



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -  
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

*Booklets*



**RENIECYT**

Registro Nacional de Instituciones  
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

**CONACYT**

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar  
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

**Title:** Diseño de un método para el análisis energético y de bonos de carbono por la generación de energía eólica en México

**Author:** José Sabás-Segura

**Editorial label ECORFAN:** 607-8324  
**BCIERMIMI Control Number:** 2016-01  
**BCIERMIMI Classification(2016):** 191016-0101

**Pages:** 17  
**Mail:** *Jose.sabas@tecabasolo.edu.mx*  
**RNA:** 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**

244 – 2 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.

**Twitter:** @EcorfanC

[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

**Holdings**

|                       |              |             |                       |
|-----------------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Bolivia               | Honduras     | China       | Nicaragua             |
| Cameroon              | Guatemala    | France      | Republic of the Congo |
| El Salvador           | Colombia     | Ecuador     | Dominica              |
| <b>Peru</b>           | <b>Spain</b> | <b>Cuba</b> | <b>Haití</b>          |
| Argentina             | Paraguay     | Costa Rica  | Venezuela             |
| <b>Czech Republic</b> |              |             |                       |



# Agenda

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. ANÁLISIS PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO
- 3. POTENCIA DE UN AEROGENERADOR
- 4. DISEÑO UN PARQUE EÓLICO
- 5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA ENERGÍA EÓLICA
- 6. MERCADO DE BONOS DE CARBONO
- 7. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA ENERGÍA EÓLICA
- 8. RESULTADOS
- 9. CONCLUSIONES



# 1. Introducción

- A través de la creación una herramienta se determina la reducción en la emisión de gases de efecto invernadero, así como las ganancias económicas por la venta de bonos de carbono debido a las toneladas de dióxido de carbono evitadas.





## 2. ANÁLISIS PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE EÓLICO

- En la instalación de un parque eólico se debe realizar un estudio de los vientos en la zona donde se ubicara, para ello se debe recurrir a datos proporcionados por institutos, organismos o ministerios que hayan realizado mediciones con anterioridad en la zona, en caso de no existir reportes previos se debe realizar un análisis desde cero. En la figura 1 se muestra un histograma de viento con las mediciones anuales de Oaxaca, tomados por O.A. Jaramillo y M.A. Borja [2].

