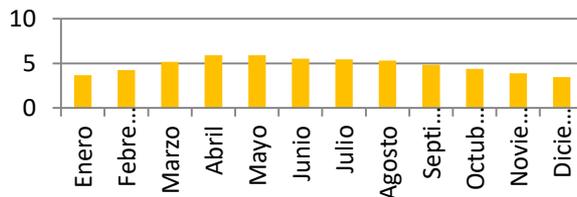




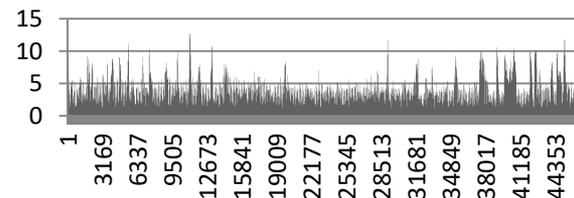
2. Caracterización del recurso renovable

- En principio, la implementación de un sistema de energía híbrido renovable, requiere de la recolección de datos por un largo periodo, generalmente de un año, de los recursos energéticos renovables disponibles en la región de estudio .
- Para este caso, se consideraron los datos meteorológicos proporcionados por algunas herramientas para obtener el potencial de insolación y velocidad del viento en la zona de ubicación de la granja.

**Insolación
(KWh/m²/día)**



**Velocidad promedio
(m/s)**

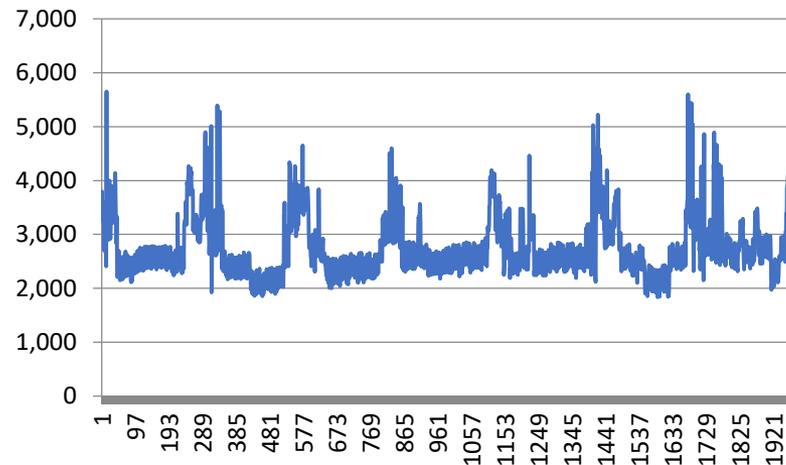




3. Caracterización de la demanda energética

- Para conseguir un perfil de demanda energética, se instaló un analizador/registrador de datos trifásico. El analizador se programó para registrar mediciones de la demanda cada 5 minutos, durante una semana, obteniendo de esta manera un total de 2016 muestras.

Demanda energética en W





4. Propuesta del HRES a optimizar

La selección del sistema híbrido renovable más conveniente, dependerá, entre otros factores, del clima imperante en la zona .

Ya que se cuenta con potenciales eólico y solar adecuados debido a las condiciones climatológicas en la región bajo estudio, se propone la aplicación de un sistema híbrido con la siguiente arquitectura:

- Aislado de la red eléctrica.
- Tecnologías de energía eólica y solar fotovoltaica como fuentes de generación renovable.
- Generador diésel como fuente de respaldo.
- Banco de baterías como sistema de almacenamiento.



5. Modelos de componentes

Las especificaciones de los componentes utilizados en este estudio son las siguientes:

Componente	Especificaciones
Aerogenerador	Windspot 3.5 kW
Módulo fotovoltaico	ERDM SOLAR 3.9 kWp
Generador diésel	Perkins 10 kW
Baterías	Trojan 6 V, 360 Ah



5. Modelos de componentes

Para el aerogenerador, se utilizó la curva de generación proporcionada por el fabricante, para obtener la generación de potencia eólica:

$$P_{wt} = 0.002786v^6 + 0.21908175v^5 - 6.3924223v^4 + 84.812451v^3 - 507.745659v^2 + 1484.9246v - 1538.70485 \text{ W},$$

para $3 \text{ m/s} \leq v \leq 20 \text{ m/s}$

$$P_{wt} = 0, \text{ para cualquier otro valor de } v \quad (1)$$

Donde:

P_{wt} = Potencia de salida del aerogenerador.

v = Velocidad del viento



5. Modelos de componentes

Para el módulo fotovoltaico, la potencia de salida se calcula como :

$$P_{FV} = f_{FV} Y_{FV} \frac{I_T}{I_S} \quad (2)$$

Donde:

P_{FV} = Potencia de salida del módulo fotovoltaico

f_{FV} = Factor de degradación; 0.75 para este caso.

Y_{FV} = Capacidad del módulo fotovoltaico.

I_T = Radiación global incidente en la superficie del módulo fotovoltaico.

$I_S = 1 \text{ kW/m}^2$.



5. Modelos de componentes

Para el generador diésel, el consumo de combustible se obtiene de la siguiente manera:

$$Q(t) = \alpha_{GD} P(t)_{GD} + \beta_{GD} P_{GD} \quad (3)$$

Donde:

$Q(t)$ = Consumo de combustible del generador diésel en la hora t , en lt/hr.

$P(t)$ = Potencia producida por el generador diésel en la hora t .

P_{GD} = Potencia nominal del generador diésel.

α_{GD} y β_{GD} = Coeficientes de la curva de consumo proporcionados por el fabricante. Para este caso, las magnitudes asignadas para α_{GD} y β_{GD} fueron de 0.246 y 0.08145 lt/kWh, respectivamente.



5. Modelos de componentes

Para el estado de carga de las baterías, éste se define como:

$$SOC(t) = SOC(t - 1) \pm \frac{E_{bat}\eta_{bat}}{Enbat} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$SOC(t)$ = Estado de carga de la batería en la hora t .

$SOC(t-1)$ = Estado de carga de la batería en la hora $t-1$.

E_{bat} = Energía de carga o descarga de la batería (kWh).

η_{bat} = Eficiencia *round-trip* de la batería; 1 para este caso.

$Enbat$ = Capacidad nominal de la batería (kWh).