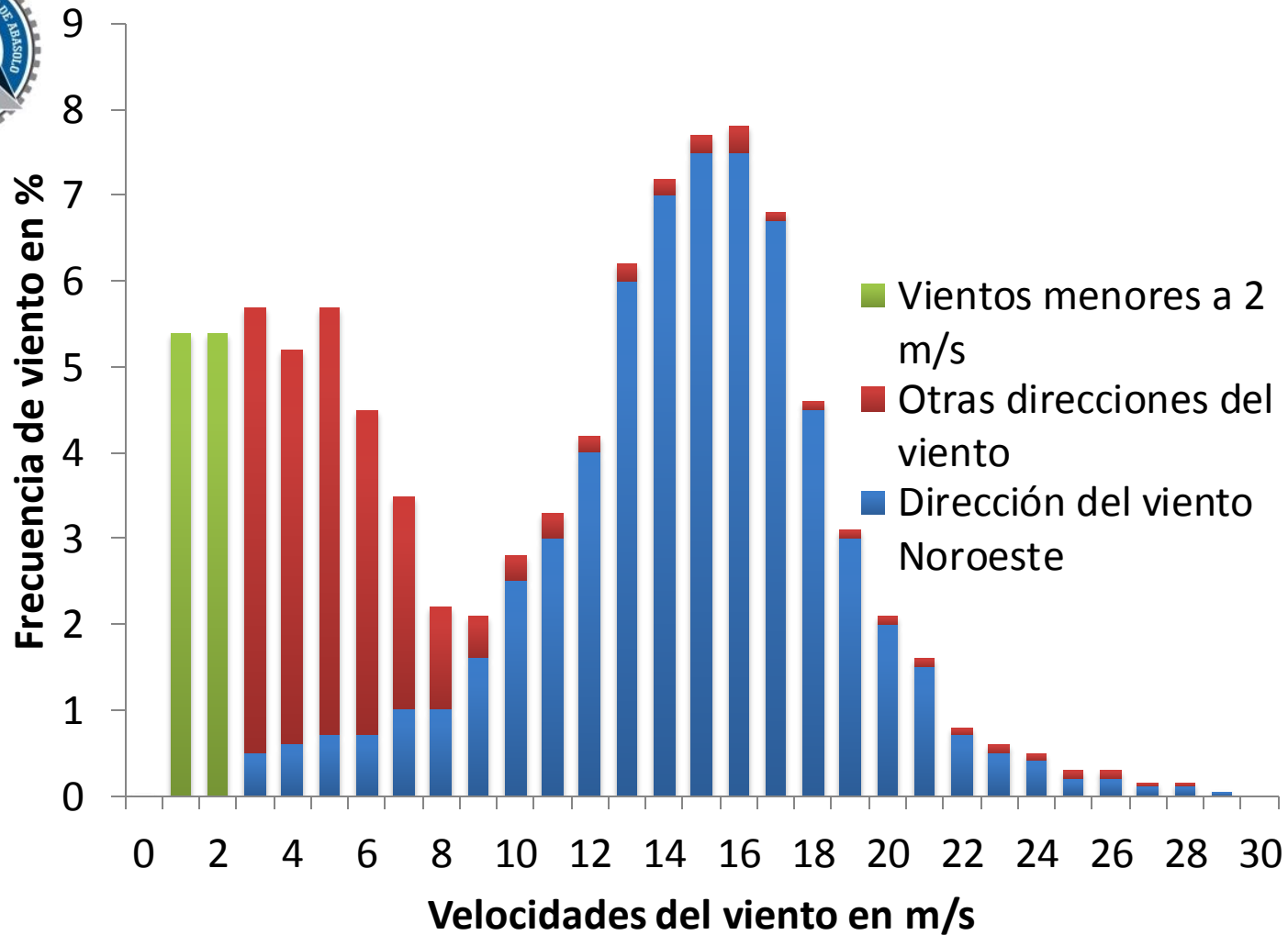


Figura 1. Histograma de frecuencia del viento para Oaxaca [2].



### 3. POTENCIA DE UN AEROGENERADOR

- La potencia de un aerogenerador de cualquier tamaño se puede deducir conociendo la velocidad promedio del viento, así como el diámetro del rotor, por lo tanto se aplica la siguiente formula: [3].

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 C_P \quad \text{Ec.1}$$

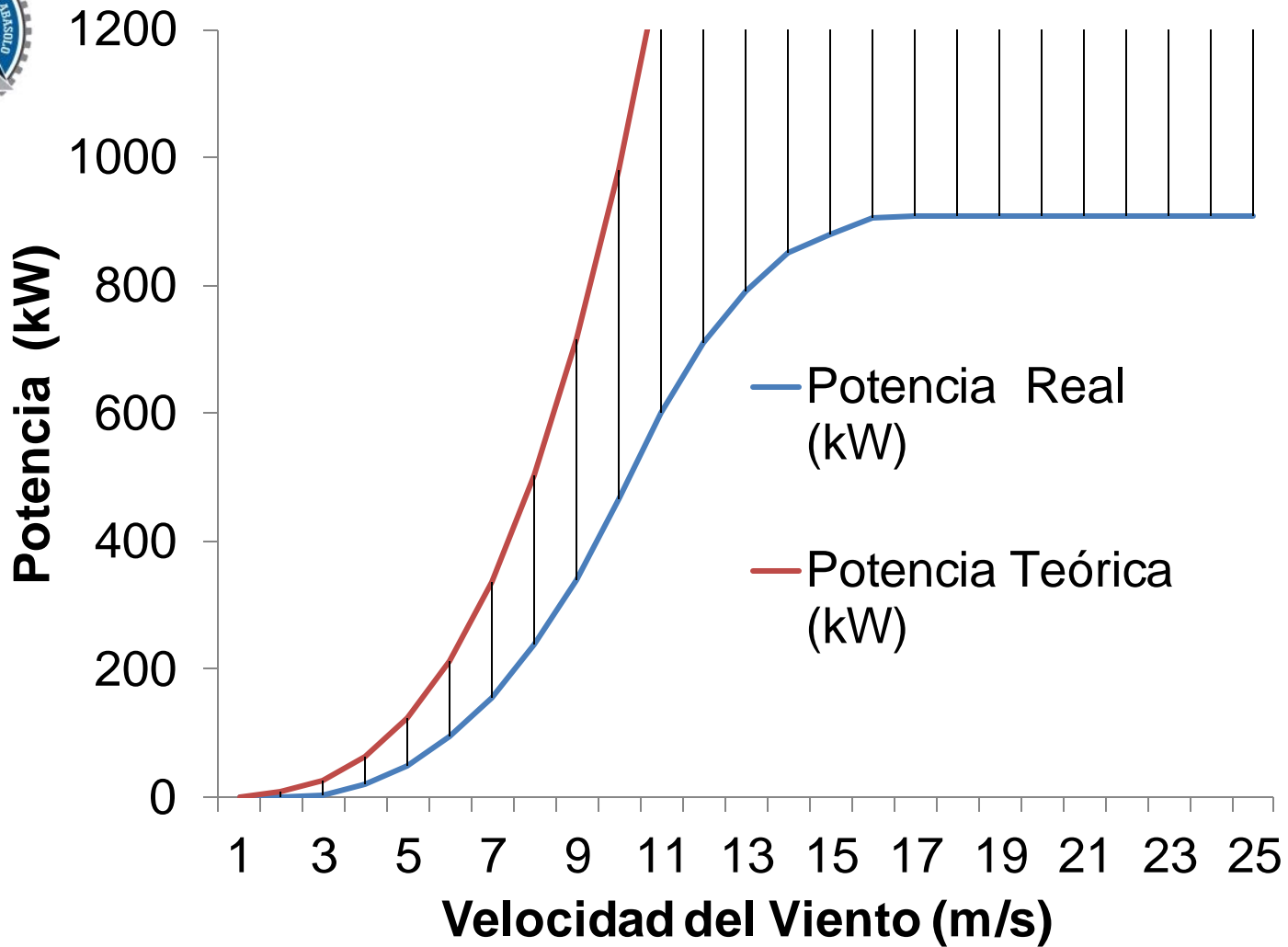


Figura 2. Comparación las curva de potencia teórica y real en un aerogenerador ENERCON E-44



- Otro dato importante es la densidad, por tanto se usa la ecuación de gas ideal quedando como sigue:

$$\rho = \frac{p}{R * T} \quad \text{Ec.2}$$

- El valor de la densidad varia debido al cambio en la temperatura ambiente, este estudio se puede mejorar si se incluye cambios en la presión atmosférica, ya que esta presión corresponde a nivel de mar; otros valores de las formulas corresponden a los valores del coeficiente de potencia  $C_p$  que tiene un valor de 16/27, correspondiente al límite de Betz [4].