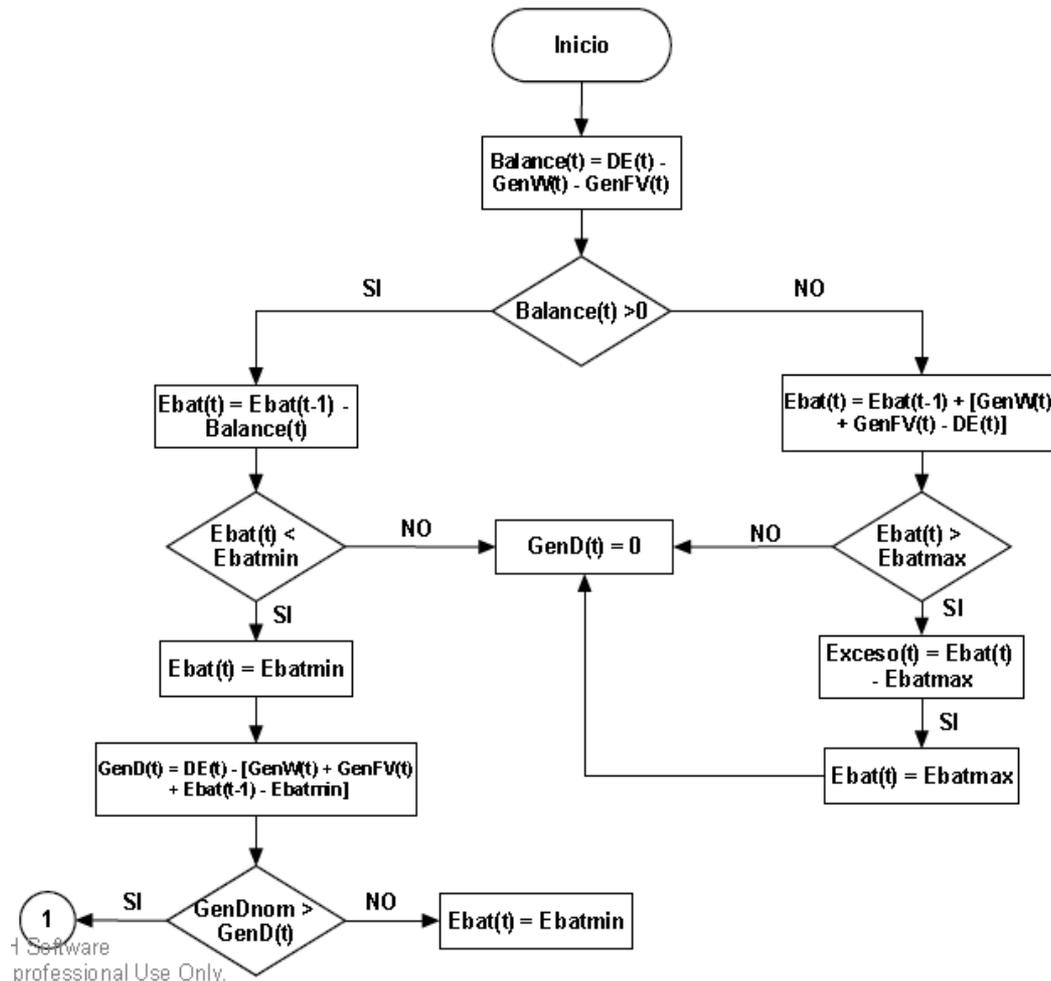
6. Desarrollo del algoritmo

El algoritmo propuesto tiene dos funciones principales:

- Establecer una estrategia de despacho para la energía producida por las fuentes de generación incluidas en la arquitectura del sistema híbrido.
- Servir como herramienta de decisión para seleccionar un sistema de microgeneración óptimo, tanto técnica como económicamente.



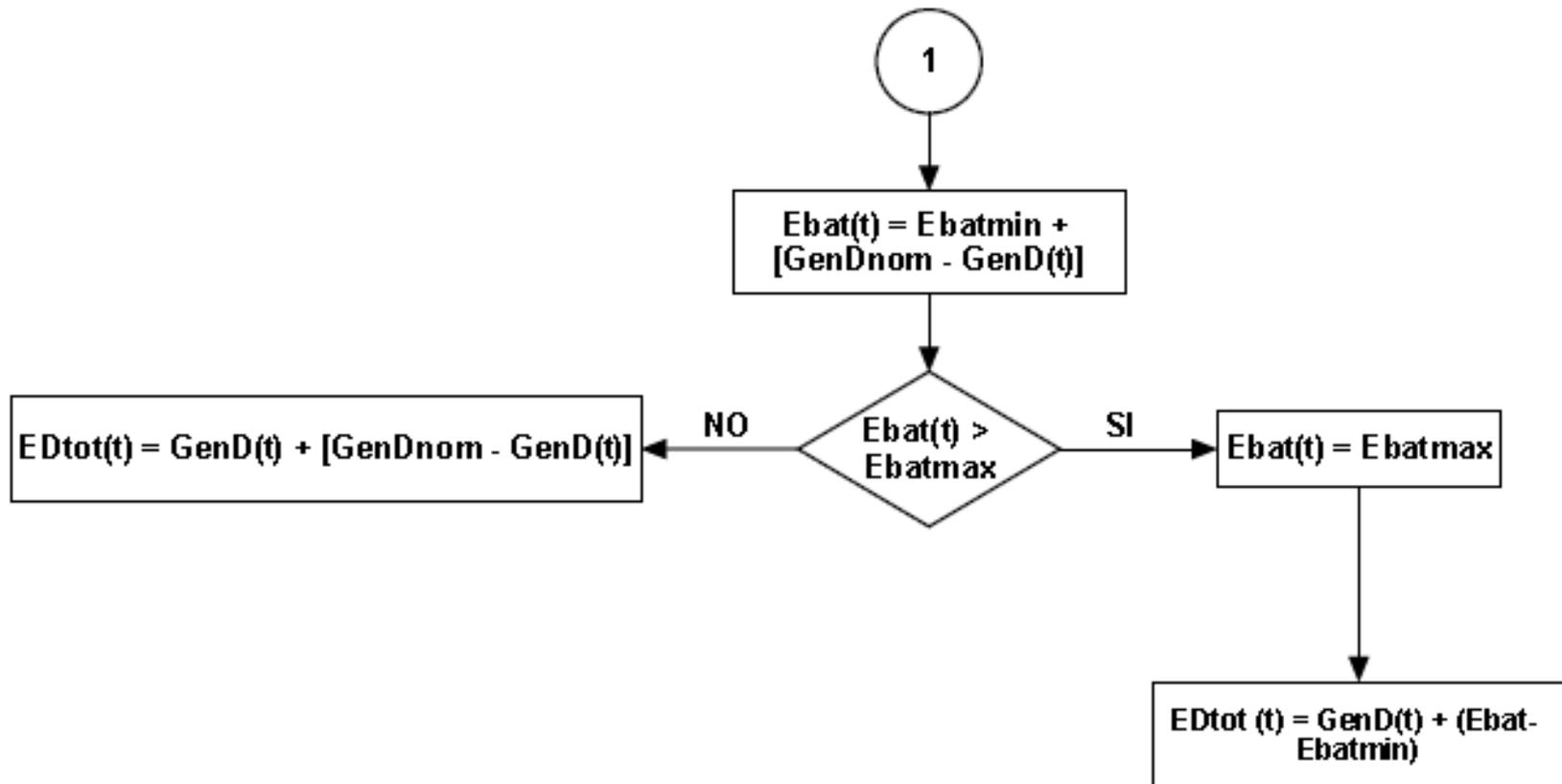
6. Desarrollo del algoritmo



1 Software professional Use Only.



6. Desarrollo del algoritmo





7. Validación del algoritmo

Escenario	Combinación
A	Sin aerogeneradores y sin arreglo fotovoltaico
B	Sin aerogeneradores y un arreglo fotovoltaico de 32 kW
C	Sin aerogeneradores y un arreglo fotovoltaico de 62 kW
D	Un aerogenerador y sin arreglo fotovoltaico
E	Un aerogenerador y un arreglo fotovoltaico de 32 kW
F	Un aerogenerador y un arreglo fotovoltaico de 62 kW
G	Diez aerogeneradores y sin arreglo fotovoltaico
H	Diez aerogeneradores y un arreglo fotovoltaico de 32 kW
I	Diez aerogeneradores y un arreglo fotovoltaico de 62 kW



7. Validación del algoritmo

Los criterios económicos aplicados en el algoritmo para la optimización del sistema híbrido son el costo anualizado total (CAT) y el costo de energía (COE).

- El CAT puede calcularse en términos del costo de capital anual (*Capital*) y el costo de mantenimiento anual (*Mantenimiento*) de la siguiente manera:

$$CAT = Capital + Mantenimiento \quad (5)$$

- Por su parte el COE se calcula como sigue:

$$COE = \frac{CAT}{Producción\ de\ energía\ anual} \quad (6)$$



Resultados

Escenario	Costo Anualizado Total (USD)
A	14851
B	10819
C	14638
D	14361
E	11783
F	15608
G	17973
H	20521
I	24346

Escenario	Costo de Energía (USD)
A	0.6170
B	0.4495
C	0.6081
D	0.5967
E	0.4895
F	0.6485
G	0.7467
H	0.8526
I	1.0115