# 4. DISEÑO UN PARQUE EÓLICO

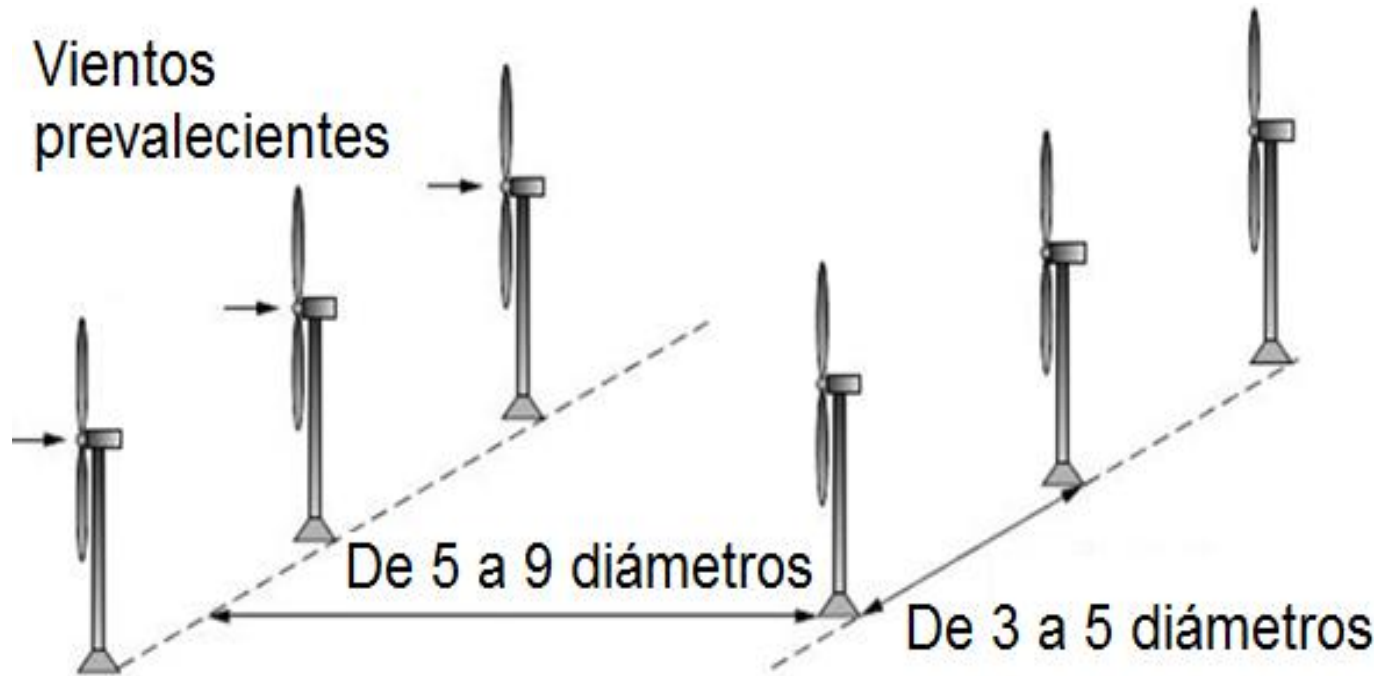


Figura 3 Espaciamiento óptimo de las torres se estima en 3-5 diámetros entre las turbinas de viento entre una fila y 5-9 diámetros entre filas [7].



# 5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA ENERGÍA EÓLICA

- Cada kWh de electricidad producida generada por energía eólica en lugar de carbón evita:
- 0.60 kilogramos de CO<sub>2</sub>, (Dióxido de carbono)
- 1.33 gramos de SO<sub>2</sub>, (Dióxido de azufre)
- 1.67 gramos de NO<sub>x</sub>, (Óxidos de nitrógeno)



- Los datos de la lista anterior [11] tales como el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno se pueden cambiar por equivalencias en dióxido de carbono.

| Contaminante | Conversión | Unidades                                  |
|--------------|------------|---|
| NOx          | 310        | Mg Dióxido de carbono Equivalente         |
| SO2          | 0.031250   | Mg Acidificación de Potencial Equivalente |



## 6. MERCADO DE BONOS DE CARBONO

- El nombre de “bonos de carbono” se ha dado como un nombre genérico a un conjunto de instrumentos que pueden generarse por diversas actividades de reducción de emisiones, entre estas actividades se tiene:
- Certificados de Reducción de Emisiones (CERs)
- Montos Asignados Anualmente (AAUs)
- Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs)
- Unidades de Remoción de Emisiones (RMUs)
- Certificados de Reducción de Emisiones (CER)



# Estimación de la potencia por mes y anual para una granja de 12 aerogeneradores ENERCON E-126

| Mes                        | Velocidad promedio del viento de acuerdo al mes (m/s) | Potencia estimada de acuerdo al mes (kW) | Kilowatts Hora por día (potencia por 24 horas) | Potencia total estimada de un aerogenerador por mes (kWh) | Potencia total estimada de la granja eólica por mes (kWh) |
|----------------------------|---|--|--|---|---|
| Enero                      | 14  | 7,000                                    | 168,000  | 5,208,000   | 62,496,000  |
| Febrero                    | 15  | 7,350                                    | 176,400  | 4,939,200   | 59,270,400  |
| Marzo                      | 9   | 2,700                                    | 64,800   | 2,008,800   | 24,105,600  |
| Abril                      | 9   | 2,700                                    | 64,800   | 1,944,000   | 23,328,000  |
| Mayo                       | 8   | 1,900                                    | 45,600   | 1,413,600   | 16,963,200  |
| Junio                      | 9   | 2,700                                    | 64,800   | 1,944,000   | 23,328,000  |
| Julio                      | 8   | 1,900                                    | 45,600   | 1,413,600   | 16,963,200  |
| Agosto                     | 10  | 3,750                                    | 90,000   | 2,790,000   | 33,480,000  |
| Septiembre                 | 6   | 760                                      | 18,240   | 547,200   | 6,566,400   |
| Octubre                    | 12  | 5,750                                    | 138,000  | 4,278,000   | 51,336,000  |
| Noviembre                  | 12  | 5,750                                    | 138,000  | 4,140,000   | 49,680,000  |
| Diciembre                  | 14  | 7,000                                    | 168,000  | 5,208,000   | 62,496,000  |
| <b>Suma anual estimada</b> |   |  |  | <b>35,834,400</b><br><b>35.83 GWh</b>                     | <b>430,012,800</b><br><b>430.12 GWh</b>                   |





## 7. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DE LA ENERGÍA EÓLICA

- Con los números sobre los megawatts instalados no es posible realizar el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas, ya que solo indica la cantidad máxima de energía que producirían en condiciones ideales y funcionando a su máxima potencia, por ello se requiere obtener los valores de los mega watts por hora suministrados a la red.



# Calculo de contaminantes que se puede evitar por la instalación de la granja eólica propuesta.

| Sustancia   | Cantidad evitada por kWh | Total de sustancias contaminantes evitadas en Toneladas | Equivalencia en dióxido de carbono de las sustancias contaminantes en Toneladas |
|---|--------------------------|---|---|
| CO <sub>2</sub>   | 0.60 kg                  | 258 ,076.8  | 258, 076.8  |
| SO <sub>2</sub>   | 1.33 gr                  | 571.9170  | 17.8724   |
| NOx   | 1.67 gr                  | 718.1213  | 222,617.603   |
| Total de CO <sub>2</sub> incluyendo al SO <sub>2</sub> .  |                          |   | <b>501,543.1554</b>   |
| Total de CO <sub>2</sub> sin incluir al SO <sub>2</sub> . |                          |   | <b>501,525.283</b>  |



## 8. RESULTADOS

- Se considera el precio de los bonos para el mes de agosto de 2016 que tiene un valor de 4.88€, así como una tasa de cambio de un euro es igual a 20.46 pesos para el mismo mes. Al introducir estos datos dentro de la metodología se obtiene una cantidad de 47 millones 994 mil 838.9 pesos de ganancia por venta de bonos de carbono.





# Conclusión

- Las ventas de bonos de carbono mostraron ser una atractiva opción de venta, así como una opción de ganancia extra sobre la generación de electricidad, mediante el uso de energía eólica. Es importante resaltar que el futuro para la energía eólica en México muestra que aún falta mucho por hacer. Las perspectivas de instalación futura basados en las mediciones existentes señalan que el potencial de instalación eólica que aún no está del todo explotado este recurso



# REFERENCIAS

- [Big Stone Renewables](http://bigstonerenewables.com/) LLC. 2015. Wind Energy. <http://bigstonerenewables.com/> . (Consulta: mayo 15 de 2015).
- Jaramillo O.A., Borja M.A. 2004. Wind Speed Analysis in La Ventosa México: a bimodal probability distribution case, Renewable Energy 29:1613-1630
- W. TONG, Kollmorgen. 2010. Wind Power Generation and Wind Turbine Design. Electricity Generation from Wind Energy. Willey Press. 1:1-14.
- Alejandro Parra-Cuadras. 2001. Evaluación del Potencial Eólico y su Aplicación a Sistemas de Bombeo. IPN, México.
- Fernando Berrutti. 2010. Modelado y control de turbinas de aerogeneradores de velocidad variable. IEEE, 8° Encuentro de especialistas en Energía, Potencia, Instrumentación y Medidas. Montevideo, Uruguay.
- Gilberto Enriquez-Harper. 2011. El ABC de las instalaciones eléctrica en sistemas eólicos y fotovoltaicos. Limusa. 4:193-290.
- Ahmed F. Zobaa. 2011. Ramesh C. Bansal Handbook of Renewable Energy Technology. Ed. World Scientific.
- SEMARNAT. 2015. Cambio climático. El mercado de los bonos de carbono. <http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/sectprivcc/mercadobonoscarbono.html>. (consulta: mayo de 2015)
- SENER 2013. Iniciativa Para el Desarrollo de las Energías Renovables En México, Energía Eólica.
- AMDEE. 2014. Emisiones evitadas por la energía eólica. <http://www.amdee.org/>. (Consulta: julio 10 de 2014).
- SEMARNAT. 2004. Integración del inventario de Emisiones de fuentes fijas. Querétaro, México.
- Conversion factors from: De-Leeuw, F.A.A.M. (2002). A set of emission indicators for long-range transboundary air pollution. Environmental Science & Policy, TOFP: Tropospheric Ozone Forming Potentials. 5:135-145



**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. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)