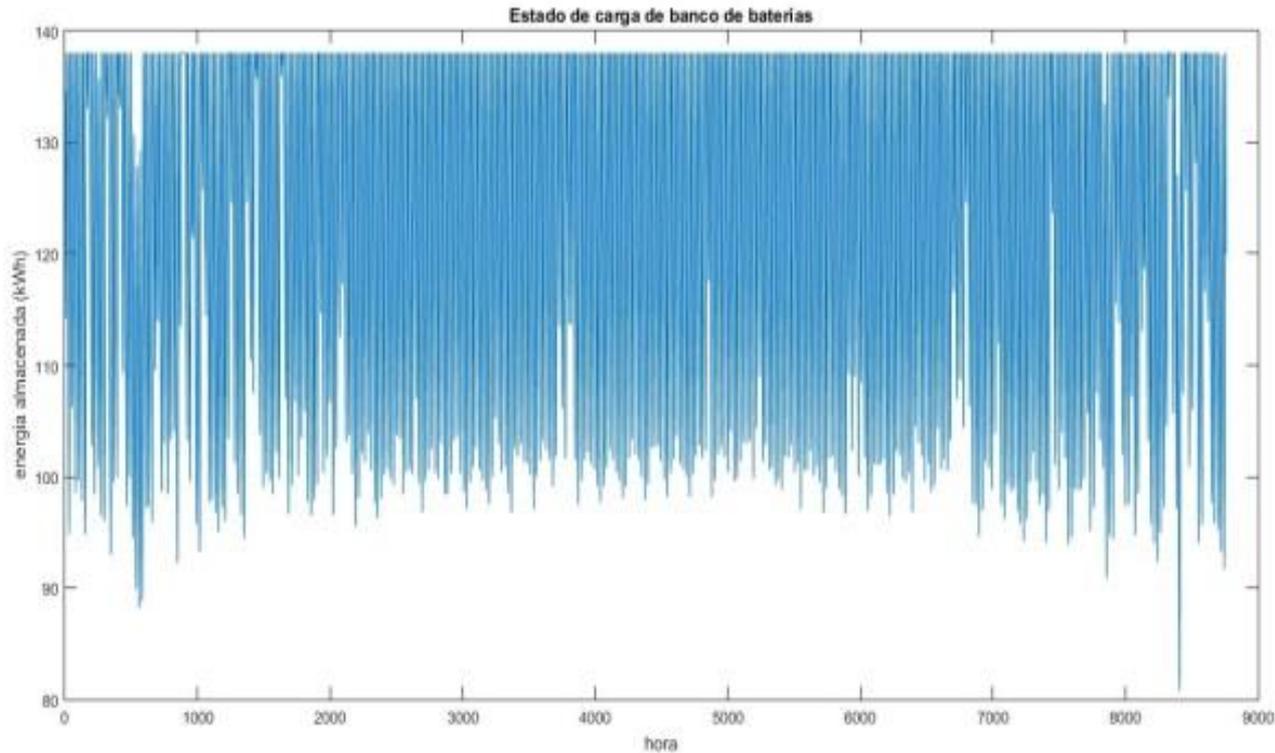
Resultados

Escenario	Consumo anual de diésel (litros)
A	7864.5
B	6.6
C	0
D	6403.6
E	0
F	0
G	1277.4
H	0
I	0

Escenario	Emisiones de CO ₂ (kg)
A	20488
B	17
C	0
D	16649
E	0
F	0
G	3321
H	0
I	0



Resultados





Conclusiones

1.- Para cubrir con la arquitectura del sistema híbrido propuesto, el sistema óptimo consiste de un *sistema híbrido fotovoltaico-eólico-diésel-baterías* (escenario E) que engloba un arreglo FV de 32 kW, un aerogenerador de 3.5 kW, un generador diésel de 10 kW y un banco de baterías de 138.24 kWh, con un CAT de 11,783 USD y un COE de 0.4895 USD, valores más bajos que para cualquier otra combinación analizada.



Conclusiones

2.- Una ventaja adicional para el sistema híbrido óptimo consiste en el abatimiento del consumo de combustible y de las emisiones de CO₂, lo que representaría una posible eliminación del generador diésel y reducción en los costos de inversión inicial y por supuesto del CAT y el COE.



Conclusiones

3.- El sistema híbrido óptimo también garantiza fiabilidad en el suministro de energía eléctrica, al mantenerse el estado de carga del banco de baterías entre un 50 y 100%.



Conclusiones

4.- El logro de esta investigación es relevante, por su posible impacto en el diseño y optimización preliminares de sistemas híbridos renovables aplicados no sólo a granjas acuícolas, sino a cualquier otra aplicación de los sectores residencial, comercial e industrial. Tal optimización preliminar puede ser respaldada por la aplicación de herramientas de software especializadas, como HOMER.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)